



Д. М. ГОЛУБ, НПП "Институт БелНИИлит"

## ИМПУЛЬСНОЕ УПЛОТНЕНИЕ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМ

История развития импульсных методов изготовления песчано-глинистых форм начинается с 60-х годов, когда впервые была воплощена идея использования энергии взрывной волны, возникающей при сгорании в замкнутом объеме смеси горючего газа (метана, пропана, бутана, ацетилена и др.) с кислородом воздуха. Первые конструкции газоимпульсной камеры представляли собой колпак с механизмом поджима его к модельно-опочной оснастке и запальным устройствам (свеча высокого напряжения) [1], которые оснащались специальными вентиляторами и дефлекторами, способствующими равномерности перемешивания и аэродинамическому разгону потока газозвушной смеси. В качестве энергоносителя использовали смесь природного газа с воздухом (1:10) без добавки кислорода. Оптимальное значение давления при взрыве составляло 0,4—0,87 МПа. Объем камеры импульсного горения был равен 3—4 объемам опоки. Давление сгорающего газа в камере с очень большой скоростью и через несколько сотых долей секунды достигает своего максимального значения и оказывает ударно-прессующее воздействие на формовочную смесь, которая уплотняется, ускоряясь и ударяясь о модельную плиту [2]. Наиболее активно в период с 1980 по 1990 г. работала фирма GEORG FISHER (Швейцария). Она поставила десятки единиц оборудования газоимпульсной формовки в разные страны мира [3].

Большое количество разработок, авторских свидетельств в б. СССР в данном направлении имели ВНИИЛТМаш (г. Москва), НИИЛитавтопром (БелНИИлит), НИИЛТМаш (г. Краматорск), ВПЛИТпром (г. Липецк), НПП "Технолог" (г. Ташкент).

В 1985 г. в БелНИИлите была создана газоимпульсная формовочная машина мод. 4830 для изготовления форм блоков цилиндров двигателей ЯМЗ, которая успешно эксплуатировалась на Руставском заводе "Центролит" (Грузия).

Газоимпульсная технология связана с образованием продуктов горения газозвушной смеси (в основном  $\text{CO}_2$ ). Однако возросшие требования к экологической чистоте промышленных технологий, а также необходимость серьезных мер по обеспечению безопасности работы на оборудовании привели к заметному снижению интереса к этому процессу. К концу 80-х годов производство газоимпульсного оборудования было прекращено, а работы по этой теме в б. СССР так и не вышли за рамки создания экспериментальных образцов.

*This summary covers the moulding sand pulse compacting methods found practical application.*

Воздушно-импульсная технология, разрабатываемая с конца 60-х годов в ВНИИЛТМаше (г. Краматорск, Украина), предполагала использование в качестве рабочего органа воздуха высокого давления (10 МПа и более). Для управления процессом быстрого истечения воздуха под высоким давлением были созданы специальные импульсные головки с клапанами различного исполнения. Сжатый воздух из ресивера высокого давления поступает в полость импульсной головки, затем с помощью быстродействующего клапана мгновенно подается в надпочное пространство с формовочной смесью. Резко расширяясь, он образует волну прессования, воздействующую на смесь. Отработанный воздух удаляется через венты и отверстия в наполнительной рамке.

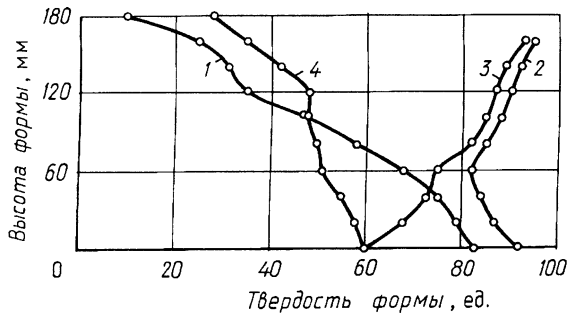
Технология импульсного уплотнения форм воздухом высокого давления получила заметное распространение на заводах СССР и за рубежом. Некоторые образцы машин выпускались серийно и имели размер опок от 700×800 до 3000×2000 мм [4]. Однако пневмоимпульсное оборудование высокого давления имело ряд недостатков: для работы машин необходимы были компрессорные станции и ресиверы высокого давления, а также модельная оснастка повышенной сложности. Это связано не только с увеличением капитальных затрат, но и с соблюдением более строгих мер безопасности. Отмеченные недостатки долгие годы сдерживали широкое распространение прогрессивной технологии.

В конце 70-х годов немецкая фирма BMD запатентовала импульсное устройство с использованием воздуха сетевого давления [5]. В первоначальном исполнении устройство основывалось на применении в качестве запирающего клапана резиновой мембраны, однако в дальнейшем данная конструкция не использовалась ввиду недостаточной циклической стойкости мембраны и была заменена механическими клапанами.

В настоящее время существует ряд разнообразных конструктивных и технологических решений. По типу запорного органа пневмоклапаны классифицируются на пластинчатые, тарельчатые, перфорированные, шибберные, мембранные, поршневые, по типу привода — на гидро- и пневмоприводные [6].

К 80-м годам метод разделяется на два направления: "жесткий" воздушный импульс со временем нарастания давления над смесью 0,002—0,012 с и более умеренный со временем нарастания давления 0,15—0,35 с.

Механизм способа уплотнения при "жестком" импульсе заключается в том, что при мгновенном попадании определенного количества сжатого воздуха в закрытое



Уплотнение формовочной смеси воздушным импульсом + прессование:  
1 — воздушный импульс; 2 — воздушный импульс + прессование;  
3 — прессование; 4 — встряхивание

пространство над верхней плоскостью смеси воздух не успевает профильтроваться через нее, а оказывает на смесь резкое ударно-прессующее воздействие и уплотняет ее. В начальной стадии уплотнения деформируются верхние слои смеси. Из-за мгновенного роста давления над смесью возникает волна сжатия. Через скелет смеси давление с большим ускорением передается все более глубоким слоям, частицы смеси быстро сближаются, толщина деформированного слоя непрерывно растет. Смесью разгоняется за счет сокращения промежутков между зернами, суммарное значение которых во всем столбе смеси равно высоте наполнительной рамки. Высота неподвижного уплотненного столба смеси непрерывно увеличивается и каждый нижележащий слой становится основанием для вышележащего прилегающего слоя.

При замедленном импульсе определяющее значение в процессе уплотнения имеет фильтрация воздушного потока, направленного от верхних слоев смеси к нижним. Наблюдаются три фазы процесса формообразования: нарастание давления воздуха, установившаяся фильтрация воздуха через смесь и падение давления воздуха до атмосферного в результате выхода воздуха через вентиль на модельной плите. Воздух, движущийся в направлении к модельной плите, увлекает за собой песчинки смеси, передавая им свою кинетическую энергию. Процесс уплотнения вначале завершается в слоях, лежащих на модельной плите. Силы фильтрации способствуют доуплотнению смеси в узких карманах [7].

Каждый из перечисленных выше методов имеет общий недостаток — верхние слои смеси оказываются недостаточно уплотненными с неровной поверхностью, что требует дополнительного уплотнения или срезки больших излишков смеси. Было предпринято множество попыток по устранению недостатка, среди которых — повторное воздействие на смесь импульсом сжатого воздуха с предварительным нанесением жидкости или целлофановой пленки на поверхность формовочной смеси [8].

В начале 80-х годов машиностроительная фирма HEINRICH WAGNER SINTO изготовила формовочную машину, основанную на комбинированном методе уплотнения — воздушный импульс с последующим прессова-

нием (SEIATSU-процесс) [9]. Такие машины используются в СНГ на Ярославском электромеханическом заводе и Минском тракторном заводе (2-й чугунолитейный цех). В НПП «Институт БелНИИлит» разработана импульсно-прессовая формовочная машина мод. 4841 для Бобруйского машиностроительного завода.

В настоящее время данный метод следует считать наиболее перспективным направлением развития формовки. Его популярность объясняется общепризнанными достоинствами:

- обеспечивает высокую плотность формы у модельной плиты и по всему объему;
- позволяет хорошо уплотнять высокие болваны (с относительной высотой  $H/B$  до 10);
- возможно использование обычных песчано-глинистых смесей или специальных смесей с повышенной прочностью до 2 кгс/см<sup>2</sup>, а также облицовочных малопрочных жидкостекольных смесей;
- увеличивает газопроницаемость смеси в 1,2 раза по сравнению с уплотнением прессованием при одинаковой поверхностной твердости;
- обеспечивает экономию энергии по сравнению с прессованием в 2—4 раза;
- повышает размерную и массовую точность отливки, снижает их массу до 10% по сравнению с отливками, получаемыми встряхивающе-прессовой формовкой.

На рисунке показан характер распределения твердости формы при различных методах уплотнения. Как видно из рисунка, наиболее благоприятное распределение наблюдается при импульсно-прессовом методе уплотнения. Колебания твердости на рабочей поверхности формы не превышают +2 ед. При этом на поверхности образуется слой более уплотненной смеси, твердость которой на 4—7 ед. выше твердости внутренних слоев. Это создает благоприятные условия для направленного удаления газов, выделяющихся при заливке металлом.

## Литература

1. Болотский В. Д., Гаврилenco С. И. Анализ состояния и перспективы развития технологии импульсной формовки. Тольятти, 1990.
2. Грахов Л. К., Равчин И. А. Уплотнение смеси энергией взрыва // Литейное производство. 1968. № 4.
3. Полный отчет о результатах командировки группы специалистов Минпрома на фирму GEORG FISHER. М., 1983.
4. Референт-лист оборудования импульсной формовки. Краматорск, 1987.
5. Пат. 3243951 ФРГ.
6. Куземаев С. Б. Разработка и экспериментальное опробование процесса и установки воздушно-импульсного уплотнения песчано-глинистых форм: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1987.
7. Матвеев И. В. Исследование влияния воздуха в смеси на уплотнение в труднодоступных местах // Литейное производство. 1968. № 1.
8. Исследование импульсного уплотнения форм смеси, накрытой гибкой диафрагмой // Чжунго чжунзи = China Foundry Mach. 1988. № 2.
9. Процесс Seiatsu. Проспект фирмы HEINRICH WAGNER SINTO.