



УДК 621.74

Поступила 20.06.2016

## СОВРЕМЕННЫЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОАО «МТЗ»

### MODERN RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN FOUNDRY PRODUCTION OF JSC «MINSK TRAKTOR PLANT»

Ф. А. ДОМОТЕНКО, С. И. СИРОТЕНКО, А. Н. КАРАСЬ, ОАО «Минский тракторный завод»,  
г. Минск, Беларусь, ул. Долгобродская 29. E-mail: sales@belarus-tractor.com; mtw\_ogmet@mail.ru  
А. П. МЕЛЬНИКОВ, М. А. САДОХА, Г. И. ПАСЮК, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»,  
г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей 28. E-mail: belniilit@gmail.com; niilit@mail.belpak.by

F. A. DOMOTENKO, S. I. SIROTENKO, A. N. KARAS, JSC «Minsk traktor plant», Minsk, Belarus,  
29, Dolgobrodskaya str. E-mail: sales@belarus-tractor.com; mtw\_ogmet@mail.ru  
A. P. MELNIKOV, M. A. SADOKHA, G. I. PASYUK, JSC «BELNIILIT», Minsk, Belarus,  
28, Mashinostroiteley str. E-mail: belniilit@gmail.com; niilit@mail.belpak.by

*В статье рассмотрены основные мировые тенденции развития технологии производства песчаных стержней и значение данного производства в комплексной технологии получения отливок. Установлено, что наиболее рациональным в настоящее время как с технической, так и с экономической точки зрения является производство литейных песчаных стержней по технологии Cold-box-amin. Представлены научно-технические, технологические и экономические аспекты технического перевооружения литейного производства ОАО «МТЗ» с полным переходом на изготовление песчаных стержней по ресурсосберегающей технологии Cold-box-amin. Главная отличительная особенность данного переоснащения – все работы выполнены на базе отечественных технологических разработок и оборудования, созданных в содружестве специалистами ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и ОАО «МТЗ». В рамках ГНТП существенную поддержку представленным работам оказывало государство.*

*In article the main world tendencies of development of the production technology of sandy cores and value of this production in complex technology of manufacture of castings are considered. It is established that the most rational way of production technically and economically is manufacture of wafer sandy cores using the Cold-box-amin technology. Scientific, technical, technological and economic aspects of modernization of foundry production of JSC MTZ with complete transition to production of sandy cores on the resource-saving Cold-box-amin technology are provided. The main distinctive feature of this reequipment – all planned works are based on the domestic technological developments and the equipment created in the cooperation by specialists of JSC BELNIILIT and JSC MTZ. Within GNTP essential support to the provided works was given by the state.*

**Ключевые слова.** *Отливка, литейное производство, ресурсосбережение, стержневая машина, литейный песчаный стержень, стержневой ящик, холоднотвердеющая смесь, Cold-box-amin-процесс.*

**Keywords.** *The casting, foundry production, resource-saving, the rod machine, a wafer sandy core, a rod box, cold hardening mixture, Cold-box-amin-process.*

На современном этапе развития машиностроения перед литейным производством стоит ряд первоочередных направлений в области ресурсосбережения, которые можно сформулировать следующим образом:

- Технологическое переоснащение стержневого производства с переходом на энергосберегающие процессы отверждения стержней.
- Переоснащение формовочных отделений литейных цехов с переходом на высокопроизводительное и энергосберегающее формовочное оборудование.
- Использование автоматизации процесса смесеприготовления формовочных и стержневых смесей.
- Приготовление качественных сплавов с использованием в шихте лома и стружки и применения современных методов внепечной обработки.
- Использование современных технологий специальных методов литья при производстве высококачественных отливок.

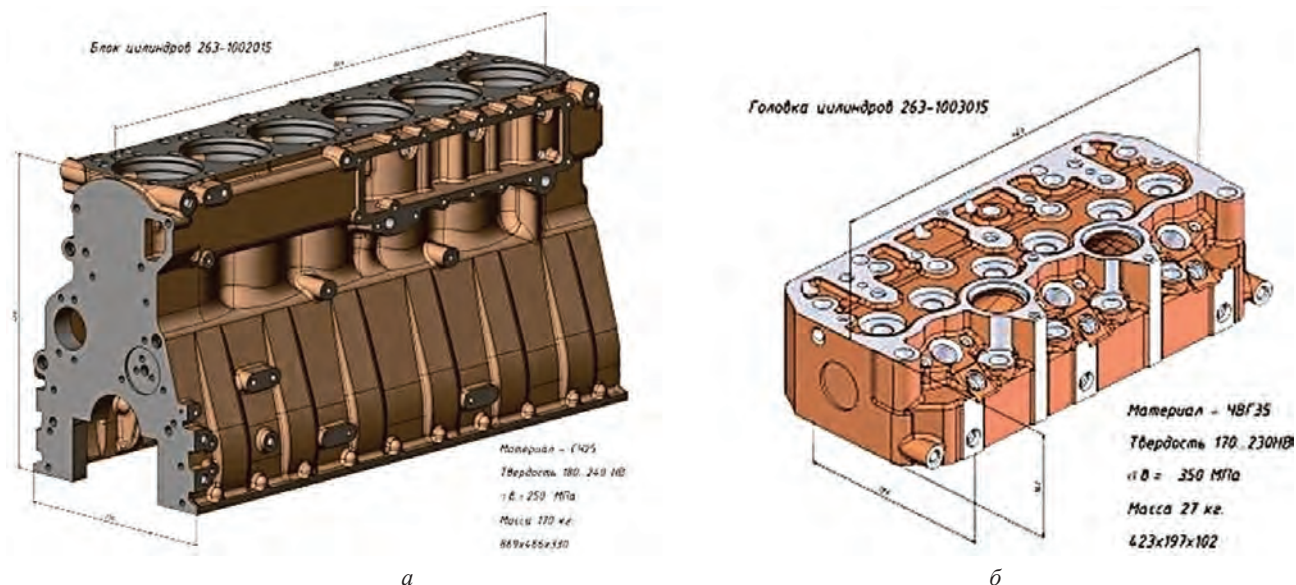


Рис. 1. Примеры сложнопрофильных отливок из железоуглеродистых сплавов: а – блок цилиндров; б – головка блока цилиндров

• Применение современных информационных технологий при разработке отливки, моделировании процессов литья, создании литейного оборудования и оснастки.

Так, на долю стержней приходится более 30% трудоемкости изготовления отливок. Стержни определяют точность геометрии и качество внутренних поверхностей литых деталей. Поэтому выбор оптимальной технологии – одна из важнейших проблем.

В связи с возрастающей сложностью конструкции отливок (рис. 1) постоянно повышаются требования к технологическим свойствам стержней.

Во многих литейных цехах крупносерийного и серийного производства отливок изготовление стержней производилось с отверждением их в нагреваемой оснастке. Этот процесс освоили в 50-е годы XX века и он практически полностью заменил изготовление стержней с тепловой сушкой в сушилах. Однако в настоящее время данный процесс не соответствует требованиям, предъявляемым к современным технологиям, из-за присущих ему недостатков:

- пониженная размерная точность получаемых стержней, что не обеспечивает точности, тонкостенности и сложности отливок;
- значительные энергозатраты на нагрев оснастки;
- выбросы в окружающую среду токсичных газов, ухудшающих санитарно-гигиеническую и экологическую обстановку.
- короткий срок изготовления стержней от 48 до 72 ч, что приводило к высокому браку стержней и большому расходу материалов.

В последние годы в литейном производстве за рубежом произошли значительные изменения в технологии изготовления стержней в серийном и массовом производстве отливок. Сегодня известно несколько таких методов. Их общий признак – отверждение уплотненной в «холодной» оснастке смеси продувкой газовым отвердителем (ГО). Наиболее распространенными методами являются Cold-box-amin-процесс, MF-процесс (Betaset), Эпокси-SO<sub>2</sub>-процесс.

Принципиальные преимущества новых «холодных» процессов отверждения стержней по сравнению с тепловым отверждением следующие: повышение размерной и массовой точности стержней и отливок; короткий цикл производства; высокая текучесть стержневых смесей, обеспечивающая возможность качественного уплотнения стержней в оснастке; применение более дешевой стержневой оснастки из дерева, пластмасс и других материалов; значительное снижение затрат энергоресурсов; снижение брака стержней, так как стержень при продувке отверждается по всему объему и приобретает высокую прочность.

В США и Европе в «горячей» оснастке изготавливают всего около 10–15% стержней, а в «холодной» – 85–90%, в том числе примерно 60% Cold-box-amin-процессом (Амин-процессом), вследствие его существенных технико-экономических преимуществ.

Проведенный анализ технологических процессов и оборудования известных мировых производителей стержневого оборудования (Laempe (Германия), Loramendi (Испания), IMF (Италия), NANIVA (Япония) и др.), теоретические и экспериментальные исследования позволили приступить к разработке различных вариантов современных продувочных технологий и специализированного оборудования для этих технологий. На основе этого разработана концепция технического перевооружения стержневого производства, включающая оптимизацию технологии производства и конструкцию стержней с объединением их в моноблоки с внутренними полостями; создание специального стержневого оборудования для изготовления стержней по продувочным технологиям; разработку современной технологии и оборудования смесеприготовления; анализ, исследование и выбор оптимальных составов стержневых смесей с применением связующих материалов различных производителей; выбор современных технологий нейтрализации вредных выбросов стержневого производства.

В зависимости от типа используемых связующих материалов все технологии машинного производства стержней подразделяются на методы горячего и холодного отверждения, связанные с температурой нагрева стержневой оснастки. Каждая технология имеет свои достоинства и недостатки, определяющие область ее рационального использования. Как свидетельствует практический опыт, накопленный промышленностью за десятилетия применения машинных способов изготовления стержней, по совокупности технико-экономических показателей более прогрессивными являются холодные методы, существенные преимущества среди которых имеет технология Cold-box-amin.

Механизм предложенного в 1968 г. фирмой Ashland (США) метода Cold-box-amin заключается в продувке отформованного в ненагреваемой оснастке стержня газообразным катализатором из группы третичных аминов. Стержневая смесь для этого процесса приготавливается из сухого песка и связующего, состоящего из двух компонентов (растворов синтетической фенольной смолы и полиизоцианата). В процессе продувки стержня газообразным катализатором гидроксильные группы фенольной смолы стремительно и очень прочно соединяются с группами полиизоцианата, в результате чего образуется полиуретан, прочно связывающий зерна песка и обеспечивающий высокие эксплуатационные свойства изготавливаемых стержней. К достоинствам Cold-box-amin-процесса относятся высокие рабочие характеристики стержней (их низкая газотворность и высокая прочность, возможность изготовления моноблоков стержней, точность размеров и чистота поверхности литья); высокие экономические показатели процесса (производительность, отсутствие коробления оснастки, низкий уровень брака стержней и литья, низкая энергоемкость технологии); улучшение экологических показателей по сравнению с процессами горячего отверждения стержней.

Очень высокие технико-экономические характеристики технологии Cold-box-amin определяют значительные объемы применения данного процесса в промышленно развитых странах, где на его долю приходится 75–80% всех массово-выпускаемых отливок (в автомобиле- и моторостроении – до 90%). По ряду причин в странах СНГ технология Cold-box-amin используется сравнительно недавно и по объемам применения все еще в десятки раз уступает процессам горячего отверждения. Но за последние годы отношение наших специалистов-литейщиков к холодным процессам изменилось – опыт успешной эксплуатации технологии Cold-box-amin и широкий выбор на рынке литейного оборудования специальных стержневых машин и вспомогательного оборудования сформировал устойчивую тенденцию к стремительному расширению применения данного процесса. В настоящее время практически все существующие проекты модернизации стержневого производства основываются на применении технологии Cold-box-amin, что обуславливает возросший интерес к более глубокому изучению практических и теоретических вопросов применения данной технологии.

Первые крупные промышленные испытания новых технологий на основе современных подходов к техническому перевооружению были начаты и проведены на ОАО «МТЗ».

Чугунолитейный цех № 2 ОАО «МТЗ» специализирован на выпуске крупных корпусных отливок для тракторов серии 800–2000, в том числе *корпусов муфты сцепления, заднего моста, коробки передач, гидросистемы, блоков цилиндров* (четырёх- и шестицилиндровых). Цех был введен в эксплуатацию в 1964 г.

Опыт эксплуатации участка изготовления крупных стержней блока цилиндров в нагреваемой оснастке (рис. 2) показал следующее:

- несмотря на повышение точности стержней, по причине сильного коробления крупногабаритной оснастки при ее нагреве геометрия стержней достаточно часто нарушалась, при этом отливки не соответствовали требованиям по точности;



Рис. 2. Этап ранее действующей на ОАО «МТЗ» технологии изготовления стержней с применением тепловой сушки

- производительность процесса машинного производства крупных стержней по нагреваемой оснастке была низкая и составляла 5–6 мин на 1 сьем;
- для процесса были характерны высокие энергозатраты и высокая газонасыщенность рабочей зоны фенолом и формальдегидом.

К этому времени в мировой практике наметился интенсивный переход стержневых производств на новые технологические процессы Cold-box, которые полностью устраняют все указанные выше недостатки технологических процессов тепловой сушки и нагреваемой оснастки. К середине 90-х годов ОАО «БЕЛНИИЛИТ» завершило программу исследования и разработки вариантов современных продувочных технологий и приступило к разработке специализированного оборудования. Специалисты ОАО «МТЗ» и института пришли к выводу о необходимости

перевода производства крупных стержней на новые технологии Cold-box. Были разработаны концепция и программа работ по разработке и созданию технологического комплекса оборудования для производства крупных стержней номенклатуры литейного цеха № 2 по двум продувочным технологиям: Betaset и Cold-box-amin.

В конце 1997 г. были начаты совместные работы по реализации изложенной концепции и намеченной программы работ по переоснащению производства крупных стержней в литейном цехе № 2. Программа была рассчитана на полный перевод производства крупных стержней на продувочные технологии до 2005 г.

В рамках выполнения программы ОАО «БЕЛНИИЛИТ» разработало техническую документацию на две специальные стержневые машины для изготовления стержней из ХТС с продувкой газообразными отвердителями: мод. 4747Б2К1 – для стержней массой до 80 кг и мод. 4760Б2К1 – для стержней массой до 150 кг. Обе машины по своим техническим возможностям охватывают всю номенклатуру стержней литейного цеха № 2.

В основу конструкторских решений положены выполненные институтом в 80-х годах разработки базовых узлов машин для изготовления стержней в нагреваемой оснастке, хорошо себя зарекомендовавших в процессе длительной эксплуатации на многих заводах России и Беларуси. В конструкцию машин были введены дополнительные узлы и механизмы, потребность в которых вызвана принципиально новыми особенностями продувочных технологий. В состав комплектующих каждой из машин был включен газогенератор швейцарской фирмы «Luber» мод. LW-CBS/FDA-1640.

Отделом механизации и автоматизации ОАО «МТЗ» разработаны конструкции устройств для окраски стержней, в том числе краскомешалки, опрыскиватели, кантователи, захватные приспособления и др. В бюро печей отдела главного энергетика разработана конструкция специального проходного горизонтального сушила для подсушки окрашенных стержней. КБ отдела главного металлурга была разработана конструкторская документация на несколько комплектов оснастки к стержневым машинам, в основу которых (в отличие от западных фирм) положен принцип максимальной герметизации оснастки с целью минимизации выбросов в рабочую зону токсичных газовыделений. Разработка первых проектов оснастки осуществлялась под руководством специалистов ОАО «БЕЛНИИЛИТ».

Первая стержневая машина мод. 4747Б2К1 эксплуатируется с 2000 г. На ней изготавливаются стержни по одногнездной оснастке для отливок *корпуса гидросистемы* массой 36 и 37,5 кг (рис. 3), а также по трехгнездной оснастке стержни для отливок *шестицилиндрового блока цилиндров* массой около 25 кг каждый.

Стержневая машина мод. 4760Б2К1 эксплуатируется с начала 2002 г., на ней изготавливаются по одногнездной оснастке пустотелые стержни отливок *корпус муфты сцепления* массой соответственно 105 и 95 кг (рис. 4).

Вторая стержневая машина мод. 4747Б2К1 эксплуатируется с начала 2003 г., на ней по двухгнездной оснастке изготавливаются стержни для отливок *четырёхцилиндровых блоков цилиндров* массой по 31 кг каждый и трехгнездной оснастке для отливок *шестицилиндровых блоков цилиндров* массой по 25 кг каждый.

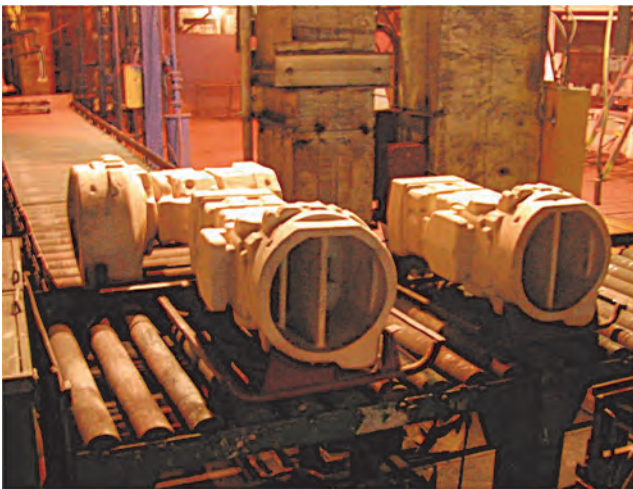


а

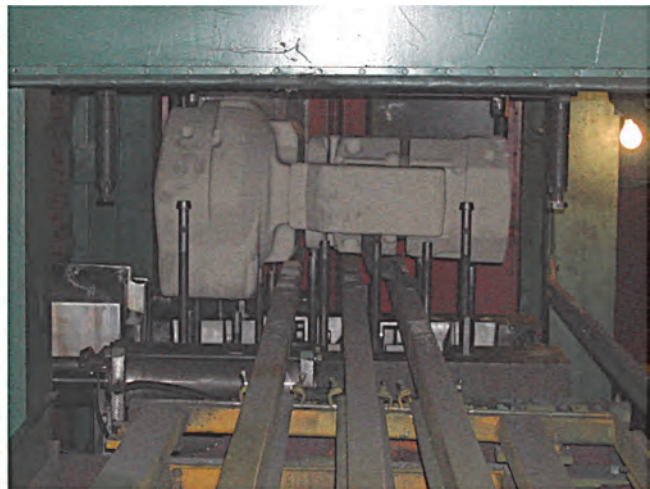


б

Рис. 3. Стержни отливки «корпус маслобака», изготовленные на машине мод. 4747Б2К1 по технологии Cold-box-amin



а



б

Рис. 4. Пустотелые цельные стержни отливки «корпус муфты» сцепления, изготовленные на машине мод. 4760Б2К1

На машинах мод. 4747Б2К1 производительность по отдельной номенклатуре отливок доведена до 35–37 съемов/ч (максимальная проектная производительность – 30 съемов/ч), на машине мод. 4760Б2К1 достигнутая производительность превышает минимальную проектную величину.

Выполнена модернизация стержневых автоматов мод. 4509С с переводом изготовления стержней на ХТС-процесс. Все машины работают стабильно, отлажены циклограммы и режимы продувки.

Следует отметить, что технология Cold-box-amin в совокупности со спецоборудованием в отличие от тепловой сушки позволила получать стержни пустотелыми, благодаря чему уменьшился расход песка на 15–25%. Снизился брак стержней и отливок, резко повысилось качество и точность отливок.

Время продувки для стержней отливок *блок цилиндров* и *корпус гидросистемы* колеблется от 35 до 50 с (в качестве отвердителя используется диметилэтиламин). При производстве стержней отливок *корпус муфты сцепления* применяется двойная продувка. Составы стержневых смесей и режимы продувки варьируются в зависимости от группы сложности отливок и конструктивных особенностей стержневой оснастки.

Весь процесс внедрения нового для ОАО «МТЗ» технологического процесса был осуществлен без остановки производства и позволил решить максимальное количество проблем, в том числе по геометрической точности и чистоте внутренних поверхностей крупных корпусных отливок.

Подтвержденные эксплуатационной практикой высокие технико-экономические показатели технологии Cold-box-amin создали базу для подготовки и реализации республиканской программы насыщения литейных цехов Республики Беларусь, а также заводов России и Украины этой технологией и возможными вариантами разновидностей комплекса оборудования без затрат валютных средств на закупки импортного оборудования для производства стержней.

Генеральным директором ОАО «МТЗ» Ф. А. Домотенко, зам. генерального директора по техническим вопросам и новым технологиям С. И. Сиротенко совместно с ОАО «БЕЛНИИЛИТ» принято реше-

ние о создании нового стержневого технологического комплекса в качестве альтернативы стержневому автомату «Laetpre» (Германия), введенному в эксплуатацию в 2000 г.

Целью данного проекта является разработка ресурсосберегающего технологического комплекса с улучшенными экологическими параметрами для изготовления литейных песчаных стержней массой до 130 кг облегченной конструкции по технологии холодного отверждения для производства сложнопрофильных отливок из железуглеродистых сплавов.

Включение проекта в государственную научно-технологическую программу «Машиностроение и машиностроительные технологии», подпрограмму «Технологии литья» подтверждают важность и необходимость принятого решения.

В настоящее время на ОАО «МТЗ» в ЛЦ-2 разработанный и изготовленный ОАО «БЕЛНИИЛИТ» стержневой технологический комплекс КТ4768Б2К1 успешно прошел пусконаладочные и приемочные испытания.

На сегодняшний день в металлургическом производстве ОАО «МТЗ» для завершения внедрения нового эффективного процесса изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей необходима замена стержневых автоматов мод. 4509А на стержневые машины мод. 4751Б2К1, двух смесителей для приготовления стержневой смеси и лабораторного оборудования для определения физико-механических свойств смесей по ХТС-процессу, что позволит снизить брак в производстве отливок, сэкономить связующие компоненты, улучшить экологические показатели, условия труда рабочих в стержневых отделениях, позволят полностью автоматизировать процесс изготовления и простановки в формы стержней, получать стержни сложной конфигурации.

Внедрение этой технологии позволило снизить потребление природного газа при изготовлении стержней на 42% или на 7760,1 тыс. м<sup>3</sup>/в год; уменьшить уровень брака отливок на 18–23%, а стержней – на 26–54%; снизить расход песка на 21% или на 2150 т/в год; улучшить условия труда; автоматизировать процесс изготовления стержней; снизить трудоемкость изготовления стержней.

Проводимая ОАО «МТЗ» работа по техническому перевооружению металлургического производства позволит не только улучшить потребительские свойства выпускаемой продукции, ее товарный вид, но и успешно конкурировать на мировом рынке.