

# РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕМИНАР РУП «МТЗ»

*А. П. МЕЛЬНИКОВ, директор ОАО «БелНИИлит», канд. техн. наук,  
Г. И. ПАСЮК, канд. техн. наук, ОАО «БелНИИлит»,  
И. В. ЕМЕЛЬЯНОВИЧ, техн. директор РУП «МТЗ» – зам. ген. директора ПО «МТЗ» по развитию,  
В. П. ПЕТРОВСКИЙ, пом. гл. металлурга РУП «МТЗ»,  
Г. С. КОРЕНЮК, нач. ЛЦ № 2 РУП «МТЗ»*

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ СТЕРЖНЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА № 2 РУП «МТЗ»

Чугунолитейный цех № 2 РУП «МТЗ» специализирован на выпуске крупных корпусных отливок для серийных тракторов базовых моделей МТЗ-80 и МТЗ-100, в том числе корпусов муфты сцепления, заднего моста, коробки передач, гидроагрегатов, блоков цилиндров (4- и 6-цилиндровых). Цех запущен в эксплуатацию в 1965–1967 гг.

Начиная с 1965 г. в соответствии с проектными решениями на стержневом производстве цеха применялась тепловая сушка стержней с изготовлением их на семи специализированных линиях, оснащенных пескодувными машинами мод. 28Б9 и 28Б7, кантователями, механизированными рольганговыми системами и вертикальными конвейерными сушилами с газовым обогревом.

Все стержни изготавливали по половинкам с помощью вытряхных стержневых ящиков, после выхода из сушки их подвергали окраске пульверизаторами в полукрытых окрасочных камерах,

отделке и обработке на «Мильвоках», после чего собирали в комплекты и подавали на формовку (рис. 1–3).

Для приготовления стержневых смесей использовали смесители каткового типа мод. 1А12 (емкость замеса до 1200 кг) производства Волковысского завода литейного оборудования. При этом подачу стержневой смеси в бункеры стержневых машин осуществляли кубельными тележками. В качестве связующих материалов для приготовления стержневой смеси использовали лигносульфонаты технические (сульфитная барда) – отход бумагоделательного производства и крепитель УСК. После завершения пусконаладочных работ и проведения комплекса инженерно-технических доработок на каждой из семи запроектированных линий тепловой сушки была достигнута производительность до 100 съем/ч. Однако в процессе производства стержней по тепловой сушке с каж-



Рис. 1. Половинки стержней отливки «корпус муфты сцепления», изготавливаемые по технологии тепловой сушки



Рис. 2. Комплект стержней отливки «корпус заднего моста», изготовленных по технологии тепловой сушки



Рис. 3. Комплект цилиндрокартерных стержней отливки «корпус 6-цилиндрового блока цилиндров», изготовленный по технологии тепловой сушки

дым годом проявлялись ее существенные недостатки:

- нарушение геометрических размеров стержней и отливок из-за «расплывания» неотвержденных сырых стержней на плитах и поддонах (типичный недостаток тепловой сушки, который невозможно устранить в действующем производстве), в результате несоответствие отливок техническим требованиям по точности;

- высокий брак стержней, достигающий 20–30%;

- высокая энергоемкость (часовой расход природного газа каждого из сушилов составляет 200 м<sup>3</sup>/ч), расход природного газа на 1 т годных стержней достигает 80 м<sup>3</sup>, расход электроэнергии – 100 кВт·ч;

- высокая газонасыщенность производства токсичными газовыделениями (особенно акролеином), превышение ПДК по отдельным веществам в несколько раз;

- недолговечность оснастки, высокие затраты на ее воспроизводство.

С целью устранения указанных выше недостатков в конце 70-х годов изготовление всех мелких стержней было переведено с процесса тепловой сушки на процесс отверждения в нагреваемой оснастке. Одна из линий тепловой сушки, в том числе и вертикально-конвейерное сушило, была демонтирована и на ее месте установлены три двухпозиционные стержневые машины мод.4728 конструкции НИИЛИТАвтопром, на которых изготавливали всю программу центровых цилиндрокартерных стержней 4-цилиндрового блока цилиндров. Стержни при этом изготавливали не по половинкам, а целиком, со сквозными на всю длину опустошениями, т. е. был достигнут более высокий уровень качества отливок и их размерной точности.

В результате анализа работы созданного производства крупных стержней блока цилиндров в нагреваемой оснастке было установлено:

- точность стержней повысилась, однако в силу крупногабаритности оснастки и сильного коробления ее при нагреве геометрия стержней нарушалась и отливки не соответствовали требованиям по точности;

- низкая производительность процесса на производстве крупных стержней – 5–6 мин на 1 сьем;

- 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 – изготовление стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС) с продувкой газообразными отвердителями, которые полностью устраняют все указанные выше недостатки технологических процессов тепловой сушки и нагреваемой оснастки. К середине 90-х годов была закончена программа работ по исследованию и разработке различных вариантов современных продувочных технологий и приступили к разработке специализированного оборудования для этих технологий. Специалисты завода РУП «МТЗ» и Института «БелНИИлит» при обсуждении проблемы недостатков действующих технологий пришли к выводу о необходимости перевода производства крупных стержней на новый технологический процесс изготовления их из ХТС с продувкой газообразными отвердителями. Были разработаны концепция и программа работ по разработке и созданию технологического комплекса для производства крупных стержней номенклатуры литейного цеха № 2 РУП «МТЗ» по продувочным технологиям.

В основу концепции положена возможность одновременного использования в производстве двух продувочных технологий: изготовление стержней из ХТС с продувкой метилформиатом (метилформиат-процесс или «Бетасет-процесс» по международной терминологии); изготовление стержней из ХТС с продувкой катализаторами аминной группы (Амин-процесс или «Ашланд-процесс» по международной терминологии).

Необходимость такого подхода была продиктована целым рядом соображений, вытекающих из сопоставительного анализа двух вариантов продувочных технологий по следующим критериям: технологические и токсикологические свойства, экологическая целесообразность, диапазон применимости и соответствия предъявляемых ко всем стержням требований, экономическая обоснован-

ность, наличие технологических материалов, инженерная разработка мер по охране труда и взрывопожаробезопасности, финансовые возможности, преодоление «психологического барьера» на стадии освоения и др.

Например, метилформиат-процесс, не требует нейтрализации газовыделений, поэтому его легче осваивать в производстве. Однако главный недостаток этого процесса – невысокая прочность стержней (не более 12 кг/см<sup>2</sup>) резко ограничивает возможность его применения и, согласно предварительной оценке, только наиболее простые без наличия опасных сечений стержни отливок корпуса гидроагрегата, блоков цилиндров и некоторые другие предполагалось перевести на метилформиат-процесс. Остальную номенклатуру стержней, согласно предварительному решению, предполагалось изготавливать Амин-процессом, который с технологической точки зрения является универсальным, так как прочность стержней, изготавливаемых по этому процессу, составляет не менее 20 кг/см<sup>2</sup> и при необходимости может быть доведена до 30 кг/см<sup>2</sup>. С другой стороны, Амин-процесс требует соблюдения жестких условий по локализации и нейтрализации аминных соединений и применения специальных установок нейтрализации аминов и специальных решений по вентиляции не только стержневых машин, но и рабочих зон первичного складирования стержней.

В связи с этим было принято решение начинать освоение продувочных технологий с метилформиат-процесса, обеспечив соответствующий подбор номенклатуры стержней и возможность последующего перехода на том же оборудовании на более современный и более универсальный Амин-процесс, гарантированно устраняющий фактор риска из-за недостаточной общей и манипуляторной прочности стержней, изготавливаемых метилформиат-процессом.

Были выработаны также другие принципы технического переоснащения. Для этого было решено: минимизировать количество типоразмеров стержневых машин с целью создания оптимальных условий для эксплуатации, для чего выполнить тщательный анализ номенклатуры стержней и раскладку их по машинам; обеспечить поставку по импорту наиболее сложных и трудновоспроизводимых устройств для реализации продувочных технологий на стержневых машинах, в частности газогенераторов; применить современную технологию нейтрализации аминных соединений химическим способом с применением раствора серной кислоты и закупить по импорту установки нейтра-

лизации; при проектировании и изготовлении оснастки обеспечить ее герметичность с целью соблюдения ПДК токсичных газовыделений в рабочей зоне; на начальной стадии освоения продувочных технологий провести испытания связующих материалов и отвердителей как российских фирм (ОАО «Уралхимпласт», г. Нижний Тагил, ТОО «Полион», г. Москва, НПФ «Карбохим», г. Дзержинск, Нижегородская обл.), так и западно-европейских фирм («Фуртенбах», Австрия, «Хюттенес-Альбертус», Германия); для приготовления и подачи стержневой смеси к машинам применить действующую в цехе систему с использованием катковых смесителей периодического действия с емкостью замеса до 1 м<sup>3</sup> и кубельных тележек; на замашинных операциях (окраска и подсушка окрашенных стержней) применить современный способ окраски – «облив» и горизонтальные проходные сушилки с сохранением принципа поточной механизации производства на выполнение указанных операций; создать специальное стержневое оборудование для изготовления стержней по продувочным технологиям; закупить по импорту хотя бы один технологический комплекс для изготовления стержней по продувочным технологиям для сопоставления по техническому уровню с отечественными разработками; объединять половинки стержней в цельковые стержни и производить их пустотелыми, используя вставки-опустошители.

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.

Была разработана техническая документация на две специальные стержневые машины для изготовления стержней из ХТС с продувкой газобразными отвердителями: мод. 4747Б2К1 – для стержней массой до 80 кг и мод. 4760Б2К1 – для стержней массой до 150 кг. Технические характеристики стержневых машин серий 4747 и 4760 приведены в табл. 1, 2. Обе машины по своим техническим возможностям охватывают всю номенклатуру стержней литейного цеха № 2.

В основу конструкторских решений положены выполненные Институтом «БелНИИлит» в 80-х годах разработки базовых узлов, примененные в стержневых машинах для изготовления стержней в нагреваемой оснастке и хорошо себя зарекомендовавшие в процессе длительной эксплуатации на многих заводах России и Беларуси, в том числе на Минском и Могилевском автозаводах. В кон-

Т а б л и ц а 1

Параметры	Техническая характеристика
Максимальная масса стержня, кг	80
Цикловая производительность (в зависимости от конфигурации стержня), сьем/ч	30–35
Разъем стержневого ящика	Горизонтальный
Размеры стержневого ящика, мм	920×850×365
Тип привода	Пневматический
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	35
Установленная мощность, кВт	19
Масса машины, кг	17500
Габариты машины, мм	5720×5900×3925

Т а б л и ц а 2

Параметры	Техническая характеристика
Максимальная масса стержня, кг	150
Цикловая производительность (в зависимости от конфигурации стержня), сьем/ч	20–30
Разъем стержневого ящика	Горизонтальный
Размеры стержневого ящика, мм	1600×1180×570
Тип привода	Пневматический
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	45
Установленная мощность, кВт	19
Масса машины, кг	22000
Габариты машины, мм	8180×5900×5230

струкцию машин введены дополнительные узлы и механизмы, потребность в которых вызвана принципиально новыми особенностями продувочных технологий, в том числе узел продувки, устройство для дозирования, испарения и подачи газообразного отвердителя – газогенератор, укрытие специальной конструкции, узел обслуживания пескодувного резервуара, узел запираания продувочной коробки и др.

В системе управления машинами применены программируемые контроллеры японской фирмы «Хитачи», электроаппараты японской фирмы «Омрон» и пневмоаппаратура Полтавского агрегатного завода, выпускаемая по лицензии австрийской фирмы «Феста».

Было принято решение закупать установки нейтрализации аминов кислотного типа у немецких фирм BGT и VSS, производительность каждой – 30 000 м<sup>3</sup>/ч.

Специалистами РУП «МТЗ» были разработаны конструкции устройств для окраски стержней, в том числе краскомешалки, опрыскивателей, баков, кантователей, захватных приспособлений; конструкции специальных проходных горизонтальных сушил для подсушки окрашенных стержней.

Были разработаны конструкции комплектов оснастки к стержневым машинам. В основу конструкций в отличие от западных фирм положен принцип максимальной герметизации оснастки с целью минимизации выбросов в рабочую зону токсичных газовыделений и снижения токсикологической и психологической нагрузки на обслуживающий персонал. Правомерность этого принципа подтвердила дальнейшая эксплуатация машин.

В состав комплектующих каждой из машин включен газогенератор швейцарской фирмы «Любер» мод. LW-CBS/FDA-1640.

Основное стержневое оборудование – стержневые машины серий 4747 и 4760 изготавливали и поставляли на завод УП «Институт БелНИИлит». Все вспомогательное оборудование замашинных операций со стержнями изготавливали на РУП «МТЗ».

За период с 1999 по 2008 г. техническое переоснащение производства крупных стержней корпусных отливок на Амин-процесс в основном завершено. При этом произведен демонтаж четырех линий тепловой сушки и соответственно четырех вертикально-конвейерных сушил. Введены в эксплуатацию четыре стержневые машины серии 4747 и две стержневые машины серии 4760, на которых производятся по Амин-процессу крупные стержни всех крупных отливок серийных тракторов, в том числе корпуса маслобака, корпусов муфты сцепления, четырех- и шестицилиндрового блока цилиндров, корпуса коробки переменных передач и заднего моста. Комплекты стержней, изготовленных по Амин-процессу, показаны на рис. 4–9.

Созданы поточные линии по изготовлению стержней и выполнению комплекса подготовительных операций для простановки стержней в формы.



Рис. 4. Комплект стержней отливки «корпус заднего моста», изготовленных по Амин-процессу с объединением двух стержней в единый и опустошением



Рис. 5. Целиковый стержень отливки «корпус муфты сцепления 80-1601015», изготовленный по Амин-процессу



Рис. 6. Целиковый стержень отливки «корпус муфты сцепления 70-1601015», изготовленный по Амин-процессу



Рис. 7. Комплект пустотелых цилиндракартерных стержней отливки «корпус шестицилиндрового блока цилиндров», изготовленный по Амин-процессу

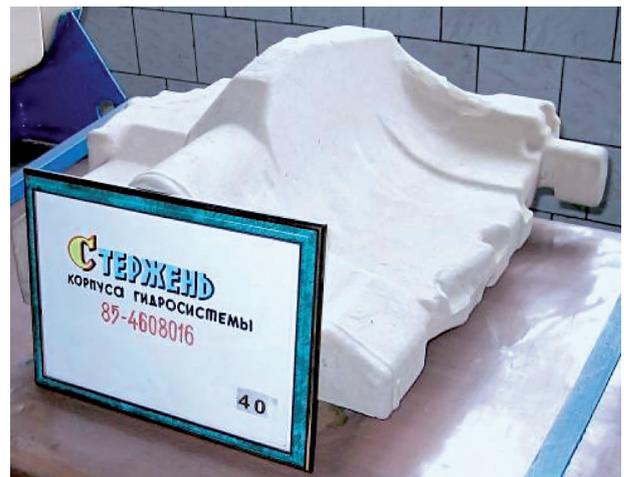


Рис. 8. Стержень корпуса гидросистемы

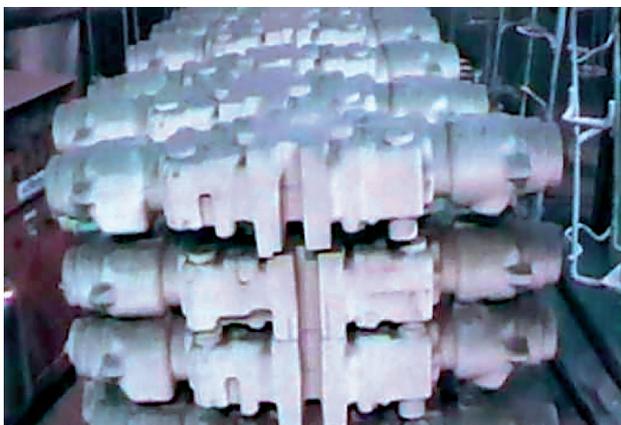


Рис. 9. Пустотелые цилиндракартерные стержни отливки «блок цилиндров» 240-1002015, изготовленные по Амин-процессу

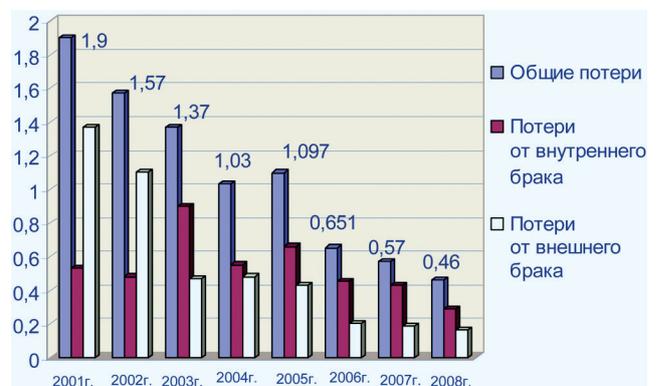


Рис. 10. Потери от брака за период с 2001 по 2008 г., % по ЛЦ-2

Кроме того, осуществлен перевод изготовления ленточных стержней рубашек водяного охлаждения четырехцилиндрового блока 240-1002015 с процесса «нагреваемая оснастка» на Амин-процесс, для этого запущен в производство десятигнездный стержневой ящик на машине серии 4747.

Уровень брака после внедрения Cold-box-процесса показан на рис. 10.

Новая технология и оборудование дали возможность изготавливать крупные стержни пустотелыми, что позволило на объем 62 тыс. т отливок снизить расход песков на 31 тыс. т, это более 500 вагонов. Снижение объемов покупаемых песков дало возможность освободить имеющиеся складские емкости и заготавливать пески под программу производства в теплое время года, отказаться от разогрева замерзших песков острым паром в зимний период и снизить его потребление в 3,5 раза. Но основное преимущество внедренной технологии Амин-процесса – это экономия природного газа. Во-первых, отпала необходимость закупки и сушки песков, во-вторых, благодаря замене сушки стержней природным газом продувкой амином отпала необходимость использования природного газа для отверждения стержней. В результате за счет внедрения Амин-процесса, утвержденная норма расхода природного газа на изготовление 1 т отливок снизилась со 166,5 до 95,3 м<sup>3</sup>. Экономический эффект от внедрения стержневых машин по Амин-процессу с 2005 по 2008 г. приведен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Показатель экономического эффекта	Экономия 2008 г.
Экономия электрической энергии, тыс. кВт	632,3
Экономия природного газа для сушки стержней, тыс. м <sup>3</sup>	9340
Снижение уровня брака стержней, %	18
Экономия свежего песка, т вагонов, шт.	36250 605
Экономия природного газа для сушки свежего песка, тыс. м <sup>3</sup>	256,6
Экономия электрической энергии для транспортировки песка, тыс. кВт	960,3
Снижение трудоемкости, нормо/ч	142600
Высвобождение работающих во вредных условиях труда, чел.	41
Суммарный экономический эффект, млн. руб.	5632,9

На данный период литейный цех № 2 РУП «МТЗ» по объемам производства стержней Амин-процессом (150 т стержней в сутки или 3000 т в месяц) и технико-экономическим показателям занимает первое место среди стержневых производств литейных цехов в СНГ.

В настоящее время начаты работы по демонтажу шестой линии изготовления стержней по тепловой сушке, что позволит смонтировать на ее площадях две стержневые машины серии 4747 и в 2009 г. завершить полный цикл работ по техническому переоснащению стержневого производства цеха.