

удк 621.74

**М.Ж. Толымбеков<sup>1</sup>, А.З. Исагулов<sup>2</sup>, С.Ш. Кажикенова<sup>3</sup>,  
Г.С. Шаихова<sup>2</sup>, Д.А. Исагулова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Химико-металлургический институт (г. Караганда)

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет

<sup>3</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А. Буктова

## ВОЗДУШНО-ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ И ОТЛИВОК

**Аннотация.** Проведены исследования по разработке высокоэффективных способов формообразования, обеспечивающих повышение качества отливок, в частности, импульсного процесса уплотнения и оборудования для его реализации.

**Ключевые слова:** импульсный процесс уплотнения, формы, отливки, высокое качество.

## AIR-PULSE METHOD OF MAKING MOLDS AND CASTINGS

**Abstract.** Research and development of highly efficient methods of shaping that enhance the quality of castings, such as pulse compression and process equipment for its realization.

**Keywords:** pulse process compaction, mould, high quality.

Рыночные отношения и необходимость интеграции отечественной промышленности в мировую требует перехода к более интенсивному развитию народного хозяйства. Важнейшей проблемой литейного производства на современном этапе является повышение качества отливок, их размерной и весовой точности. В связи с этим исследования и разработка высокоэффективных способов формообразования, обеспечивающих повышение качества отливок, в частности импульсного процесса уплотнения и оборудования для его реализации, является весьма актуальной задачей.

Исследования проводились на воздушно-импульсной машине фирмы «GF» (Швейцария) [1]. Способ низко-импульсного уплотнения смесей является наиболее эффективным по производительности и энергозатратам. Сущность процесса состоит в уплотнении смеси воздушной волной, образующейся при ультрабыстром

(5 – 10 мс) расширении сжатого воздуха посредством специального клапана, что приводит к резкому ускорению движения частиц формовочной смеси.

Экспериментально установлено, что при уплотнении формовочных смесей пик напряжений резко за 5 – 10 мс возрастает (рис. 1). Характерно то, что смесь 1 (100 % кварцевого песка, 8 % бентонита активированного) легче сжимается, чем смесь 2 (100 % кварцевого песка, 8 % бентонита и 4 % гранулированного угля) и смесь 3 (100 % кварцевого песка, 11 % бентонита, 4,5 % гранулированного угля, 1,5 % крахмалита, 2 % каменноугольного порошка).

Облицовочная смесь 1 лучше уплотняется и имеет минимальное значение упругости; здесь главную роль играет бентонит.

В настоящей работе приведены результаты исследований влияния давления над смесью ( $p_v$ ) на прочность

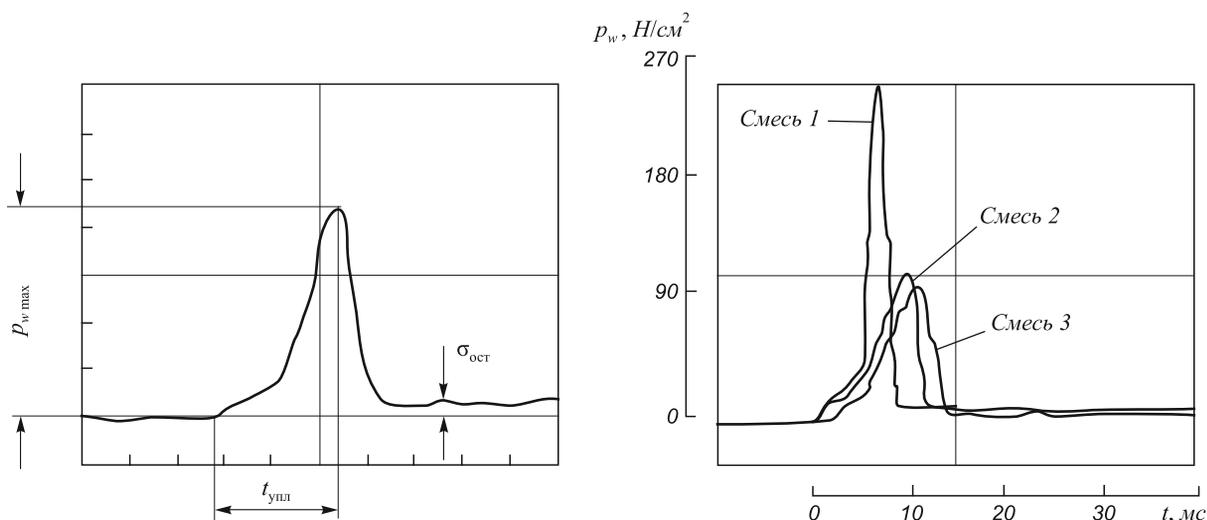


Рис. 1. Осциллограммы экспериментов

формы ( $\sigma_D$ ) и на давление над поверхностью модели ( $p_w$ ) (рис. 2). Прочность формы измерялась электронным прибором типа PVP для контроля уплотнения формы, а давление  $p_w$  – месдозой типа PMR фирмы «GF». Эти методы измерений выдерживают жесткие условия в литейном производстве, но, несмотря на это, обеспечивают достаточную чувствительность.

Установлено, что при низкоимпульсном нагружении (ВИФ) отношение давления  $p_k$  в импульсной головке к давлению  $p_v$  (устанавливался датчик на глубине 30 мм со стороны контрлада формы) над формовочной смесью равно 1,3, а при газовой формовке (ГИФ) имеем  $p_k \approx p_v$ . Из рис. 2 видно, что с увеличением давления  $p_v$  возрастают соответственно прочность  $\sigma_D$  формы и эффективное давление  $p_w$ .

Каждая песчинка смеси захватывается волной давления и при воздушном импульсе передает энергию на расположенные ниже песчинки вплоть до модели. Максимальное уплотнение достигается вблизи модели [2].

Для более точного определения прочности по высоте формы использовали 200-мм металлическую опоку высотой 800 мм и тефлоновую трубу с наружным диам. 190 мм и с прорезью по высоте. Внутри трубы устанавливались модели как показано на рис. 3. Основная опока имеет размер 600×450×800 мм. Металлическая опока удерживается в основном за счет хорошо уплотненной смеси. Для быстрого извлечения уплотненной формы и измерения ее прочности по высоте в зазор (6 мм) между тефлоновой трубой и металлической опокой засыпался кварцевый песок.

Экспериментально установлено, что изготовленные ВИФ-формы высотой 380 мм имели трещины в узких карманах. Для устранения этого недостатка во время уплотнения со стороны стенки опоки на уровне модели подавался сжатый воздух под давлением 30 – 40 кПа. По результатам исследований была построена математическая поверхность отклика (рис. 4) для прочности формы в зависимости от геометрического критерия  $h/b$  (где  $h$  – высота модели,  $b$  – ширина кармана формы)

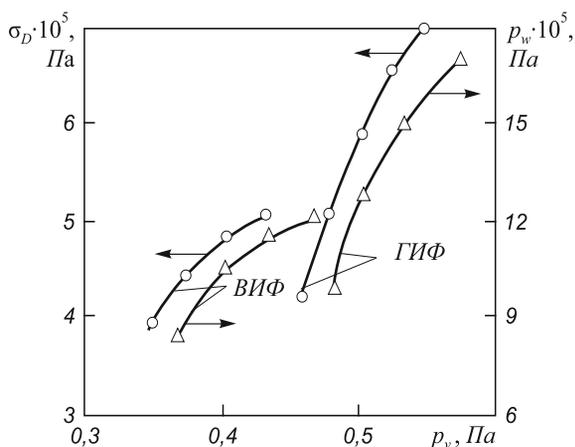


Рис. 2. Влияние давления над смесью на прочность формы и давления на модельную плиту

модельно-опочной оснастки и давления  $p_m$  в импульсной головке при оценке параметров формы без дополнительного экспериментального исследования. Такой формовкой лучше уплотняются формы при использовании высоких моделей.

Для определения упругости смеси при низкоимпульсном нагружении было разработано специальное устройство с индуктивным датчиком, представляющее собой корпус с сердечником. Устройство снабжено установленной в опоке с зазором разрезной гильзой из материала с низким коэффициентом трения, рабочий наконечник сердечника выполнен с местным сопротивлением. Наконечник изготовлен из алюминия в виде двух усеченных конусов, сопряженных большими основаниями, или он имеет цилиндрический участок с цилиндрическими проточками [3].

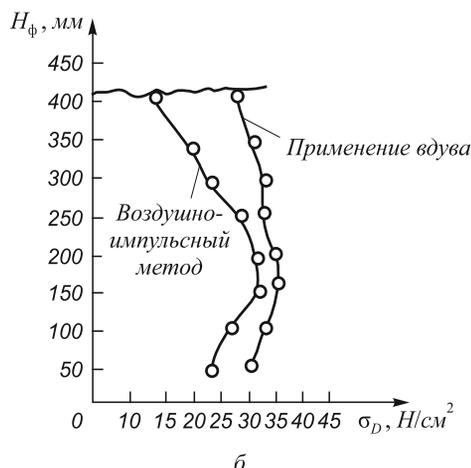
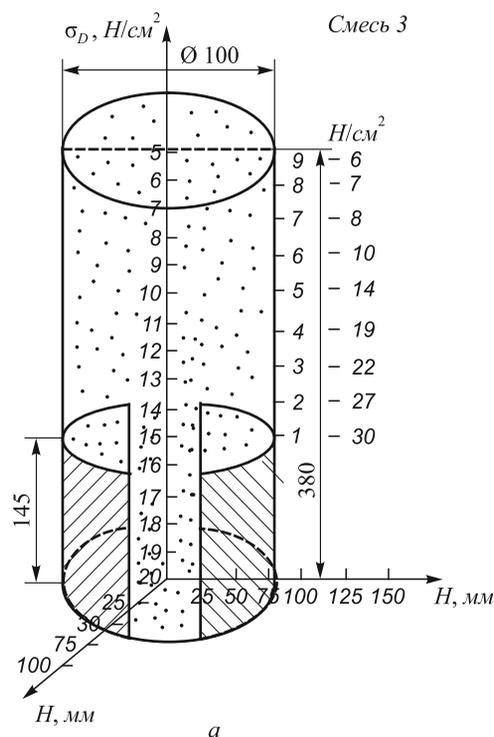


Рис. 3. Разрез формы (а) и зависимость прочности по высоте формы (б)

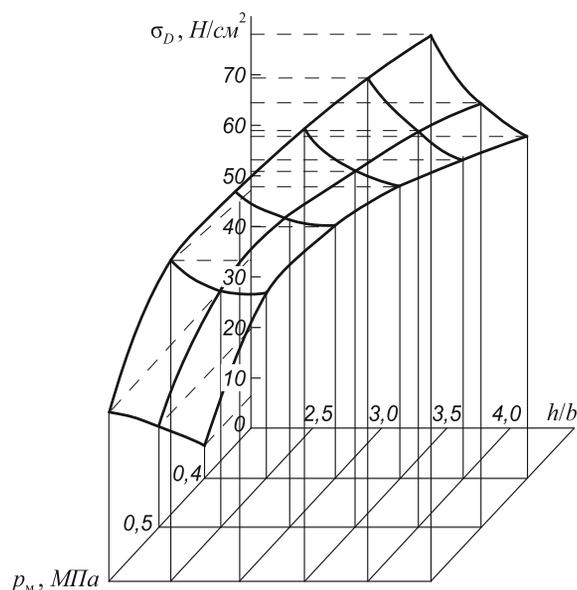


Рис. 4. Математическая поверхность отклика параметров прочности формы от давления в импульсной головке и от критерия  $h/b$

Для измерения упругости смеси на модельную плиту с жестко укрепленным корпусом устройства устанавливают разрезную гильзу из тефлона с прорезью по высоте (закрепленную изолянтной); устанавливают опоку, в зазор шириной 6 мм между ними засыпают кварцевый песок марки 1К016, а в гильзу засыпают смесь, уплотняют ее и начинают замерять упругость, снимают нагрузку, протягивают опоку, удаляют изолянт и протягивают гильзу. После удаления изолянты разрезную гильзу раздвигают на 5–6 мм для освобождения от готовой литейной формы. Нижний конец наконечника соединен с датчиком, а он в свою очередь – с осциллографом.

После уплотнения смеси подвижный наконечник под действием обратной упругой деформации смеси легко, без трений двигается вверх. При перемещении наконечника изменяются взаимоиндуктивность первичных и вторичных обмоток и ЭДС, наводимая во вторичных обмотках датчика. Измеряемая величина магнитного потока преобразуется в электрическую индуктивным методом. Изменение индуктивности модулирует по амплитуде напряжение несущей частоты (6 кГц). Для фиксации давления на модельную плиту используется тензо-датчик. Под действием импульсной

нагрузки смесь претерпевает структурные изменения, зависящие от ее реологических свойств.

В начальный период уплотнения смесь ведет себя как пластическое тело, а затем по мере повышения ее плотности связующие оболочки деформируются, и формовочная смесь ведет себя как вязкопластичное тело. При дальнейшем уплотнении частицы смеси приходят в соприкосновение друг с другом, наступает их упругая деформация. В этот период проявляются упругие свойства смеси. Установлено, что с повышением воздушного и газового импульсов упругость смеси увеличивается.

Смесь, уплотненная воздухом, имеет меньшую упругость, чем уплотненная газом. Это объясняется тем, что при ВИФ-процессе первичное давление, создаваемое в импульсной головке, доходит до смеси с определенными потерями по сравнению с ГИФ-процессом. Эксперименты показали, что литейные формы при ВИФ-процессе имеют среднюю твердость 87–90 ед., плотность 1680–1700 кг/м<sup>3</sup>, прогрессивно убывающую от лада к контрладу формы. Чистота поверхности отливок соответствует Rz 60–Rz 70.

**Выводы.** Воздушно-импульсным процессом формообразования получены литейные формы с высокой твердостью (88 единиц) и плотностью 1690 кг/м<sup>3</sup>, а чистота поверхности отливок равна Rz 65. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния давления импульсной головки на прочность формы, определены оптимальные параметры процесса. Предложен метод определения упругости песчано-глинистых смесей для импульсных процессов уплотнения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иорн А. Метод импульсной формовки фирмы «Георг Фишер» – современная концепция повышения экономичности и эффективности литейного производства. Каталог фирмы «Georg Fischer», 1996. – Берн, Швейцария: Изд-во «Georg Fischer», 2004. – 89 с.
2. Матвеев И.В., Исагулов А.З., Дайкер А.А. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. – Алматы: Наука, 2001. – 345 с.
3. А.с. № 1838985. Способы определения упругости смеси и устройство для его осуществления / Исагулов А.З., Кузембаев С.Б., Евстифеев Ю.А., Шаяхметов Б.К. // Открытия. Изобретения 1992. № 4. С. 3.

© 2013 г. М.Ж. Толымбеков, А.З. Исагулов,  
С.Ш. Кажикенова, Г.С. Шаихова, Д.А. Исагулова  
Поступила 26 апреля 2012 г.