

ДК 621.7.044.3

БОРИСЕВИЧ В.К.

БАКАЕВ С.Н.

ВОЛОВА А.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИМПУЛЬСНОЙ ФОРМОВКИ

За последние годы импульсный метод уплотнения сыпучих формовочных материалов нашел широкое внедрение в промышленность, что повлекло за собой большой комплекс теоретических и экспериментальных исследований.

Работы в этом направлении проводились и в лаборатории импульсных источников энергии Харьковского авиационного института.

Проведен сравнительный анализ существующих методов уплотнения формовочных материалов по трем основным группам:

I. Методы прессования.

II. Динамические методы уплотнения.

III. Комбинированные методы.

Анализ показал преимущества импульсного процесса уплотнения.

Сделана оценка состояния техники в области импульсной формовки.

Производители оборудования стремятся добиться:

- повышения скорости нарастания давления;
- равномерности поля скоростей потока;
- повышения амплитуды давления;
- возможности управления амплитудно-временными показателями нагрузки;
- увеличения размеров уплотняемых форм.

Все перечисленные мероприятия направлены на достижение высшего качества отпечатка модели и на получение оптимального распределения плотности по сечению формы.

Анализ экспериментальных работ позволил установить, что газодетонационные источники энергии наиболее соответствуют по своим характеристикам требованиям производства.

Большинство рассмотренных теоретических работ посвящено разработке реологической модели формовочных смесей. Для всех работ характерно представление формулы смеси (ФС) в виде:

$$\text{ФС} = \text{H} - \text{X}$$

Тело Гука H характеризует упругую реакцию смеси на динамическую нагрузку и разгрузку. X - элемент формируется из элементов Ньютона, Сен-Венана, Бингама, Кельвина, Прандтля и вид формулы смеси зависит от того в какой последовательности соединены эти элементы и в каком временном и силовом диапазоне и при какой интенсивности нагружения они работают. Однако все авторы сходятся в одном: многокомпонентная среда рассматривается как сплошная и ей присущи при динамическом нагружении упруго-вязко-пластические свойства.

Многокомпонентные среды, к которым относится и формовочные материалы, рассматриваются как сплошные, неидеальные, баротропные.

Рассматривается плоское одномерное движение среды.

Такое предположение в свою очередь влечет за собой и некоторые упрощения при описании нагрузки:

- поле давлений и скоростей газового потока, действующего на поверхность уплотняемого материала, равномерно по всей плоскости и меняется только во времени;

При рассмотрении вопроса взаимодействия газового потока с поверхностью формовочного материала принимается, что фильтрация газа через поры смеси незначительна и ею можно пренебречь.

Уравнение состояния среды будет описываться системой:

I На ударном фронте:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \frac{\sigma_m}{E}$$

II При непрерывном возрастании напряжения:

$$\dot{\varepsilon} + \mu \varepsilon = \frac{\dot{\sigma}}{E_D} + \mu \frac{\sigma}{E_S}$$

III При убывании напряжений и росте деформаций:

$$\dot{\varepsilon} + \mu \varepsilon = \frac{\dot{\sigma}}{E_R} + \mu \sigma \left(\frac{1}{E_S} - \frac{1}{E_D} + \frac{1}{E_R} \right) + \mu \sigma_m \left(\frac{1}{E_D} - \frac{1}{E_R} \right)$$

IV При разгрузке ($\varepsilon_2 = \text{const}$):

$$\dot{\sigma} = E_R \dot{\varepsilon}$$

В систему уравнений однозначно определяющую поведение среды входят так же уравнения соответствующие законам сохранения массы и импульса.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \sigma}{\rho \partial z} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0$$

Целью математического моделирования процесса импульсного деформирования формовочных смесей является:

I. Изучение влияния на качество формы:

- амплитудно-временных параметров нагрузки;

- свойств формовочной земли;

- характеристик формовочной оснастки.

II. Выработка конструктивно-технологических рекомендаций.

Исходя из указанных задач строилась схема расчетов и анализа результатов (рис. 1).

Схема расчета и анализа результатов

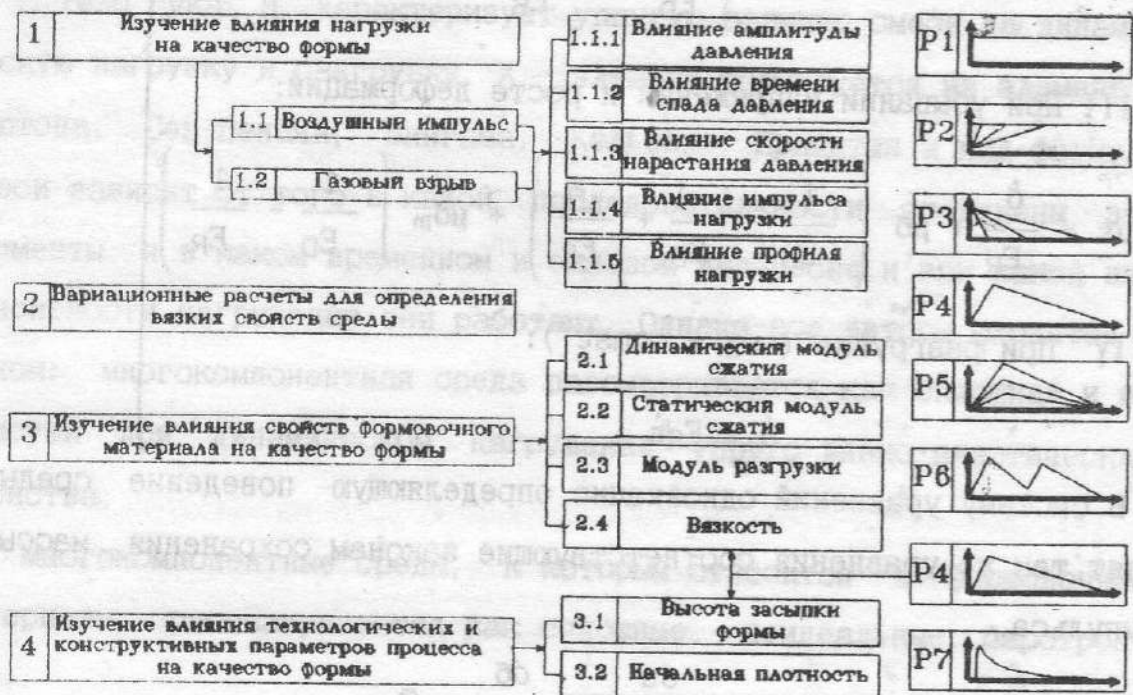


Рис. 1

При изучении влияния показателей нагрузки на качественные показатели формы моделировалось воздушно-импульсное и газодетонационное нагружение.

Нагрузка задавалась прямоугольным (P1-P2), треугольным (P3, P4, P5), двухступенчатым (P6) профилем и профилем аппроксимирующим газодетонационную нагрузку (P7). При этом варьировались:

- амплитуда давления;
- скорость нарастания и спада нагрузки;

- время импульса;
- форма профиля нагрузки.

Установлено, что предлагаемая теоретическая модель импульсного уплотнения формовочных материалов подтверждает основные выводы, сделанные в экспериментальных работах, и позволяет производить многопараметрический анализ процесса в широком диапазоне нагрузок при изменяющихся конструктивно-технологических данных.

Моделирование позволило установить, что устройства в которых осуществляется детонационный режим сгорания газовых смесей могут обеспечить более высокое качество формовки, являются наиболее эффективными, так как дают возможность управлять нагрузкой в широких технологических диапазонах.