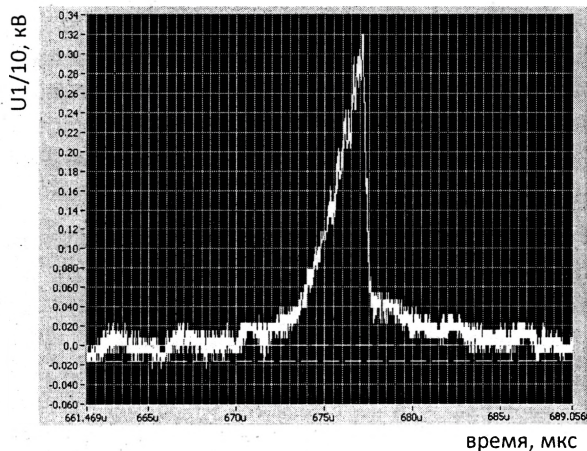


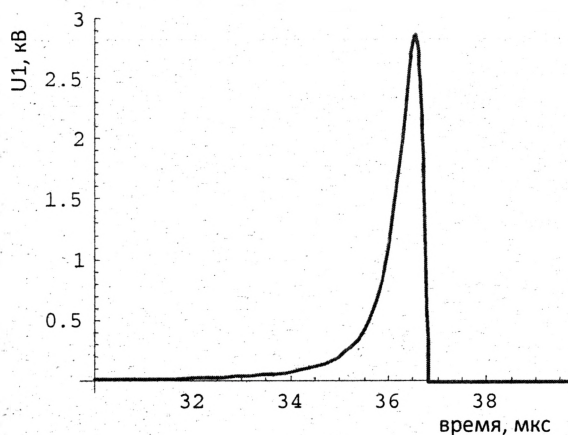
Рис. 2. Зарегистрированный импульс производной тока (амплитуда производной тока достигает 100 кА/мксек)

Литература

1. Сахаров А.Д. Взрывомагнитные генераторы // УФН. 1966. Т. 88, №. 4. С. 725(-)734.
2. Взрывные генераторы мощных импульсов электрического тока // Под. Ред. В. Е. Фортова. М.: Наука 2002.
3. Megagauss technology and Pulse power applications. // Proc. of 4 Int. conf. on Megagauss magnetic field generation. // New-York. Plenum Press. 1987.
4. Сверхсильные магнитные поля. Физика. Техника. Применение. // М. Наука. 1984.
5. Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применения: Пер. с англ. // Под ред. Ф. Херлаха. (-) М.: Мир, 1988.
6. Молчанов П.В., Сытова С.Н., Тихомиров В.В.; Черкас С.Л. О профилировании обмотки МКГ // Тезисы 12 международной конференции по генерации мегагауссных полей (Мегагаусс 12). 2008



а



б

Рис. 3. Зарегистрированный (а) и рассчитанный (б) импульс напряжения на нагрузке

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.П. Мельников, УП «Институт БЕЛНИИЛИТ»

Отливки составляют значительную долю по массе и трудоемкости изготовления любого вида продукции машиностроения. На литые заготовки в общем объеме производства автомобилестроения приходится 8...10%, тракторостроения — 15...18%, сельхозмашиностроения — 15...20%, двигателей станкостроения — 70...80%. От качества отливок, их точности и экономичности в итоге зависит и качество конечной продукции — двигателей, станков, автомобилей. Как показывает мировой опыт, совершенствование изделий машиностроения невозможно без существенного повышения сложности, качества, эксплуатационных свойств, точности и уменьшения толщины

стенок литых заготовок. За последние 30 лет в зарубежном машиностроении допуски и припуски на отливки были снижены в 1,5...2,0 раза, металлоемкость продукции уменьшена на 10...20%.

В общем случае производство отливок можно представить как ряд последовательных технологических процессов:

- изготовление модельной и стержневой оснастки;
- приготовление формовочных и стержневых смесей;
- изготовление литейных форм и стержней, их сборка;
- приготовление расплава;
- заливка форм расплавом;

- выбивка и зачистка отливок;
- термическая обработка.

На современном этапе развития машиностроения перед литейным производством стоит ряд первоочередных задач, которые можно укрупненно сформулировать следующим образом:

1. Комплексное технологическое переоснащение стержневого производства с переходом на энергосберегающие процессы отверждения стержней.
2. Переоснащение формовочных отделений литейных цехов с переходом на высокопроизводительное и энергосберегающее формовочное оборудование.
3. Использование автоматизации процесса смешивания при приготовлении формовочных и стержневых смесей.
4. Приготовление качественных сплавов в процессе шихтовки, плавки, выпечной обработки и заливки в формы.

5. Использование современных технологий специальных методов литья при производстве высококачественных отливок.

6. Применение цифровых процессов при разработке отливки, моделировании процессов литья создании литейного оборудования и оснастки.

Кратко остановлюсь на некоторых аспектах первоочередных задач развития технологии литейного производства.

Технологии производства стержней

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 (табл. 1).

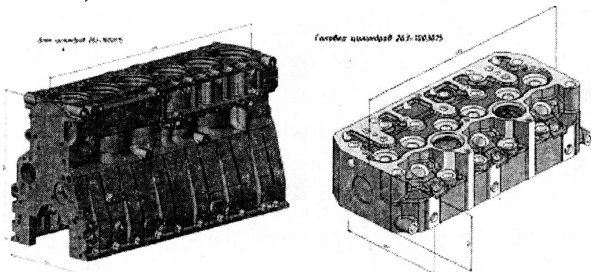


Рис. 1

Во многих литейных цехах крупносерийного и серийного производства отливок доминировал процесс изготовления стержней с отверждением их в нагреваемой оснастке, который освоили, на-

чиная с 50-х г., и который практически полностью заменил изготовление стержней с тепловой сушкой в сушилах. Однако в настоящее время этот 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.

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных технологических параметров смесей горячего и холодного отверждения¹

Процесс	Живучесть смеси, ч	Прочность на изгиб, МПа		Газотворная способность, см ³ /г
		30 с	24 ч	
Hot-box	>4	1,8	5,4	7,0
Croning	практически не ограничена	2,0	6,0	12,0
Cjld-box-amin	3...4	3,2	5,8	3,4
Эпокси-SO ₂	>24	2,8	5,2	6,0
Betaset	3...4, отдельные материалы – до 24	1,6	2,5	3,0
Carbophen	3...6	0,6	1,8	8,2

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-SO₂-процесс (табл. 2).

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;

¹ В таблице приведены средние значения параметров стержней, предназначенных для приготовления чугунных отливок.

- применение более дешевой стержневой оснастки из дерева, пластмасс и других материалов;
- значительное снижение затрат энергоресурсов;
- снижение брака стержней, т.к. стержень при продувке отверждается по всему объему и приобретает высокую прочность.

Таблица 2

Динамика изменения использования процессов Hot-box, Croning и Cold-box для изготовления стержней в литейных цехах США и Германии

Процесс	США, %		Германия, %	
	1980 г.	2000 г.	1980 г.	2000 г.
Croning	30	15	20	10
Hot-box	20	10	30	10
Cold-box	15	65	15	70
Другие процессы	35	10	35	10

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 (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка влияния технологий Cold-box-amin на качество получаемых отливок

Показатель качества отливки	Технология получения песчаного стержня		
	Cold-box-amin	Эпокси-SO ₂	Betaset
Эрозия	2	1	1
Просечки	3	3	2
Чистота поверхности	2	3	3
Газовые дефекты	1	1	1
Пенетрация металла	2	2	4
Образование блестящего углерода	3	1	1
Выбиваемость	3	1	4

Примечание: * — сравнение процессов проведено по пятибалльной системе, где: 1 — отлично, 5 — плохо.

Для производства конкурентоспособных отливок переход литейных цехов отраслей машиностроения на современные процессы изготовления стержней в «холодной» оснастке продувкой газообразным катализатором (отвердителем) просто необходим. Наиболее перспективны Cold-box-amin и для простых стержней MF (Betaset).

Проведенный анализ технологических процессов и оборудования известных мировых производителей стержневого оборудования (Laempe (Германия), Logamendi (Испания), IMF (Италия),

NANIVA (Япония) и др.) теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в УП «Институт БЕЛНИИЛИТ» позволили приступить к разработке различных вариантов современных продувочных технологий и специализированного оборудования для этих технологий. Первые крупные промышленные испытания новых технологий были начаты и проведены на ПО «МТЗ».

Для перевода производства крупных стержней на новый процесс изготовления их из ХТС с продувкой газообразными отвердителями на ПО «МТЗ» разработали концепцию и программу по созданию технологического комплекса для **производства** крупных стержней номенклатуры литейного цеха № 2 по продувочным технологиям.

Принципы и технологические решения концепции технического перевооружения стержневого производства МТЗ:

1. Оптимизировать технологию производства и конструкцию стержней, объединив их в моноблоки с максимальным внутренним опустошением.

2. Создать специальное стержневое оборудование для изготовления стержней по продувочным технологиям.

3. Разработать типаж необходимых стержневых машин.

4. Разработать современные технологию и оборудование смешивания.

5. Провести испытания связующих материалов и отвердителей различных фирм.

6. Провести сравнительный анализ современных технологий нейтрализации аминных соединений.

7. Разработать и применить современные способы окраски и подсушки стержней.

8. При проектировании технологического оборудования предусмотреть использование систем управления, обеспечивающих надежность эксплуатации в литейном производстве.

Была разработана специальная стержневая машина с подвижным пескодувным резервуаром и механизмом подпрессовки-продувки, перемещающимися с позиции загрузки смеси на позицию надува, и передвижным стержневым ящиком, перемещающимся с позиции надува на позицию сборки-разборки. Общий вид машины показан на рис. 2.

В результате проведенных комплексных исследований, а также выполнения программы перевооружения литейного производства МТЗ была создана гамма стержневых машин (рис. 3, табл. 4), которые позволяют производить стержни массой от нескольких граммов до 150 кг.

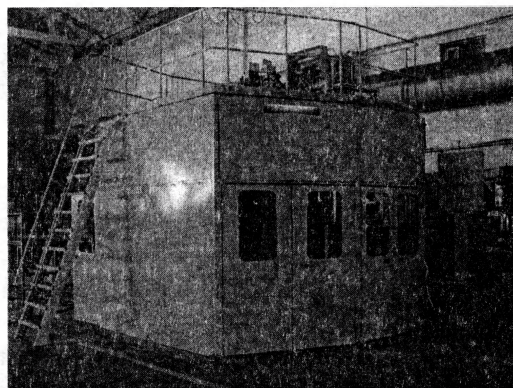
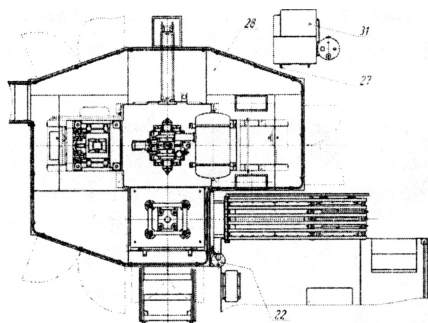
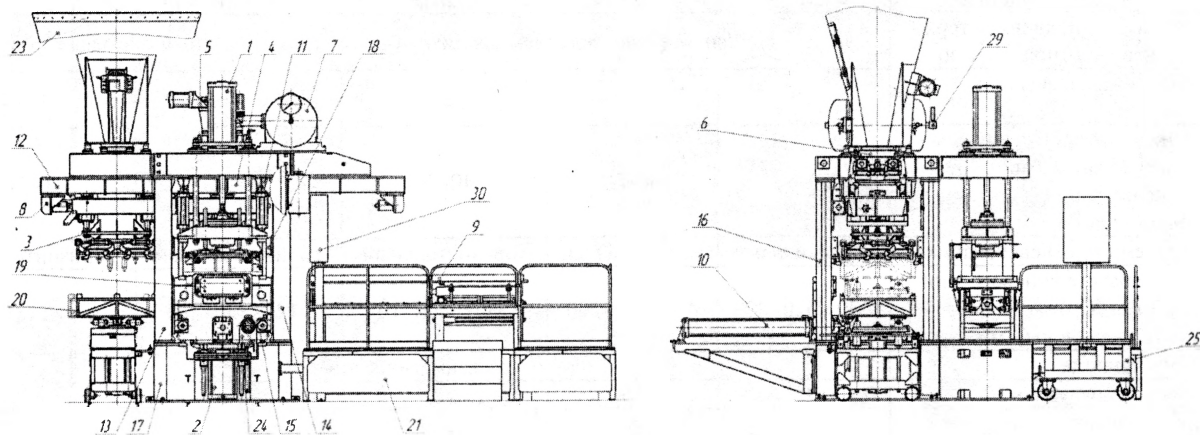


Рис. 2

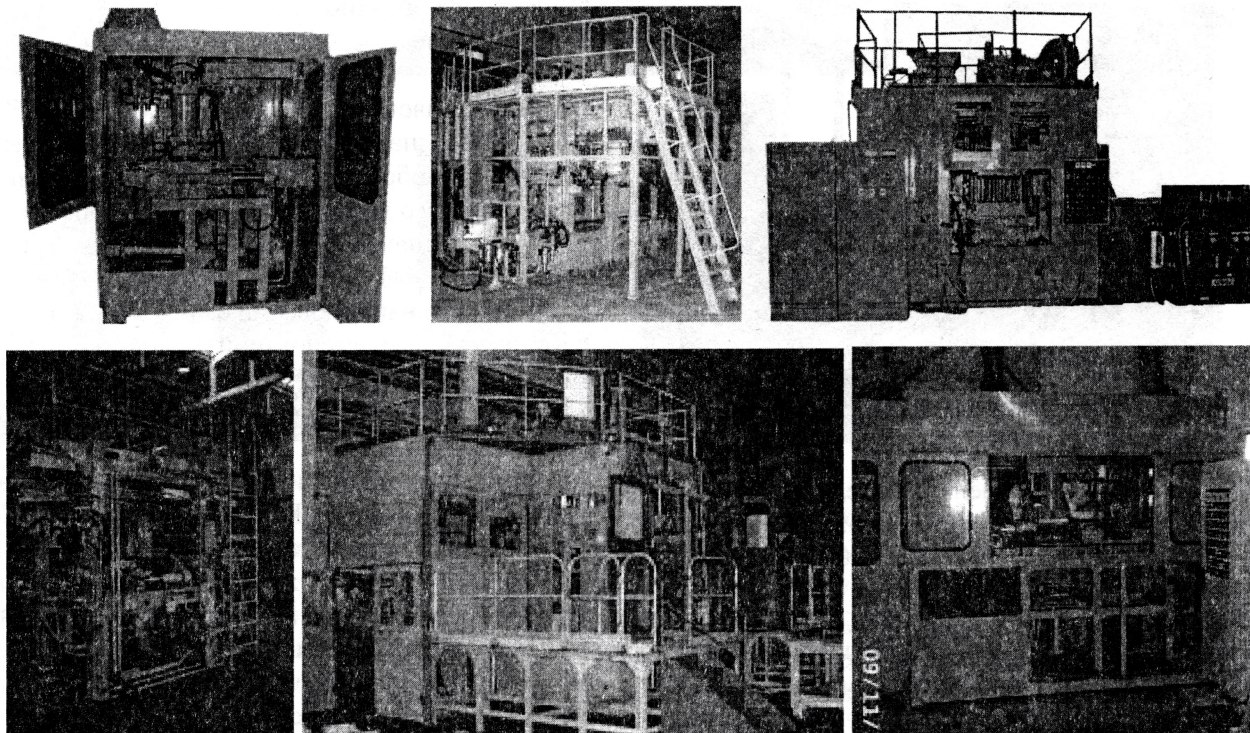


Рис. 3

Таблица 4

Модель машины	4749Б1К2	4751Б1К2	4752Б2К1	4747У2Б2К1	4760УБ2К1
Способ заполнения стержневого ящика смесью	Пескодувный с отверждением в ящике продувкой газообразным катализатором				
Максимальная масса стержня, кг	10	15	25	90	150
Цикловая производительность (в зависимости от конфигурации стержня), съёмов/час	60–80	60–80	40–50	30–35	20–30
Разъем стержневого ящика	вертикальный	вертикальный	горизонтальный	горизонтальный	горизонтальный
Размеры стержневого ящика (стандартные, могут быть увеличены), мм	400×320×200	400×320×200	580×580×210	1120×850×365	1600×1180×570
Тип привода	пневматический				
Расход воздуха, м ³ /ч*	15	15	22	35	45
Установленная мощность, кВт**	5	5	11	19	19
Масса машины, кг	3200	4000	9000	17500	22000
Габариты машины, мм	1850×1590× ×2660	2000×1700× ×2700	5800×4500× ×3200	6810×5630× ×3750	8180×7500 ×5230

* – учитывая расход воздуха на продувку стержня.

** – в т.ч. мощность газогенератора.

Приведу несколько примеров эффективности от внедрения разработок технологии изготовления стержней по холодным процессам на предприятиях Беларуси, России и Украины. РУП «МТЗ» (рис. 4–6). Здесь переход на новую технологию (Cold-box-amin-процесс) особенно значимо проявил себя в производстве стержней для базовых отливок моторной группы и тракторостроения.

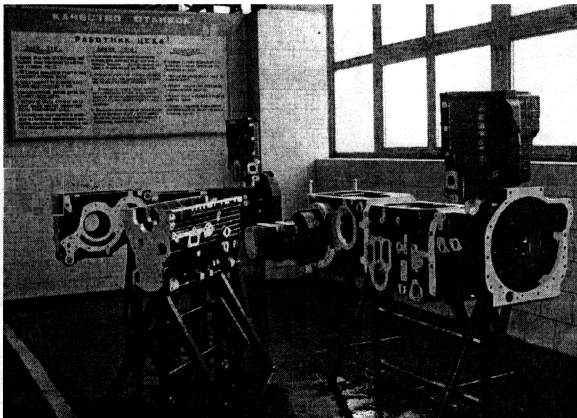


Рис. 4

Кроме того, получен значительный экономический эффект от внедрения новой технологии:

- Объем выпуска литья за 2007 год (–) 63 000 тонн
- Количество наименований отливок (–) 13
- Количество наименований стержней (–) 20
- Капитальные затраты на создание комплекса 3 402 097 000 рублей;
- Экономия природного газа, куб. м :
за 2001 и 2002 гг. — 2 258 000

за 2003 г. — 2 024 100

за 2007 г. — 3 500 000

- Экономия электроэнергии, кВт/ч:
 - за 2002 г. — 125 300
 - за 2003 г. — 1 201 300
 - за 2007 г. — 2 100 000
 - Экономия песка — 25 000 тонн в год
 - Брак отливок снижен в 1,5–2 раза
 - Брак стержней снижен в 3–4 раза;
 - Сокращение численности работающих — 40 человек;
 - Масса отливок снижена в среднем на — 0,8%
- Не менее значимые результаты от внедрения стержневого оборудования получены в производстве моторного литья на ОАО «ЯМЗ» (рис. 7):
- Наименование отливок — блоки цилиндров двигателей ЯМЗ3236/238
 - Количество наименований отливок — 2 шт.
 - Количество наименований стержней (после внедрения) — 6 шт.
 - Количество наименований стержней (до внедрения) — 18–20 шт.
 - Задействовано в производстве стержневые машины мод. 4747У3Б2К1 — 3 шт.
 - Экономия природного газа, м³ — за 2007г. — 1800000
 - Брак отливок снижен на 2%
 - Брак стержней снижен на 5%
 - Масса отливок снижена в среднем на 0,3%
 - Сокращение численности работающих — 5 человек.

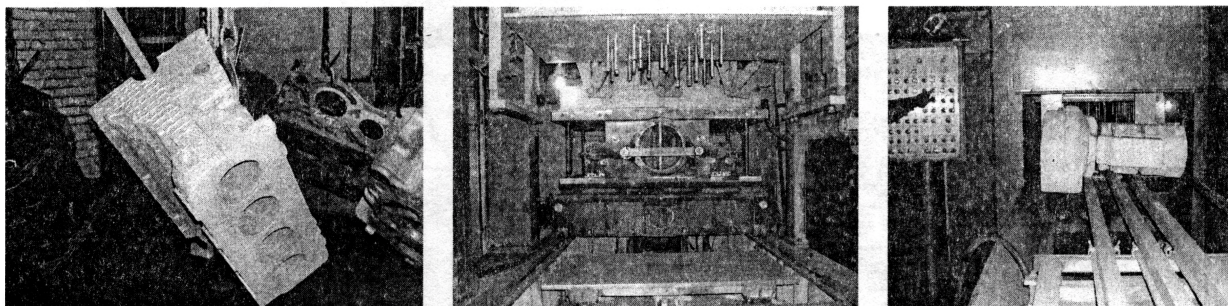


Рис. 5

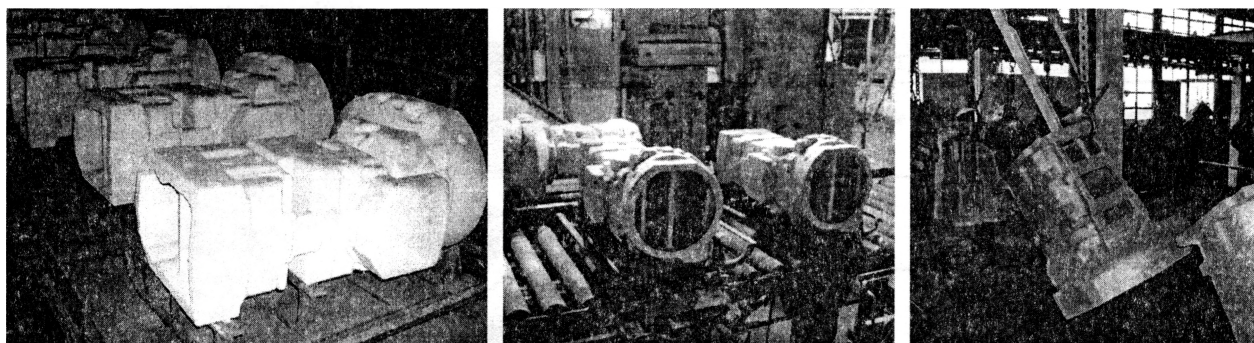


Рис. 6



Рис. 7

Работы, проводимые на ОАО «Азовмаш» (г. Мариуполь, Украина), позволили впервые в странах СНГ применить технологию Cold-box-amin для изготовления особо ответственного литья железнодорожной группы, балка надрессорная и рама боковая (рис. 8), а трехмерное компьютерное проектирование позволило оптимизировать количество стержней и соединить их в целые блоки (рис. 9).

Кроме того, были проведены теоретические и экспериментальные исследования на возможность применения опустошения стержней, т.е. изготавливать оболочковые моноблоки по Cold-box-amin технологии. Внедрение данных разработок в производстве позволило:

1. Получить значительную экономию стержневой смеси (до 35% массы).
2. Исключить или в десятки раз снизить вероят-

ность образования горячих трещин в стальном литье за счет увеличения податливости стержня.

3. Значительно улучшить газовый режим формы (за счет снижения газовыделений на 30–50%) и улучшения отвода газов из стержня.

4. Повысить производительность оборудования за счет сокращения времени отверждения стержней. На слайде приведен пример опустошения стержня, изготавливаемого по Cold-box-amin для отливки «Балка надрессорная».

стержневого и смесеприготовительного оборудования (табл. 5).

В 2009–2010 годах планируется произвести около 40 ед. данного оборудования (табл. 6, 7) на сумму около 40 млрд. руб. примерно в равном количестве для предприятий Беларуси и на экспорт.

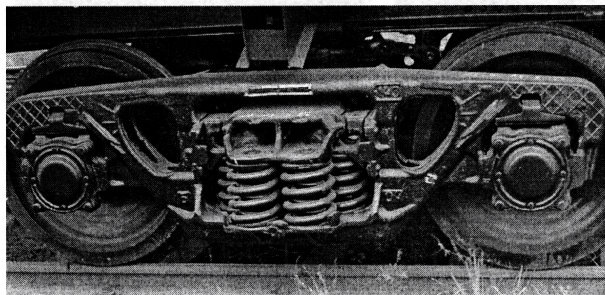


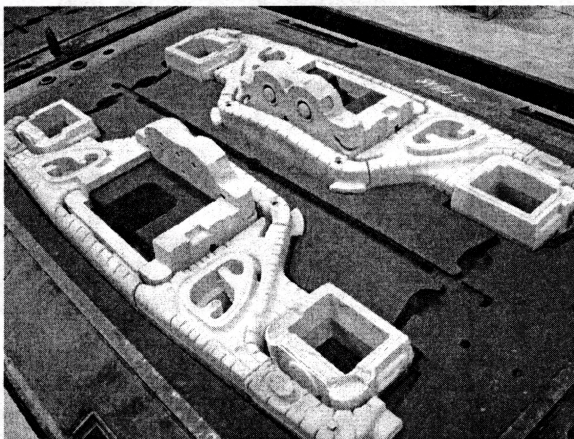
Рис. 8



Рис. 10



Рис. 9



На рис. 10, 11 показаны формы в сборе стальных отливок грузовых железоуглеродистых вагонов «Рама боковая» и «Балка надрессорная».

Применение разработанных технологий и стержневых машин в литейном производстве в настоящее время позволяет производить практически любую номенклатуру литья из чугуна, стали, отливок из цветных сплавов.

Хотелось отметить, что в странах СНГ УП «ИНСТИТУТ БЕЛНИИЛИТ» является единственной организацией, владеющей данной технологией и способной производить конкурентоспособное стержневое оборудование.

В период с 2000 по 2008 г. предприятиям Беларуси и стран СНГ институт поставил 28 ед.

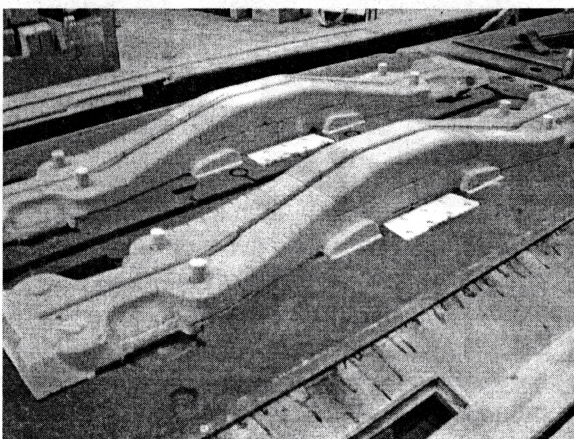


Рис. 11

Таблица 5

№ п/п	Наименование оборудования	Предприятия-заказчики					
		ОАО «Автодизель», г. Мариуполь	РУП «МТЗ», г. Минск	ЗАО «Азов-электро-сталь», г. Мариуполь	ОАО «Гутаевский моторный завод»	РУП «МАЗ», г. Минск	ОАО «КМПО», г. Казань
1	Стержневая машина мод 4747Б2К1	5 шт.	6 шт.	3 шт.	2 шт.	1 шт.	–
2	Стержневая машина модели 4752К1	–	–	1 шт.	–	–	1 шт.
3	Стержневая машина модели 4760Б2К1	–	2 шт.	–	–	–	–
4	Стержневая машина модели 4709Б2	–	1 шт.	–	–	–	–
5	Установка смесеприготовления П1863	–	1 шт.	2 шт.	–	–	–
6	Установка смесеприготовления П1739/С1С-150	1	–	–	–	–	–
7	Стержневая машина мод. 4751Б1К2	–	–	–	–	1 шт.	–
8	Установка смесеприготовления мод. П1739/800	–	–	–	–	–	1 шт.
Всего		6	10	6	2	2	2

Таблица 6

№ п/п	Предприятие	оборудование, ед.		Объемы оборудования, млн руб
		стержневое	смесеприготовительное	
1	РУП «МТЗ»	9	4	7 600
2	РУП «МАЗ»	5	5	5 400
3	УП «МоАЗ»	2	–	1 160
4	РУП «ГЗЛиН»	3	1	2 160
5	РУП «ММЗ»	3	–	1 600
6	ОАО «ОЗАА»	4	–	20 000

Таблица 7

№ п/п	Страна, предприятие	оборудование, ед.		Объемы изготовления, млн. руб.
		стержневое	смесеприготовительное	
1	Россия	12–15	2	13 600
2	Украина	8–10	–	5 500
ВСЕГО		20–25	2	20 700