

- Печи электрические и газовые: термические, для плавки цветных металлов и сплавов, лабораторные, сушильные камеры.
- Машины литья под давлением с холодной и горячей камерой прессования.
- Системы вакуумирования пресс-форм литья под давлением.
- Комплекты модернизации электропечей сопротивления. Системы управления электропечами сопротивления: плавильными и термическими.
- Сплавы для нагревательных элементов (сплавы сопротивления) для электропечей сопротивления, промышленных и бытовых нагревателей.

Будем искренне рады встрече с Вами !

О ПУТЯХ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК В СЫРЫХ ФОРМАХ

*Белобров Е. А., Белобров К. Е., Белобров Л. Е., Карпенкова О.Л. (КНПП "Формовочные материалы Украины")
Новак С. В. (ЧП"ПФ "КАНТРИ")*

Отливки в сырых формах изготавливают с древнейших времен. Абсолютная доля цветного, чугунного и стального литья как в СНГ, так и за рубежом изготавливается по-сырому.

Известен американский опыт производства крупных и даже уникальных стальных отливок в сырых формах. Достаточно сказать, что масса жидкой стали, заливаемой в одну сырую форму, составляет 3-38 т, а толщины стенок отливок достигают $\approx 50-635$ мм.

В СНГ область применения формовки по-сырому ограничивается массой отливки до 350 кг, реже до 500-1000 кг.

Развитие существующих и создание новых технологических процессов (прессование, прессование с предварительным встряхиванием, прессование в сочетании с вибрацией, прессование в сочетании с предварительным импульсным уплотнением воздухом или газом низкого или среднего давления, импульсная формовка) требуют нового подхода к составам, физико-механическим и технологическим характеристикам формовочных смесей. Если раньше смеси для формовки по-сырому контролировали в основном по трем характеристикам (прочность, влажность, газопроницаемость), то в последние годы диапазон контролируемых параметров значительно расширился и достигает десяти. Это обстоятельство нашло отражение и в стандартизации методов контроля.

Эти дополнительные требования к формовочным смесям и технологические параметры, характеризующие новые свойства, касаются главным образом технологии производства отливки с использованием сырой формы. В целом эта технология производства литья свойственна массовому производству (сельскохозяйственное, автомобильные, тракторное, электротехническое машиностроение и др.).

Однако в последние годы технология изготовления отливок в сырой форме стала распространяться и в мелкосерийном производстве.

В составах смеси используют прежде всего высококачественные активированные бентониты и микродобавки холоднанабухающего крахмала в сочетании с регулярным освежением смесей.

Товарными разновидностями холоднанабухающего крахмала являются крахмалит и экструзионный крахмалореагент (ЭКР). Эти два материала полностью идентичны. Поэтому далее будем оперировать лишь термином ЭКР.

Назначение добавок ЭКР таково:

- ◆ уменьшение зависимости прочности смеси от изменения ее влажности, повышение прочности в зоне конденсации в 1,5-2 раза по сравнению со смесями без ЭКР;
- ◆ улучшение формруемости смеси, благодаря чему отпечаток модели получается более четким, гладким, повышается размерная точность форм и отливок;
- ◆ устранение характерной хрупкости форм при протяжке, подрывов болванов. Указанный недостаток возникает при сочетании низкой влажности формовочной смеси и ее высокой прочности;
- ◆ увеличение прочности смеси во влажном состоянии за счет более плотной упаковки компонентов формовочной смеси, прежде всего, песка.

Существенными факторами улучшения качества формовочной смеси являются разнообразные понизители вязкости типа полифенольного лесохимического ПФЛХ, углекислотного реагента УЦР и др. Однако для большинства предприятий Украины они экономически недоступны.

Холоднанабухающий крахмал в виде крахмалита начали использовать заводы массового производства отливок еще в 70-е годы прошлого века. Однако в Украине в те годы этот материал не прижился. И поскольку производство крахмалита было лишь на одном заводе в РСФСР (Подмосковье), в Украине этот материал в литейном производстве не применялся вплоть до конца XX века.

4-5 лет тому назад в Украине было начато производство холоднанабухающего крахмала под названием экструзионный крахмалореагент (ЭКР).

В настоящее время в Украине имеются три производителя ЭКР: ООО «Альтера» (г. Черкассы), ЧП «Ваксан» (г. Умань Черкасской обл.), ООО «Органика» (г. Чертков Тернопольской обл.).

С целью определения приемлемости ЭКР как аналога российского крахмалита в качестве технологической добавки к формовочным смесям для изготовления литья в сырых формах предприятием «Формовочные материалы Украины» были выполнены лабораторные испытания проб ЭКР ТУ У 15.6 31333288.001-2004. Результаты испытаний приведены ниже.

Таблица 1. Составы подвергшихся испытаниям формовочных смесей

№ п/п	Наименование исходных материалов формовочных смесей	Содержание материалов в формовочных смесях, масс.ч.			
		1	2	3	4
1.	Исходная формовочная смесь	100	-	-	-
2.	Отработанная формовочная смесь	-	90	100	90
3.	Кварцевый песок (вольногородский)	-	10	-	10
4.	Порошковый активированный бентонит	-	2	2	2
5.	ЭКР-1	-	0,2	-	-
6.	ЭКР-2	-	-	0,2	0,2
7.	Вода- до влажности	3,5	3,5	3,5	3,5

Таблица 2. Физико-механические свойства формовочных смесей сразу после их приготовления

№ п/п	Наименование физико-механических свойств формовочных смесей	Значения физико-механических показателей для формовочных смесей по табл. 1			
		1	2	3	4
1.	Влажность	3,5	3,7	3,6	3,6
2.	Прочность при сжатии в сыром состоянии, кгс/см ²	0,68	1,1	0,9	1,1
3.	Текучесть по Орлову, %	47	86	79	80
4.	Газопроницаемость, ед.	102	119	102	102

Важнейшей технологической характеристикой формовочной смеси, через которую проявляется положительный эффект ЭКР, является твердость уплотненной формы, измеряемая специальным прибором твердомером.

Текучесть по Орлову (см. рис. 1), представляет собой выраженное в процентах отношение твердости в точке Т₁ уплотненной смеси в нижней части цилиндрического образца (в месте контакта смеси с поддоном) на расстоянии 50 мм от уплотнявшей пяты лабораторного копра.

В связи с большим удалением точки Т₁ от уплотняющей пяты лабораторного копра, чем точки Т₂, уплотнение в точке Т₁ будет более затрудненным чем в точке Т₂ по причине внутреннего трения в смеси, возникающего при приложении уплотняющего усилия. При снижении внутреннего трения разница в твердости формы в точках Т₁ и Т₂ будет снижаться. В идеальном случае твердость в точке Т₁ должна сравняться с твердостью в точке Т₂.

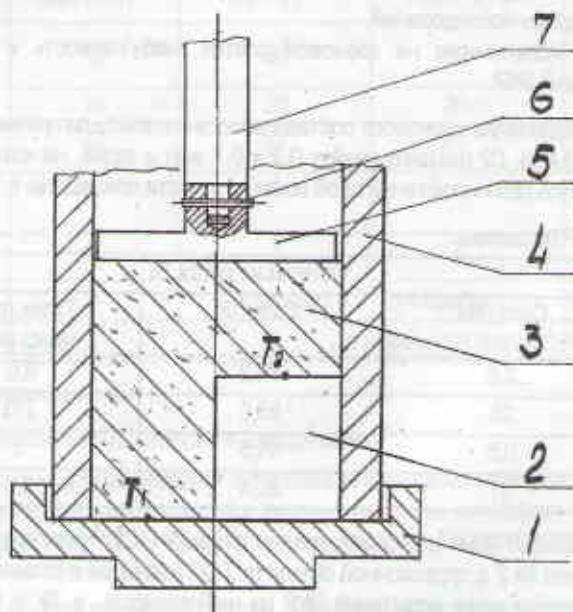


Рис. 1: Схема определения твердости уплотненной формовочной смеси

1 – поддон, 2 – вкладыш, 3 – образец формовочной смеси, 4 – гильза, 5 – пята копра, 6 – штифт, 7 – шток копра

Один из положительных эффектов ЭКР заключается именно в снижении внутреннего трения благодаря иммобилизации (поглощению) влаги экструзионным крахмалореагентом. В результате между песчинками образуется желеобразная высокотекучая масса, состоящая из воды, набухшего при поглощении воды ЭКР и гидратированного бентонита. Эта масса облегчает перемещение песчинок друг относительно друга. Макрорезультатом этого явления является повышение твердости и прочности формовочной смеси за счет ее лучшего уплотнения.

Как видно из табл.2, добавление ЭКР к формовочной смеси повышает ее текучесть в сравнении с рядовой формовочной смесью от 32% до 39% единиц и прочность в сыром состоянии на 0,22-0,42 кгс/см² при снижении общей влажности в среднем на 2%.

При экспертной оценке качества формовочной смеси с ЭКР, кроме улучшения текучести, выявлено следующее:

- ◆ повышается прочность смеси в сыром состоянии;
- ◆ устраняется комковатость смеси, ЭКР делает ее пушистой, взрыхленной, рассыпчатой, хорошо формуемой и уплотняемой. В совокупности эти свойства смеси объединяются понятием формуемость. Она определяется соответствующим стандартом;
- ◆ уменьшается шероховатость отливок;
- ◆ повышается размерная точность отливок;
- ◆ уменьшается зависимость свойств смеси от влажности благодаря иммобилизованному состоянию влаги, испарение которой под действием тепла существенно замедляется. В связи с этим замедляется образование зоны конденсации в поверхностном слое формы, способствующей образованию ужимин, засоров, песочных и газовых раковин.

Таким образом, в результате лабораторных испытаний выявлено положительное влияние ЭКР на качество формовочной смеси.

Из многочисленных исследований сложилось определенная зависимость между набухаемостью, с одной стороны, и текучестью и влажной прочностью, с другой стороны. Однако какая-то хотя бы и приближенная зависимость между крупностью помола и набухаемостью не прослеживается. Это видно из нижеприведенных данных.

Проба №1: проход через сито 02-3,2 %, набухаемость – 6,7;

Проба №2: проход через сито 02-4 %, набухаемость – 7,4;

Проба №3: проход через сито 02-5,2 %, набухаемость – 8,6;

Проба №4: проход через сито 02-32 %, набухаемость – 7,4;

Проба №5: проход через сито 02-40 %, набухаемость – 10;

Проба №6: проход через сито 02-46 %, набухаемость – 10.

Отсутствие существенного влияния крупности помола ЭКР на технологические свойства формовочной смеси, его содержащей, подтверждается также российским опытом применения этого материала. Так, в технических условиях на крахмалит ТУ 18 РСФСР 462-77, аналогом которого является украинский ЭКР, крупность помола определяется остатком на сите 05 (0,5 мм) в количестве до 15 %.

Кроме вышеуказанных проб, подробно изучен также ряд проб ЭКР производства фирмы ООО «Альтера». Ниже приведены результаты этих лабораторных исследований.

Пробы были подвергнуты испытаниям на зерновой состав, набухаемость и технологические характеристики песчано-глинистой смеси, содержащей ЭКР.

Зерновой состав. Для определения зернового состава использовались латунные сита марок 1 (размер ячейки 1x1 мм), 063 (размер ячейки 0,63 x 0,63 мм), 02 (размер ячейку 0,2 x 0,2 мм) и тазик, на котором собирается та часть навески, которая проходит через все сита. Результаты испытаний проб по их крупности приведены в табл. 3.

Таблица 3. Распределение проб ЭКР по ситам

Номер пробы	Остатки на ситах, %				
	Сито 1	Сито 063	Сито 02	Тазик (проход через сито 02)	Итого
1	0	3,8	90,2	6,0	100
2	0	25	68,0	7,0	100
3	0	0,5	94,5	5	100
4	0	0,1	90,4	9,5	100

Согласно ТУ У 15.6 31333288.001-2004 на производимый фирмой ООО «Альтера» ЭКР его зерновой состав должен характеризоваться проходом через сито № 2 с проволочной сеткой по ГОСТ 6613-86 в количестве не менее 90%.

Как будет видно из приведенных ниже испытаний ЭКР на набухаемость, в ТУ У 15.6 31333288.001-2004, по нашему мнению, очень сильно завышены требования к крупности помола, это подтверждается уже упоминавшимися техническими условиями РСФСР на крахмалит, по которым в бывшем СССР впервые было начато производство холоднанабухающего крахмала под товарным названием «крахмалит».

Набухаемость. Результаты испытаний проб на набухаемость представлены в табл. 4.

Таблица 4. Набухаемость проб ЭКР

Номера проб	Набухаемость. %		
	Пробы в чистом виде	Остатков проб на ситах	
		02	063
1	8,2	7,6	6,6
2	9,2	8,6	8,4
3	9,4	9,4	Испытания не производились за малостью остатка (0,5г на 100 г навески)
4	10,4	8,6	Испытания не проводились за малостью остатка (0,1 г на 100 г навески)

Анализ результатов табл. 4 позволяет констатировать следующее:

По пробе 1. Остаток на сите 063 минимальный. Основная масса зерен ЭКР задержалась на сите 02 (90,2%), а проход через это сито составил лишь 6% против 99, как требуется по техническим условиям фирмы ООО «Альтера». При отсеивании мелких фракций набухаемость снижается (7,6 на сите 02 и 6,6 на сите 063).

По пробе 2. Наблюдается та же тенденция.

По пробе 3. Результаты не поддаются убедительному толкованию. Причина, скорее всего, заключается в том, что между ситом 063 и 02 имеются еще сита 04 и 0315, остатки на которых в разных пробах могут существенно колебаться, то увеличиваясь, то уменьшаясь.

По пробе 4. Самое высокое значение набухаемости пробы в чистом виде обусловлено наибольшим содержанием мелкой фракции (проход через сито 2 - 9,5% по сравнению с 6,6 для пробы № 1).

Различие в зерновом составе ЭКР различных проб имеет значение лишь для начала применения ЭКР, когда он в составе формовочной смеси еще отсутствует. Впоследствии, с насыщением смеси крахмалистым веществом, это различие теряет свое значение и влияние, так как более крупные частицы крахмалистого вещества набухают за счет влаги формовочной смеси и растираются до более мелкого состояния благодаря перебивкам на выбивной решетке, ленточных транспортерах и в смесеприготовительных агрегатах.

Для практического применения ЭКР можно ориентироваться на любую из проб №№ 2, 3 и 4.

Технологическая характеристика формовочных смесей, содержащих ЭКР. Испытания проводились на песчано-глинистых смесях, составы которых приведены в табл. 5.

Таблица 5. Составы песчано-глинистых смесей, на которых испытывались пробы ЭКР

Наименование компонентов	Содержание компонентов, мас.ч.				
	проба-свидетель (без ЭКР)	№1 (проба ЭКР1)	№2 (проба ЭКР 2)	№3 (проба ЭКР3)	№4 (проба ЭКР 4)
Отработанная смесь Моспинского ремзавода	50	50	50	50	50
Часовоярский тощий песок	20	20	20	20	20
Гусаровский кварцевый песок	27	27	27	27	27
Активированный порошковый бентонит	3	3	3	3	3
Связующее ЛСТЖ	2	2	2	2	2
ЭКР	-	0,4 пробы 1	0,4 пробы 2	0,4 пробы 3	0,4 пробы 4
Вода	До влажности смеси 3,2-3,6%				

Результаты испытаний приведены в табл. 6.

Анализ данных табл. 6 позволяет констатировать следующее:

- газопроницаемость несколько увеличивается в порядке возрастания номеров проб, хотя смесь уплотняется более интенсивно, и в первом приближении эта характеристика должна была бы снижаться. По-видимому, здесь положительно сказывается эффект иммобилизации (поглощения) влаги крахмалистым веществом, ее сосредоточения в крахмалистом веществе и минимального присутствия на песчинках;

- прочность на сжатие во влажном состоянии в пределах номеров проб практически не изменилась, так как продолжительность выдержки приготовленной смеси составила лишь 1 час, что соответствует ее реальным выдержкам в производственных условиях. Положительное влияние ЭКР на прочность может усилиться лишь через несколько часов;

- песчано-глинистая смесь наиболее чувствительно реагирует на крахмалистое вещество неуклонным рос -

том своих важнейших характеристик - текучести, формуемости и уплотняемости, и прочности. Все эти характеристики физически взаимосвязаны через агрегатирование крахмалистым веществом воды, бентонита, продуктов термодеструкции связующих, углеродисто-графитистых веществ и пылевидной фракции шамотизированной (т.е. частично или полностью обожженной) глины.

Таблица 6. Физико-механические характеристики песчано-глинистых смесей в зависимости от содержания ЭКР в их составе

Наименование характеристик	Значение характеристик для различных смесей (обозначено — по табл.3)				
	Проба-свидетель	№1	№2	№3	№4
Влажность, %	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Газопроницаемость, ед.	95	99	102	105	108
Прочность на сжатие во влажном состоянии, кг/см ²	0,85	1	1	1	1
Текучесть, %	60	68	70	72	74
Формуемость, %	55	58	62	70	74
Уплотняемость, %	44	47	50	50	51

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующее заключение по результатам испытания четырех проб ЭКР фирмы ООО «Альтера»:

- зерновой состав ЭКР определенным образом влияет на его набухаемость: чем мельче ЭКР, тем выше его набухаемость. Но это влияние не настолько велико, чтобы служить браковочным признаком для ЭКР при его производстве и приемке. При установившейся технологии для практического применения пригоден ЭКР проб №№ 2, 3 и 4. И лишь в начальный период применения ЭКР должен быть по возможности мельче;

- представленные фирмой ООО «Альтера» четыре пробы ЭКР характеризуются набухаемостью от 8,2 до 10.4%, три из которых (№№ 2,3 и 4) пригодны для практического применения в начальный период использования ЭКР, когда он в составе формовочной смеси отсутствует. Если формовочная смесь будет единой (одновременно и облицовочной и наполнительной), то после насыщения ее крахмалистым веществом возможно использование также ЭКР пробы 1;

- в результате технологических испытаний проб ЭКР №№ 1,2,3 и 4 в составах песчано-глинистых формовочных смесей подтверждено положительное влияние ЭКР на важнейшие технологические характеристики формовочных смесей - текучесть, формуемость, уплотняемость и прочность.

Практика применения ЭКР в литейном производстве заключается в следующем.

1. Общее содержание крахмалита в формовочной смеси должно быть 0,5 % от массы смеси. Угар крахмалита за один цикл составляет около 20 % от его общего содержания в песчано-глинистой смеси (далее ПГС). Поэтому, когда содержание крахмалита в составе смеси стабилизировалось на уровне 0,5 %, добавление крахмалита в каждый замес ПГС для компенсации угара должно в среднем составлять 0,1 %.

Экструзионный крахмалореагент – тонкодисперсный порошок. Он вводится в состав смеси вместе с другими сыпучими материалами (песок, глина).

2. Расход ЭКР на 1 т литья зависит от того, как используется содержащая его смесь. Если она – облицовочная, то расход этой смеси на 1 т литья приблизительно составляет 1 т. Соответственно расход ЭКР на 1 т литья составляет 5 кг. Если смесь с ЭКР единая, то ее расход в массовом производстве может достигать 6-8 т на 1 т литья с соответствующим ростом расхода ЭКР на 1 т литья до 30-40 кг. Расход ЭКР 0,5 % от массы смеси относится лишь к периоду ее насыщения крахмалистым веществом. При установившейся технологии расход ЭКР может быть на уровне 0,10 % от массы смеси. Это как раз то количество ЭКР, которое должно компенсировать его угар.

Простейшие сравнения затрат на ЭКР и убытков от брака литья подтверждает экономическую эффективность его применения.

3. Для эффективного применения крахмалита в составах ПГС надо выполнять следующее:

3.1. Проверить путем отмучивания существующую отработанную смесь на содержание в ней глинистой фракции. Содержание глинистой фракции в ПГС должно быть не более 11%, газопроницаемость - не ниже 100 ед., влажность – 3,2-3,6% очень редко - 4%.

3.2. Если содержание глинистой фракции в ПГС более 11%, надо выполнить следующее:

3.2.1. Оценить общий объем находящейся в обороте смеси.

3.2.2. Вывезти в отвал 30-40% отработанной смеси и заменить ее часовоярским тощим песком или кварцевым песком в сочетании с 6-7% активированного бентонита (сверх 100% песка). Эту замену производить путем увеличения до 30% расхода освежающего кварцевого песка в каждом замесе ПГС и соответствующего количества бентонита. Желательно регр –

лярно вводить в ПГС 1% лигносульфоната технического жидкого. Эту операцию производить до тех пор, пока содержание глинистой фракции не снизится до 11%.

3.2.3. После выполнения рекомендации по п.п. 3.2.1. и 3.2.2. приступить к вводу ЭКР в ПГС.

4. В ПГС для поддержания влажной прочности вводить не глину, а порошковый активированный бентонит. Это позволит в целом снизить содержание пылевидной фракции, так как для достижения одной и той же влажной прочности расход бентонита примерно на 30-40 % меньше, чем обычной формовочной глины.

5. После стабилизации состава ПГС регулярно освежать ее, добавляя 15 % кварцевого песка, 2 % бентонита и 1 % лигносульфата технического жидкого. В результате состав ПГС будет следующим, масс. ч.: отработанная смесь – 83; кварцевый песок – 15; активированный бентонит – 2; крахмалит – 0,1 %, лигносульфат технический жидкий – 1. При этом физико-механические свойства ПГС будут такими: прочность на сжатие во влажном состоянии – до 1 кгс/см²; газопроницаемость – не менее 100 ед.; влажность – 3,2-3,6 %; текучесть – не менее 75 %. Очень важно не допускать более высокой влажности ПГС, так как это может привести к образованию вышеупомянутых дефектов. Более высокая влажность снижает эффективность применения крахмалита.

6. Формы из такой смеси можно при помощи пульверизатора окрашивать быстросохнущими красками, подсушивать их на воздухе в течение 1 часа или газовым пламенем 2-3 мин., собирать и заливать. Применение быстросохнущей краски при понижении газопроницаемости неэффективно, так как движение образующихся в подкрасочном слое газов будет направлено не внутрь формы, а наружу, т.е. в полость формы, с отрывом окрашенных частей формы и образованием дефектов в отливках.

ЭКР в разное время использовали или используют в настоящее время следующие заводы Украины: ОАО «Киевпродмаш», ООО «Сталь XXI» (г. Киев), ОАО «Каменский машиностроительный завод», ОАО «Харьковский тракторный завод», ОАО «Полтавамаш», ОАО «Театральное оборудование» (г. Умань), ОАО «Нововольнский литейный завод», ОАО «Марганецкий рудотермический завод», ДП ОАО «Первомайскдизель» «Литейный завод» (г. Первомайск Николаевской обл.), ОАО «Мелитопольский компрессор», ОАО «Мелитопольский литейный завод», ООО «Стрелочный завод» (г. Керчь), Концерн «Азовмаш», фирма АВ «Сервис» (г. Запорожье), ЗАО «Луганский литейно-механический завод», ДП «Автокраз» (г. Кременчуг), фирма «Вира-Сервис» (г. Александрия), ОАО «Центролит» (г. Сумы), ОАО «Дионис» (г. Запорожье), ОАО «Приднепровский РМЗ», ГП «Попаснянский вагоноремонтный завод» (г. Попасная Луганской обл.), ОАО «Алчевский металлургический комбинат», ООО «Южэнергомаш» (г. Новая Каховка), ООО «Одесский литейный завод», ООО «Армлит-Донбасс», ОАО «Никопольский завод трубопроводной арматуры».

Таким образом, добавление ЭКР в формовочные смеси дает следующие технические результаты:

- ◆ происходит стабилизация влажности формовочной смеси по всем ее объемам, уменьшается зависимость физико-механических свойств смеси от колебаний влажности, увеличивается так называемая «мокрая» прочность формы в зоне конденсации паров воды на глубине 2-4 мм от поверхности металла, резко снижается вероятность образования ужимин, засоров, песочных и газовых раковин. В связи с этим снижается брак по засорам, ужиминам, песочным и газовым раковинам;
- ◆ повышаются текучесть, формуемость и уплотняемость формовочной смеси, увеличивается ее прочность на растяжение и срез, что очень важно при изготовлении форм с высокими «болванами»;
- ◆ снижается шероховатость поверхностей отливок.

В заключение констатируем, что важнейшее средство борьбы с ужиминами, засорами, песчаными и газовыми раковинами заключается в умеренной влажности, хорошей газопроницаемости ПГС (не менее 100 ед.) и ее хорошем равномерном уплотнении. Если изложенные в настоящей статье рекомендации будут выполняться, положительный результат будет непременно.

МАТЕРИАЛЫ

ОГНЕУПОРЫ ИП «ДИНУР» - ПРОВЕРЕНО ОГНЁМ, ПРОВЕРЕНО ВРЕМЕНЕМ !

Губарева О.В.

(Иностранное предприятие "Динур", г. Запорожье)

Иностранное предприятие «Динур», единственный в Украине официальный дилер ОАО «Первоуральский динасовый завод», крупнейшего в СНГ производителя широкого спектра огнеупоров для черной и цветной металлургии, машиностроения, коксохимической и стекольной промышленности, кремнеземистого сырья для производства ферросплавов.

ОАО «Первоуральский динасовый завод» был построен вблизи месторождения кристаллических кварцитов «Гора Караульная», уникального по своей чистоте, высокому содержанию окиси кремния (97-98%) и большому объёму залежей.

Сегодня ОАО «Первоуральский динасовый завод» на рынке смело конкурирует с аналогичными заводами как России, так и других стран. Впервые в стране он освоил технологию производства желобных и лёточных масс. В кратчайшие сроки были построены отделения плавки алюмомагниевого шпинели, муллита, корунда, фторстерита и производства изделий на их основе.