



*Information on the offered resin of cold hardening (Cold-Box) is given by the firm Furtenbach.*

*А. К. ПСИМЕНОС, Г. ЭДЕР, М. М. СИПОС, фирма «FURTENBACH»*

## СМОЛЫ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ С НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ВЫДЕЛЕНИЕМ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЗАПАХА (COLD-BOX) – АБСОЛЮТНО НЕ ИМЕЮЩИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

### Введение

С марта 2004 по июнь 2005 г. фирма «Furtenbach» при поддержке «Австрийского исследовательского общества ГмбХ» (FFG) и Земли Нижняя Австрия успешно реализовала проект.

Цель этого проекта – развитие и изготовление современной смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box), которая бы полностью соответствовала требованиям, предъявляемым рынком.

В 2006 г. были представлены новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) «Friodur 050» и «Friodur 060» (новые смолы холодного отверждения первого поколения) [1–5], которые состоят из не содержащего ароматических веществ компонента А (фенолорезол). Компонентами В (полиизоцианат) являются:

- «Friodur 050 В» – сниженное содержание ароматических веществ;
- «Friodur 060 В» – отсутствие ароматических веществ.

Показателями качества этих смол служат:

- высокая реакционная способность;
- длительный срок хранения и применение (ресурс при стендовых испытаниях) песчаной смеси в течение многих часов;
- очень высокая текучесть песчаной смеси даже после нескольких часов и благодаря этому оптимальное уплотнение даже в недоступных местах формы;
- высокая разделительная способность в стержневом ящике;
- гладкая поверхность стержней и форм. При использовании смолы холодного отверждения «Friodur 060», начиная с определенного количества, литейная форма почти для всех типов стержней не требует смазки;

- нечувствительность к колебаниям величины рН и примесям, таким, как, например, гуминовая кислота в песке, подмешивание регенерированного песка из других процессов производства стержней и т. п. Кислый песок с показателем рН 3,5 имеет такие же высокие показатели прочности, как и песок с показателем рН 8,5;

- высокая начальная и конечная прочность;
- высокая эластичность или гибкость изготовленных с их применением стержней;
- высокая термическая стойкость при литье чугуна или цветных металлов;
- очень высокая устойчивость к водяной формовочной краске и влажности (гидростойкость);
- снижение расхода амина (следовательно, и запаха амина);
- снижение количества газа или уменьшенный и контролируемый выброс газа благодаря применению лишь двух растворителей на основе высококипящих, макромолекулярных сложных растительных эфиров;
- очень малая концентрация мономера (свободный фенол и свободный формальдегид);
- снижение выбросов бензола, толуола, ксилола (БТК);
- снижение воздействия запаха как при производстве стержней, так и при литье.

Успех этого проекта можно обосновать следующим образом.

1. Изменение структуры и усиление отдела научных разработок и исследований.
2. Интенсификация сотрудничества с Институтом химической технологии органических веществ и Техническим университетом (г. Грац).

Следует отметить, что практически во все проекты научных разработок, связанных со смолами,

вовлечены сотрудники Института химической технологии органических веществ, а необходимый анализ осуществляется в Техническом университете (г. Грац) [6–11].

### 3. Применение новых методов разработки смол.

При реализации данного проекта в качестве фундаментальных основ рассматривали:

1. Точное определение и расчет кинетики реакции при конденсации фенолорезола. Для этого необходимо было установить влияние различных параметров конденсации, таких, как молярное отношение фенола к формальдегиду, тип катализатора и количество катализатора, а также время конденсации и температуру.

2. Точное определение молекулярной структуры и молекулярно-вещового распределения изготовленной фенольной смолы.

При выборе подходящих растворителей для компонента А в рамках научно-исследовательского проекта необходимо было выполнить следующие условия:

- В качестве применяемых растворителей должны были выступать вещества, не содержащие ароматических растворителей, с максимально высокой точкой кипения.
- Снизить до «минимума» количество растворителя. Применялись только два растворителя на основе высококипящих макромолекулярных сложных растительных эфиров.

При выборе растворителей для компонента В (изоцианат) у «Frionur 050 В» была заменена лишь часть веществ без ароматических растворителей.

У «Frionur 060 В» были применены «специальные», не имеющие ароматических растворителей вещества. Причина использования дорогих «специальных растворителей» заключается в реакционной способности применяемого изоцианата по отношению ко всем веществам, которые имеют способные к реакции атомы водорода.

Правда, этот компонент очень дорогой из-за высоких цен на растворители. К тому же, применяемые растворители имеют «свой собственный запах».

## **Общая информация о выделении вредных веществ и запаха при процессах холодного отверждения (Cold-Box)**

### **Выделения вредных веществ и запах**

Как известно, выделения вредных веществ и запах образуются в литейном производстве при изготовлении отливок, стержней и на складе стержней. Основным источником выбросов в атмосферу вредных веществ является используемое сырье и особенно смолы, в данном случае смолы холодного отверждения (Cold-Box).

Основные выбросы в процессе холодного отверждения (Cold-Box) происходят в виде выделения БТК (бензол, толуол, ксилол), изоцианата, мономеров (фенол и формальдегид) и амина.

При разработке новых смол холодного отверждения (Cold-Box) весьма успешно проводились работы по предотвращению этих выбросов или запаха. Все меры были направлены на то, чтобы устранить в первую очередь «виновников» выбросов и запаха или уменьшить их объемы.

### **Факторы, влияющие на выбросы и запах**

Основными источниками выделения вредных веществ и запаха в процессе холодного отверждения (Cold-Box) являются химическая структура и свойства фенолорезольной смолы, применяемого полиизоцианата, химический состав растворителей, амина и его количество, а также используемая формовочная краска.

Рассмотрим главные источники выбросов вредных веществ.

### **Фенолорезол**

При разработке новых смол необходимо точно знать химизм и протекание реакции при производстве смолы.

Фенольные смолы – это результат сложных реакций между фенолом и альдегидами, преимущественно формальдегидами, до образования высокомолекулярных полимеров.

Важными факторами, оказывающими существенное влияние на качество и свойства образуемых фенолорезолов, являются.

- Молярное отношение во время реакции. Этот параметр имеет влияние на остаточную концентрацию мономера и реакционную способность смолы или структуру полимера. При низком молярном отношении остается много непревращенного фенола, а формальдегид почти полностью используется. И, наоборот, при избытке формальдегида остается мало фенола и много непрореагировавшего формальдегида.

Фенолорезолы, еще содержащие в себе остаточный мономер, проявляют меньшую склонность к образованию мостиковых связей между макромолекулами метилена, чем те, которые находятся на продвинутой стадии реакции.

Основным параметром вещества является плотность соединения макромолекул, определяемая как отношение мостиковых связей между макромолекулами метилена к фенольным ядрам в смоле. Высокое молярное отношение приводит к высокой степени замещения в фенольном ядре, что способствует образованию мостиковых связей между макромолекулами метилена.

- Типы и количества применяемых катализаторов: высокая концентрация применяемого катали-

затора приводит к быстрому расходованию реагента, ускорению реакции образования смолы и соответствующему сокращению продолжительности реакции.

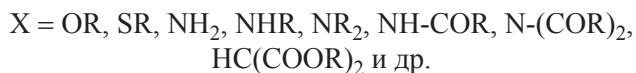
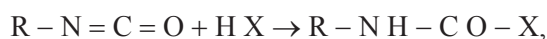
### Полиизоцианат

В основе процесса холодного отверждения (PUR-Cold-Box) лежит химическая реакция полиприсоединения (сшивание макромолекул) между специальными фенольными смолами класса резол, так называемыми бензил-эфирными смолами, и полиизоцианатом с образованием полиуретана (PUR). Для ускорения реакции в качестве катализатора добавляется амин [12–17].

В процессе холодного отверждения (PUR-Cold-Box) применяются чаще всего ароматические диизоцианаты, как правило, дифенилметан-4,4'-диизонат (метилдифенилдиизонат), так как они обеспечивают структурную сетку связующего вещества. Он вступает в реакцию с водой с образованием замещенной мочевины.

Изоцианаты вступают в реакцию практически со всеми соединениями, которые имеют способные к реакции атомы водорода, например, спирты, амины, амиды и т. п., в данном случае с бензил-эфирными смолами.

Реакции протекают с перемещением водорода по следующей схеме:



Благодаря этому возникает ряд возможностей присоединения, среди которых наибольшее значение имеет присоединение полиоксисоединений к диизоцианатам и полиизоцианатам.

Реакционная способность изоцианатной группы зависит в значительной степени от органического остатка, с которым она связана. Самой химически пассивной является изоцианатная группа, скрепленная с третичным алифатическим атомом углерода. Реакционная способность возрастает тогда, когда местом присоединения выступает вторичный или даже первичный атом углерода. Еще большей реакционной способностью обладают изоцианаты ароматического ряда. Скорость реакции различных изоцианатов дает о себе знать и при полиприсоединении и на нее в значительной степени влияют катализаторы.

При этом соединения с кислотными свойствами, например HCl, HF и т. п. или H<sup>+</sup>-отщепляемые средства, такие, как хлорангидриды кислоты и хлорангидриды карбаминовой кислоты, обладают замедляющим действием. Даже при добавлении незначительных количеств подобные кис-

лые катализаторы в состоянии значительно замедлить происходящие в большинстве случаев более или менее количественные полиприсоединения, а при добавлении большего количества катализатора не довести процесс до полного присоединения.

Но часто следует довольствоваться меньшим количеством замедляющих веществ, которые в меньшей степени влияют на полиприсоединения, но, с другой стороны, препятствуют образованию нежелательных побочных реакций, возникающих в результате большой реакционной способности изоцианатной группы и ухудшающих свойства продуктов полиприсоединения.

### Растворители

Для разбавления и, следовательно, обеспечения возможности технологичного применения смол оба компонента (А и В) смешиваются с растворителями.

Применяемые растворители имеют большое значение для химического состава и количества образуемой эмиссии, выделения запаха, а при литье – для так называемого «газового числа» (выделение газов и количество газов) или временного профиля образования продуктов пиролиза (быстро, с опозданием, управляемо).

Предлагаемые сегодня на рынке фенолорезолы (компонент А) содержат в своем составе в качестве растворителя высококипящие ароматические и алифатические углеводороды, эфиры олеиновых кислот и растительных масел, кетоны и т. д. Эти соединения – высококипящие фракции нефти, эфиры рапсового, пальмового и льняного масла, изофорон, буртилгликоль(ди)ацетат, ди-изо-бутилфталат и т. п. Доля растворителей занимает около 35–45% [10, 13–15].

Предлагаемые полиизоцианаты (компонент В) включают в себя в качестве растворителя преимущественно фракции нефти, содержащие ароматические вещества. Доля растворителей составляет около 10–25%. Правда, компоненты В, содержащие в таком случае ароматические вещества, являются постоянным источником выделения БТК и запаха.

В результате применения фракций нефти в образуемых продуктах пиролиза получаем большие количества ароматических углеводородов, таких, как бензол, толуол и ксилол (БТК).

Отказ от ароматических углеводородов снижает, с одной стороны, выбросы вредных веществ и благодаря этому приводит к существенному снижению выделения запаха при смешивании (испарение ароматических углеводородов) и хранении стержней, а позднее во время литья.

Применение эфиров растительных масел в качестве растворителя позволяет существенно снизить концентрацию БТК. Дополнительным эффектом в таком случае является снижение запаха во время изготовления форм и стержней, а также при их хранении. «Улетучивание» и испарение растворителей хотя и имеет место, но оно по сравнению с растворителями фракций нефти очень незначительное.

Побочный эффект вызывает применение эфиров растительных масел в качестве растворителя, что приводит к другой классификации согласно требованиям Европейского соглашения по транспортировке опасных грузов и закону о химикатах. Такие смолы относятся по классификации к не опасным грузам, поэтому их проще транспортировать, хранить и обращаться с ними.

#### Катализаторы (амины)

В качестве катализаторов используют третичные амины (триэтиламин, диметилизопропиламин, диметилпропиламин или диметилэтиламин), которые значительно влияют на скорость реакции и выделение запаха (табл. 1) [12–16].

Из таблицы видно, что каждый из этих продуктов имеет другую реактивную способность и другой порог запаха.

Ввиду того что катализаторы хотя и влияют на реакцию полиприсоединения реагентов фенолорезола и изоцианата, необходимо особенно следить за химической структурой и количеством применяемого амина. Однако идеальным было бы снизить потребления амина смолой холодного отверждения (Cold-Box).

Время газации и количество катализатора существенно зависят от температуры катализатора и песка, состава смеси, а также формы стержня.

При изготовлении стержней в качестве катализатора используют амин, который имеет неприятный запах. Хотя катализатор у пескострельных машин для изготовления стержней чаще всего полностью отсасывается и подается в систему газоочистки амина, низкий порог запаха различных катализаторов в сочетании с неприятным чувством («запах рыбы») приводит все же к тому, что даже из уложенных для хранения стержней выделяется

запах в окружающую среду на участке производства стержней или на складе для их хранения. Поэтому необходимо обеспечить систему вытяжки из пескострельных машин для изготовления литейных стержней, при этом обязательно требуется очистка газов от амина.

#### Формовочная краска

При использовании спиртовой формовочной краски (изопропилаกอฮอล์) для изготовления стержней выделяется значительно больше вредных веществ, чем при использовании водяной формовочной краски. Поэтому, по возможности, целесообразно ускорить ее применение [18].

#### Дальнейшее развитие применения смол холодного отверждения (Cold-Box) «Friodur 050» и «Friodur 060» («Новые смолы холодного отверждения второго поколения»)

Чтобы удовлетворить «специальные» требования наших заказчиков и покрыть весь спектр применений смол холодного отверждения (Cold-Box), оказалось недостаточно достигнутых улучшений качества смол холодного отверждения «Friodur 050» и «Friodur 060».

Смолы «Friodur 050» и «Friodur 060» предназначены для литья чугуна и цветных металлов. Для литья стали и алюминия они пригодны относительно.

Обнаружено, что нечувствительность колебаний песка к показателю рН проявилась только у свободных кислот и щелочей (добавление регенерированного песка). У песка с «буферирующей способностью», так как он применяется в некоторых странах, результаты были неудовлетворительными.

По этой причине начиная с 2006 г. на основе уже разработанных смол была осуществлена дальнейшая разработка и выпуск других «специальных» смол («новые смолы для холодного отверждения второго поколения») (табл. 2, 3) [19, 20].

С целью предотвращения потери прочности и обеспечения гидростабильности разложение смолы «Friodur 070» настраивается не как обычно при помощи многоатомных спиртов (гликоль).

Таблица 1. Свойства аминов, применяемых в процессе холодного отверждения (Cold-Box)

Химический состав катализатора	Триэтиламин	Диметилизопропиламин	Диметилпропиламин	Диметилэтиламин
Химическая формула	$N-(CH_2CH_3)_3$	$(CH_3)_2CH-N-(CH_3)_2$	$(C_3H_7)-N-(CH_3)_2$	$C_2H_5-N-(CH_3)_2$
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,73	0,715	0,715	0,675
Порог запаха, мг/м <sup>3</sup>	0,4	0,04	0,04	0,004
Точка кипения, °С	89,0	65,0	66,0	35,0
Дозировка относительно содержания смолы, %	5,0 – 10,0	5,0 – 8,0	4,0 – 7,0	2,0 – 5,0

Таблица 2. Компоненты А без ароматических веществ для процесса холодного отверждения А («Смолы холодного отверждения второго поколения»)

Смола	Применение	Свойства
Friodur 055 А	Чугунное и стальное литье	Без ароматических углеводородов, высокая прочность и термостабильность
Friodur 070 А	Литье легких металлов	Без ароматических углеводородов, превосходное разрушение для алюминия

Таблица 3. Компоненты В холодного отверждения («Смолы холодного отверждения второго поколения»)

Смола	Применение	Свойства
Friodur 055 В	Чугунное и стальное литье, литье цветных металлов	Сниженное содержание ароматических углеводородов, для песка с «буферизирующей способностью» (высокая доля СаО и MgO)
Friodur 070 В	Литье легких металлов (алюминий)	Сниженное содержание ароматических углеводородов

Таблица 4. Компоненты А, очень незначительные выделения вредных веществ и запаха – полностью без ароматических растворителей («Смолы холодного отверждения третьего поколения»)

Смола	Применение	Свойства
Friodur 052 А	Чугунное литье и литье цветных металлов	Без ароматических углеводородов, стандартная смола аналогично Friodur 050 А, очень незначительные выбросы вредных веществ и запаха, доступная цена
Friodur 057 А	Чугунное и стальное литье	Без ароматических углеводородов, высокая прочность и термостабильность, аналогично Friodur 055 А, очень незначительные выбросы вредных веществ и запаха, доступная цена
Friodur 065 А	Чугунное литье и литье цветных металлов	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выбросов вредных веществ и запаха

Таблица 5. Компоненты В, очень незначительные выделения вредных веществ и запаха, доступная цена – полностью без ароматических растворителей («Смолы холодного отверждения третьего поколения»)

Смола	Применение	Свойства
Friodur 065 В	Литье цветных металлов, чугунное и стальное литье	Без ароматических углеводородов, снижение выбросов вредных веществ и запаха
Friodur 067 В	Литье цветных металлов, чугунное и стальное литье	Без ароматических углеводородов для кислого и нейтрального песка, снижение выбросов вредных веществ и запаха

Таблица 6. Смолы холодного отверждения (Cold-Box) с очень сниженными выбросами вредных веществ и запаха – полностью без ароматических растворителей

Компонент А	Компонент В	Примечание
Friodur 052 А, 057 А, 065 А	Friodur 065 В	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выбросов вредных веществ и запаха
Friodur 052 А, 057 А, 065 А	Friodur 067 В	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выбросов вредных веществ и запаха, для кислого и нейтрального песка

**Процессы холодного отверждения (Cold-Box) с незначительными выбросами вредных веществ и запаха – абсолютно не содержащие ароматических растворителей («Новые смолы холодного отверждения третьего поколения»)**

В последние годы наши заказчики все чаще высказывали пожелание разработать подходящую по цене смолу для процесса холодного отверждения (Cold-Box) со сниженными выбросами вредных веществ и запаха, которая бы не содержала в своем составе ароматических растворителей.

В связи с этим перед разработчиками были поставлены следующие задачи:

1) применение «относительно недорогих» растворителей, не содержащих ароматических веществ, с незначительными выделениями вредных веществ и запаха, применяемых в компонентах А и В;

2) препятствование реакции изоцианата с применяемыми растворителями и благодаря этому обеспечение стойкости изготовленного компонента В.

Новые смолы холодного отверждения третьего поколения приведены в табл. 4, 5.

Смолы «Friodur 065 В» и «Friodur 067 В» можно использовать с каждым компонентом А, не содержащим ароматических углеводородов (табл. 5).

Высокого снижения мономеров, БТК и запаха можно достичь при помощи систем, у которых как компонент А, так и компонент В без ароматических углеводородов содержат растворители с чрезвычайно сниженными выбросами вредных веществ и запаха (табл. 6).

В табл. 7 приведены смолы холодного отверждения (Cold-Box) без ароматических углеводородов, со сниженными выбросами вредных веществ и запаха, с собственным запахом.

Таблица 7. Смолы холодного отверждения (Cold-Box) со сниженными выбросами вредных веществ и запаха, с собственным запахом – полностью без ароматических растворителей

Компонент А	Компонент В	Примечание
Friodur 050 А, 055 А, 070 А, 072 А	Friodur 065 В	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выбросов вредных веществ и запаха, собственный запах
Friodur 050 А, 055 А, 070 А, 072 А	Friodur 067 В	Без ароматических углеводородов, снижение выбросов вредных веществ и запаха, собственный запах, для кислого и нейтрального песка

Таблица 8. Запах, выбросы БТК и количество конденсата у различных смол холодного отверждения

Смола холодного отверждения	Состав	Запах (DIN EN 13725), г×эquiv./м³]	БТК (DIN EN 14622-2), мг/м³	Конденсат – газ CO, мг/100 г
Обычная 1	Компоненты А и В, содержащие ароматические растворители	45,000	42,55	625
Обычная 2	Компонент А без ароматических растворителей. Компонент В с ароматическим растворителем	32,500	39,50	520
Friodur 050	Компонент А без ароматических растворителей. Компонент В с ароматическим растворителем	25,000	28,94	492
Friodur 060	Компоненты А и В без ароматических растворителей	24,000	18,40	470
Friodur 065	Компоненты А и В без ароматических растворителей	19,000	18,00	470

Применение смол «Friodur 070 А» и «Friodur 072 А» с компонентом В «Friodur 065 В» и «Friodur 067 В» рекомендуется при температуре металла при разливке свыше 700 °С или термической выбивке стержней алюминиевой отливки.

### Выделения вредных веществ и запаха у новых смол холодного отверждения третьего поколения

В табл. 8 приведено сравнение измеренных показателей (средних значений) запаха, выделений БТК и количества конденсата у различных систем.

Показатели запаха, БТК, конденсата у различных смол приведены соответственно на рис. 1–3.

### Прочность новых смол холодного отверждения третьего поколения

В табл. 9, 10 и на рис. 4, 5 приведены показатели прочности на изгиб смол холодного отверждения с чрезвычайно сниженными выбросами вред-

ных веществ и запаха третьего поколения с «нейтральным» и «кислым» песком.

### Предлагаемые смолы холодного отверждения (Cold-Box) фирмы «Furtenbach»

Фирма «Furtenbach GmbH» предлагает сегодня целый ряд смол холодного отверждения (Cold-Box)

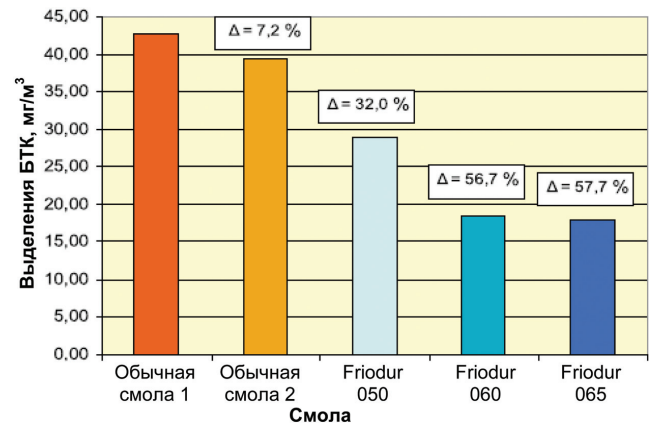


Рис. 2. Выделение БТК различными смолами холодного отверждения

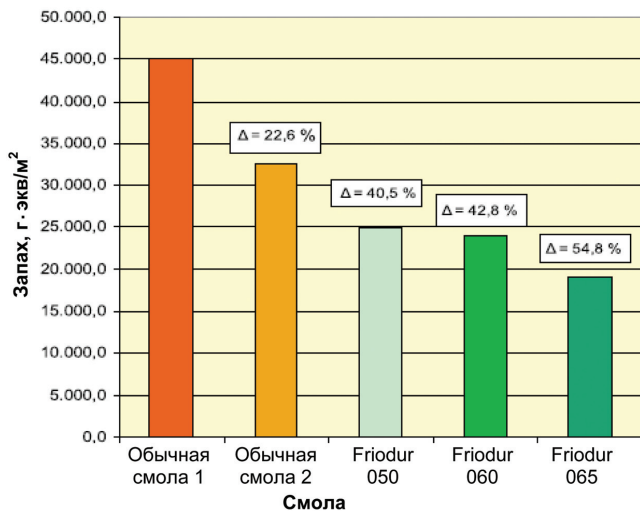


Рис. 1. Выделение запаха различными смолами холодного отверждения

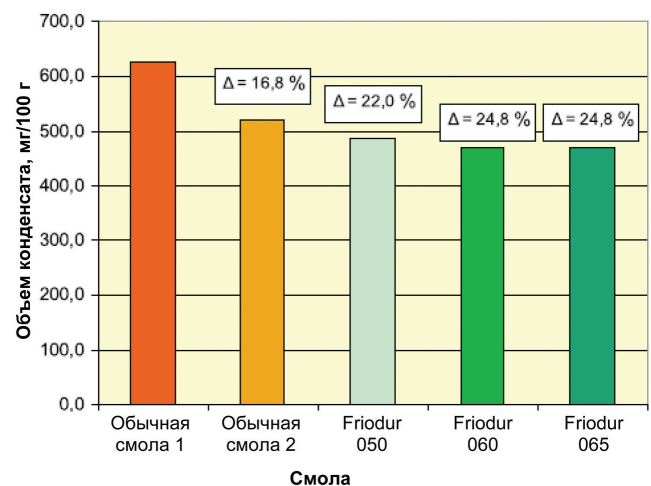


Рис. 3. Количество конденсата у различных смол холодного отверждения

Таблица 9. Показатели прочности на изгиб смол холодного отверждения с чрезвычайно сниженными выбросами вредных веществ и запаха третьего поколения с «нейтральным» песком

Песок		Кварцевый песок Н 32					
Компонент А		Friodur 052 А	Friodur 057 А	Friodur 065 А	Friodur 052 А	Friodur 057 А	Friodur 065 А
Объем, %		0,6					
Компонент В		Friodur 065 В			Friodur 067 В		
Объем, %		0,6					
Прочность на изгиб, Н/см <sup>2</sup>							
Выдержка времени 0 ч	немедленно	210	230	240	250	270	270
	10 мин	380	390	400	430	440	440
	24 ч	470	490	480	510	510	520
Выдержка времени 1 ч	немедленно	200	230	210	220	240	230
	10 мин	290	290	300	380	400	350
	24 ч	400	400	400	430	430	430

Таблица 10. Показатели прочности на изгиб смол холодного отверждения с чрезвычайно сниженными выбросами вредных веществ и запаха третьего поколения с «кислым» песком

Песок		Кислый кварцевый песок с показателем pH 5,8					
Компонент А		Friodur 052 А	Friodur 057 А	Friodur 065 А	Friodur 052 А	Friodur 057 А	Friodur 065 А
Объем, %		0,6					
Компонент В		Friodur 065 В			Friodur 067 В		
Объем, %		0,6					
Прочность на изгиб, Н/см <sup>2</sup>							
Выдержка времени 0 ч	немедленно	210	230	240	250	270	270
	10 мин	380	390	400	430	440	440
	24 ч	470	490	480	510	510	520
Выдержка времени 1 ч	немедленно	200	230	210	220	240	230
	10 мин	290	290	300	380	400	350
	24 ч	400	400	400	430	430	430

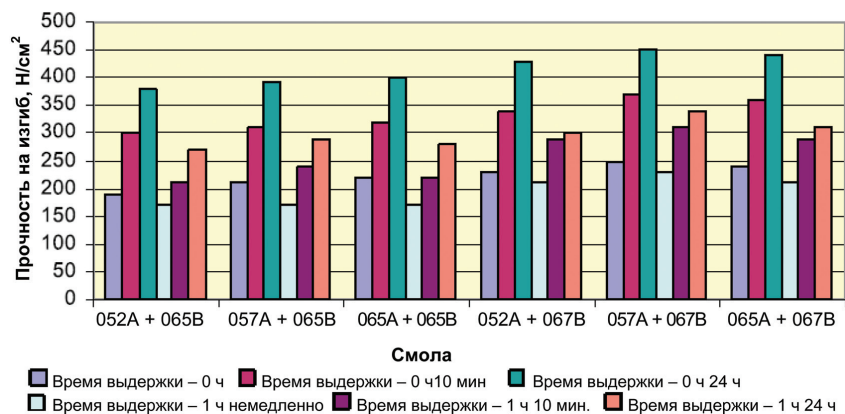


Рис. 4. Показатели прочности на изгиб смол для процессов холодного отверждения с чрезвычайно сниженным выбросом вредных веществ и запаха с «нейтральным» песком

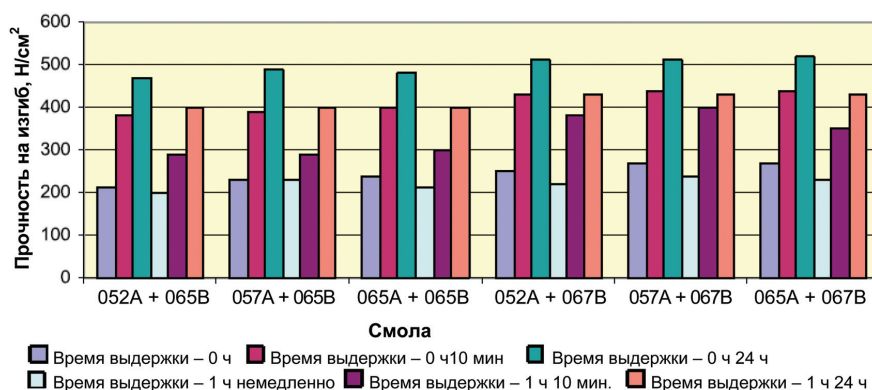


Рис. 5. Показатели прочности на изгиб смол для процессов холодного отверждения с чрезвычайно сниженным выбросом вредных веществ и запаха с «кислым» песком

Таблица 11. Компонент холодного отверждения А (фенолорезол) фирмы «Furtenbach»

Компонент	Применение	Свойства
Friodur 050 A	Чугун и цветные металлы	Без ароматических углеводородов, стандартная смола
Friodur 052 A	Чугун и цветные металлы	Без ароматических углеводородов, стандартная смола (соответствует примерно «Friodur 050 A»), чрезвычайное снижение выделений вредных веществ и запаха, доступная цена
Friodur 055 A	Чугун и сталь	Без ароматических углеводородов, высокая прочность и термостойкость
Friodur 057 A	Чугун и сталь	Без ароматических углеводородов, высокая прочность и термостойкость (соответствует примерно «Friodur 055 A»), чрезвычайное снижение выделений вредных веществ и запаха, доступная цена
Friodur 060 A	Чугун и цветные металлы	Без ароматических углеводородов, высокая прочность и термостойкость, очень гладкая поверхность стержня, собственный запах, дорого
Friodur 065 A	Чугун, цветные металлы и сталь	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выделений вредных веществ и запаха
Friodur 070 A	Легкий металл	Без ароматических углеводородов, превосходное разложение для алюминия
Friodur 072 A	Легкий металл	Без ароматических углеводородов, превосходное разложение для алюминия

Таблица 12. Компонент холодного отверждения В (полиизоцианат) фирмы «Furtenbach»

Компонент В	Применение	Свойства
Friodur 050 B	Цветные металлы, чугун и сталь	Уменьшенное содержание ароматических веществ
Friodur 055 B	Цветные металлы, чугун и сталь	Уменьшенное содержание ароматических веществ, для песка с «буферизирующей способностью» (высокая доля CaO- и MgO)
Friodur 060 B	Цветные металлы, чугун и сталь	Без ароматических углеводородов, собственный запах, дорого
Friodur 065 B	Легкие и цветные металлы, чугун и сталь	Без ароматических углеводородов, большое снижение выделений вредных веществ и запаха
Friodur 067 B	Легкие и цветные металлы, чугун и сталь	Без ароматических углеводородов для кислого и нейтрального песка, большое снижение выделений вредных веществ и запаха
Friodur 070 B	Литье легких металлов	Уменьшенное содержание ароматических веществ

Таблица 13. Возможности применения компонентов А и В

Friodur А (фенолорезол)	Friodur В (полиизоцианат)	Свойства
050 А, 055 А	050 В	Снижение ароматических веществ (компонент В)
050 А, 052 А, 055 А, 057 А	055 В	Снижение ароматических веществ (компонент В), для песка с высокой долей CaO и MgO
050 А, 055 А, 060 А	060 В	Без ароматических углеводородов, снижение выделений вредных веществ, собственный запах, дорого
052 А, 057 А, 065 А	065 В	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выделений вредных веществ и запаха
052 А, 057 А, 065 А	067 В	Без ароматических углеводородов, чрезвычайное снижение выделений вредных веществ и запаха, для кислого и нейтрального песка
050 А, 055 А, 060 А, 070 А, 072 А	065 В	Без ароматических углеводородов, снижение выделений вредных веществ и запаха, собственный запах

(компоненты А и В), который охватывает почти весь спектр применений процессов холодного отверждения стержней. Обзор компонентов холодного отверждения А и В приведен в табл. 11, 12.

Выделение мономеров у всех компонентов А составляет: фенол < 2,8%, формальдегид < 0,8%.

Возможности применения компонентов А и В приведены в табл. 13.

Характерным для всех смол является снижение на 30–40% расхода амина.

Содержание мономеров составляет: свободный фенол < 2,8% и свободный формальдегид < 0,8%.

### Литература

1. Эдер Г., Псименос А. К., Сипос М. Процессы холодного отверждения – Куда идешь // Докл. на 4-м заседании дней формовочных материалов и международной конференции «СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ». Милова, Чехия, 2006.
2. Сипос М., Псименос А., Эдер Г. Новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) «Friodur 050» и «Friodur 060» фирмы «Furtenbach», Факты и цифры // Литейное дело. 2006. № 1/2. С. 2–9.
3. Сипос М., Псименос А., Эдер Г. Смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box). Требования рынка и актуальные разработки // Литейное дело. 2006. № 3. С. 14–27.
4. Псименос А. К., Сипос М., Эдер Г. Новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) с низким выделением вредных веществ, с высокой устойчивостью по отношению к формовочной краске // Литейное дело. 2006. № 6. С. 72–79.



5. Псименос А. К., Сипос М. М., Эдер Г. Новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) без выделения вредных веществ фирмы «Furtenbach». Обзор отличительных особенностей // Литейный журнал польской ассоциации литейщиков. 2006. № 7–8.
6. Бюллетень Союза немецких литейщиков. Проверка крепителей. 1996. № 2. Р 73.
7. Шрод М. Новые методы синтеза и анализа фенольноформальдегидных смол: Дис. техн. ун-та. Дармштадт, 2002.
8. Кэрротт М., Дэвидсон Г. Отделение и характеристика фенольноформальдегидных (резол) форполимеров с применением наполненной колонки при газожидкостной хроматографии с помощью спектрометрического определения массы // Обзоратель. 1999. № 124. Р. 993–997.
9. Бюллетень Союза немецких литейщиков. Метод формовки с применением фенольной смолы холодного отверждения. 1998. № 1. R 303.
10. Брадке Х. Й., Ханзонис-Жоле Х. Промышленный Союз литейной химии, зарегистрированный Союз. Исследования важной для экологии оценки формовочных материалов для изготовления форм и стержней на литейных производствах. Кёльн, 1980. Ч. III.
11. Флемминг Е., Тильх В. Формовочные материалы и способы формовки. Лейпциг. Немецкое изд-во промышленности по производству ароматических основ. 1993.
12. Энциклопедия технической химии Ульмана. Изд. перераб. и расш. 1979. Т. 18.
13. Гардциелла А., Хауб Х.-Г. Фенолоальдегидная смола («Phenolic Resins») // Руководство по искусственным материалам. 10 объемных термореактивных пластмасс. Изд-во «Ханзер», 1988.
14. Кноп А., Пилато Л. А. Фенолоальдегидная смола. Изд-во «Шпрингер», 1985.
15. Герлингер Г., Гоффманн М., Гусеманн Е. и др. Методы органической химии. Ч. 2. Макромолекулярные вещества. Изд-во «Георг Тиеме», 1963.
16. Гардциелла А. Термореактивные смолы, масса форм и материалы. Изд-во «Эксперт», 1999.
17. Шайбер Й. Химия и технология искусственных смол. Науч. изд. общ. с ограниченной ответственностью, 1961.
18. Псименос А. К., Вендль С., Эдер Г. Развитие формовочных красок // // Литейное дело. 2005. № 4. С. 177–189.
19. Псименос А. К., Сипос М., Эдер Г. Две новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) для стального и алюминиевого литья: «Friodur 055» и «Friodur 070» // Литейное дело. 2008. № 1/2. С. 2–6.
20. Псименос А. К., Сипос М., Эдер Г. Новые смолы холодного отверждения (PUR-Cold-Box) // Литейное дело. 2008. № 7. С. 62–67.