

## Технология, оборудование, САПР и экология литейного производства

*Possibilities of regeneration of the oval blends molding sands of foundry production and using of regeneration waste are investigated.*

Д. М. КУКУЙ, В. Ф. ОДИНОЧКО, И. В. КИРИЛОВ, А. В. БУСЕЛ, БНТУ,  
В. В. ВОРОБЬЕВ, УП «НПО «Центр», Г. С. КОРЕНЮК, РУП «МТЗ»

УДК 621.74

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ РЕГЕНЕРАЦИИ

Большинство современных литейных производств используют в своем технологическом цикле обратные формовочные смеси (ОФС), являющиеся огнеупорной основой единых формовочных смесей (ЕФС).

Однако в последние годы, когда широкое применение нашли стержневые смеси по Cold-Box-Аmin-процессу, возникли существенные проблемы, связанные с загрязнением ОФС после выбивки отливок из форм. В связи с этим возникла необходимость при подготовке ОФС к повторному использованию осуществлять процесс сухой регенерации с целью минимизации отрицательного влияния на формовочные смеси, находящихся в них песчано-смоляных смесей.

На кафедре «Машины и технология литейного производства» Белорусского национального технического университета совместно с УП «НПО «Центр» была проведена серия экспериментальных исследований процесса сухой механической регенерации формовочного песка из отвальных смесей РУП «МТЗ». При этом было использовано лабораторное оборудование НПО «Центр», предназначенное для измельчения минеральных материалов (рис. 1) и классификации их по крупности (рис. 2).

Регенерацию зерен наполнителя отвальной смеси от включений глины и угля осуществляли с помощью ударно-оттирочного процесса. Разрушение адгезионных связей между кварцевым пе-

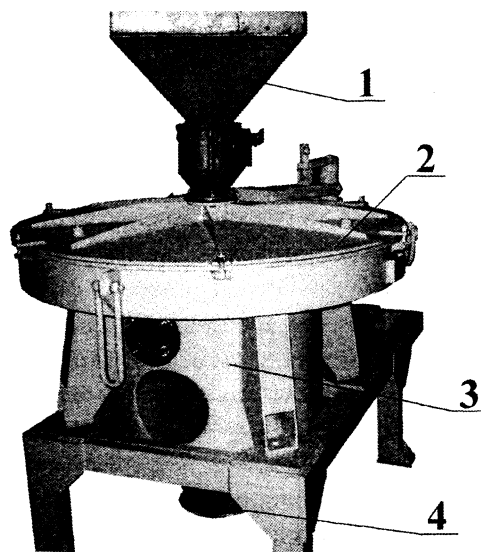


Рис. 1. Установка для регенерации: 1 – загрузочная воронка; 2 – регенерационная камера; 3 – накопительная камера; 4 – отверстие для выгрузки материала

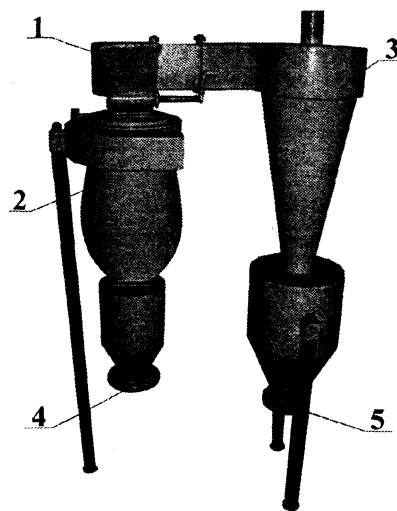


Рис. 2. Установка для воздушной сепарации: 1 – загрузочная воронка; 2 – камера воздушной сепарации; 3 – циклон; 4 – отверстие для выгрузки регенерата; 5 – отверстие для выгрузки пылевидной фракции

ском и связующим материалом происходило вследствие удара ускоренных частиц смеси об отбойный элемент, а также за счет взаимодействия частиц в динамическом слое регенерируемого материала. С помощью воздушной сепарации осуществляли отделение пылевидной фракции, имеющей дисперсность 0,05 мм.

Исследования регенерированного песка с целью определения возможности его повторного использования в стержневых и формовочных смесях вместо свежего кварцевого песка основывались на изучении химического и гранулометрического составов, глинистой составляющей, проведении микроскопического анализа и испытаний физико-механических свойств стержневых и формовочных смесей.

Оптический микроскопический анализ показал, что зерна отвалной формовочной смеси покрыты различными примесями и имеют черный матовый цвет. На поверхности зерен регенерированного песка отсутствуют скопления примесных чешуек, а остатки углеродистых включений в микронеровностях зерен песка обуславливают его светло-серый цвет.

Помимо пригодного для дальнейшего использования регенерированного песка, присутствуют отходы процесса регенерации, которые представляют собой пылевидную фракцию, состоящую из кварцевых частиц, глины и угля. Наличие углеродистых включений является одним из факторов, который позволяет оценить качество исходного и регенерированного материала, и подтверждается опытами по определению потерь при прокаливании (табл. 1) и результатами химического анализа.

Таблица 1. Потери при прокаливании (п. п. п.) в формовочном песке, отвалной формовочной смеси, регенерате и отходе процесса регенерации

Материал	П. п. п., %
Песок формовочный ( $2K_1O_2O_{25}$ )	0,16
Отвальная формовочная смесь	3,98
Регенерированный песок	1,18
Отходы процесса регенерации	20,40

Еще одним критерием оценки качества регенерированного материала является его гранулометрический состав, который должен соответствовать свежему формовочному песку ( $2K_1O_2O_{25}$ ), используемому на предприятии, или отличаться от него незначительно. Исходя из результатов исследований регенерата, его гранулометрический состав полностью соответствует составу свежего формовочного песка, а коэффициент однородно-

сти даже превосходит: коэффициент однородности у формовочного песка ( $2K_1O_2O_{25}$ ) – 81,7%, у регенерированного песка – 85,0%.

Пожалуй, самый важный критерий оценки качества регенерированного песка – его технологические испытания в составах различных смесей, использующихся в литейном производстве: холлотвердеющих смесей (ХТС) для производства стержней и ЕФС для производства форм.

Результаты исследования свойств ХТС с использованием карбамидно-фурановой силанизированной смолы КФ-65С (2% от массы наполнителя) и катализатора отверждения – ортофосфорной кислоты (1% от массы наполнителя) показали, что использование 15% регенерата практически не влияет на конечную прочность смеси. Но следует отметить, что использование регенерата существенно уменьшает скорость отверждения ХТС.

В то же время увеличение содержания смолы до 3% и катализатора до 1,5% позволяет повысить количество регенерированного песка в смеси до 30% и прочность на разрыв через 24 ч отверждения до 2,3–2,5 МПа.

Технологические испытания песчано-глинистых смесей, в состав которых в качестве освежающей добавки вводили свежий песок, а затем регенерат до 10% от количества ЕФС, проводили в лаборатории РУП «МТЗ». Замесы осуществляли с использованием лабораторного каткового смесителя. Время перемешивания сухих компонентов – 1 мин и затем еще 1,5 мин при добавлении воды.

Установлено, что технологические свойства образцов с освежающей добавкой (регенератом) практически не отличаются от свойств образцов с добавкой свежего песка при всех других равных условиях. Результаты технологических испытаний ЕФС с добавлением регенерированного песка в качестве освежающей добавки приведены в табл. 2.

Из таблицы следует, что при одновременном незначительном изменении остальных параметров повышается прочность на сжатие за счет образования новых адгезионных связей между регенератом и связующим материалом и остается неизменной газопроницаемость, а это означает, что данная регенерированная смесь может вполне успешно применяться в качестве освежающей добавки.

Весьма интересным отходом процесса регенерации является пылевидная фракция (своеобразный компаунд), состоящая из трех основных компонентов: кварца, глины и углеродистых включений. Учитывая химический состав этого отхода, исследовали возможность частичной замены им

Таблица 2. Технологические испытания ЕФС с добавлением регенерата в качестве освежающей добавки

Состав смеси, мас.%	Свойства смеси				
	текучесть, %	уплотняемость, %	газопроницаемость, ед.	прочность на сжатие, МПа	прочность на сжатие в зоне конденсации влаги, МПа
ОФС-100	33–37	53–57	112–128	1,01–1,07	30–34
ОФС-98, регенерат 2	33–37	54–58	113–127	1,15–1,18	33–37
ОФС-95, регенерат 5	39–43	43–47	115–129	1,19–1,25	32–36
ОФС-90, регенерат 10	33–37	39–43	114–128	1,24–1,27	34–38

(от 2 до 6%) в составах песчано-глинистых смесей бентонита и молотого угля.

Установлено, что добавление в смесь 2–4% пылевидной фракции (отхода регенерации) при соответствующем сокращении бентонита в пределах 0,3–0,5% и угольной добавки 0,2–0,3% существенно на технологические свойства не повлияло и позволило сэкономить бентонит и молотый уголь. При этом прочность на сжатие находилась в пределах 1,05–1,21 МПа, текучесть – 42–45%, уплотняемость – 37–41%, газопроницаемость – 85–104 ед.

Как показал анализ экспериментов, проведенных в лаборатории кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» БНТУ, еще одним успешным способом использования пылевидной фракции, оставшейся после регенерационной обработки отвалной формовочной смеси, является ее применение в асфальтобетонных смесях в качестве минерального порошка. Данный порошок нормируется требованиями ГОСТ 16557–2005 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» и классифицируется как МП-2 – порошок из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства. В соответствии с этим документом основными контролируемыми физико-механическими параметрами служат гранулометрический состав, пористость, набухание порошков с битумом, показатель битумоемкости, средняя плотность и истинная плотность.

На степень измельчения и, как следствие, гранулометрический состав наполнителя в процессе регенерации большое влияние оказывает технологический передел литейного производства, в процессе которого смесь подвергается многократному высокотемпературному воздействию и образованию в отдельных зернах кварца микротрещин, увеличению числа дефектов на их поверхности. Разрушение хрупких частиц отвалной формовочной смеси в регенераторе приводит к образованию более мелких частиц, чем при дроблении аналогичных частиц кварцевого песка.

Исследования гранулометрического состава отхода процесса регенерации, порошков кварца,

доломита и шлака показали, что в пылевидной фракции, оставшейся после регенерации, сосредоточено максимальное количество мелких частиц среди сравниваемых материалов (табл. 3). Таким образом, отход процесса регенерации имеет максимальную удельную поверхность, которая определяет его структурирующую способность по отношению к битумам в составах асфальтобетонов и полностью соответствует нормируемым требованиям.

Таблица 3. Гранулометрический состав различных минеральных порошков

Вид минерального порошка	Размер преобладающих частиц, мкм	Количество частиц данного размера в общей массе, %
Отход процесса регенерации	1,5–2,5	58
Порошок из кварца	2,5–5,0	63
Порошок из шлака	5,5–11,0	75
Порошок из доломита	8,0–19,0	63

В настоящее время в асфальтобетонных смесях наиболее часто применяемым минеральным порошком является доломит. Результаты экспериментов по определению физико-механических свойств асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием пылевидного отхода процесса регенерации и доломита, приведены в табл. 4.

Анализ результатов проведенных испытаний асфальтобетона дает основание предположить, что использование отходов регенерационной обработки позволит повысить прочность и долговечность асфальтобетона и обеспечить существенное увеличение водо- и морозостойкости по сравнению со стандартным составом.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что внедрение процесса сухой механической регенерации оборотных смесей позволит сократить на 30–40% расход формовочных песков в литейном производстве, исключить затраты на вывоз и захоронение смеси, пропорционально количеству регенерированного песка уменьшить расходы на приобретение свежего песка и его доставку. Кроме того, использование регенерата позволяет со-

Таблица 4. Физико-механические свойства асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием отхода процесса регенерации и доломита в качестве минеральной добавки

Вид применяемого минерального порошка	Физико-механические свойства						
	плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	водонасыщение $W$ , %	набухание $N$ , %	прочность на сжатие при 20 °С, МПа	прочность на сжатие при 50 °С, МПа	коэффициент длительной водостойкости, ед.	коэффициент морозостойкости, ед.
Пылевидный отход процесса регенерации	2,40	1,50	0,00	6,75	1,62	0,99	0,96
Доломит	2,37	0,37	0,10	4,83	1,55	0,98	0,90
<i>Требования ГОСТ 1033–2004</i>							
<i>«Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»</i>							
МП-2	–	1,0–4,0	Не более 0,50	–	Не менее 1,10	Не менее 0,85	Не менее 0,80

хранить свойства единой формовочной смеси на необходимом уровне.

Использование отходов процесса регенерации позволяет полностью исключить вывоз отвальной смеси, получить минеральный порошок, соответствующий ГОСТ 16557–2005 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных

смесей» и обеспечить значительный прирост параметров водо- и морозостойкости асфальтобетона. Дальнейшее использование отхода процесса регенерации также сократит время предварительного цикла подготовки минерального порошка за счет исключения стадии измельчения материала.