



The received results of investigations at NP RUP "Institute BelNIIlit" showed that there exists the real possibility of using of the developed technology of the agglutinant sand compacting with further pressing at the works.

Д. М. КУКУЙ, БНТУ, Д. М. ГОЛУБ, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 621.74

## КАЧЕСТВО УПЛОТНЕНИЯ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ ПНЕВМОПОТОКОМ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ПРЕССОВАНИЕМ

В последние годы все большее распространение в литейных цехах приобретают процессы формообразования с применением технологий с воздействием на формовочную смесь сжатым воздухом. В настоящее время имеется достаточное количество исследовательских работ, посвященных импульсной формовке, однако сведений о механизме формирования отпечатка и модели при уплотнении песчано-глинистых формовочных смесей пневмопотокм недостаточно.

Отличительной особенностью процесса, впервые разработанного фирмой «Сейтасу» (Япония), является комбинация уплотнения смеси пневмопотокм сжатого воздуха сетевого давления с последующей верхней допрессовкой различными способами.

На рис. 1 представлены экспериментальные данные распределения твердости по высоте формы в зависимости от различных способов уплотнения.



Рис. 1. Распределение твердости формовочной смеси по высоте формы после уплотнения: 1 – пневмопотокм; 2 – прессованием; 3 – пневмопотокм с последующим прессованием

Установлено, что формовка пневмотокм с последующим прессованием (кривая 3) позволяет достичь наибольшей равномерности уплотнения по высоте формы. При этом наблюдается постоянная степень уплотнения у модельной плиты (по ладу формы) независимо от пористости верхних

слоев смеси. Это явление объясняется тем, что торможение начинается от модельной плиты и развивается последовательно вверх. Поэтому структурный воздух из этих слоев в момент торможения и резкого сокращения пор вытесняется частично в атмосферу через венты, а частично – в слои, которые тормозятся несколько позже – вышележащие слои и слои, прилегающие к вертикальным стенкам модели и опоки. Движение структурного воздуха в верхние слои продолжается до зоны равного давления (рис. 2). Зона равного давления находится на расстоянии 20–25 мм от плоскости модельной плиты и высота ее равна 60–65 мм. В этой зоне количество воздуха увеличивается, а степень уплотнения в зоне равного давления снижается на 10 – 12 ед. по сравнению с поверхностной твердостью лада формы.

Существенное влияние на уплотнение нижних слоев, прилегающих к модельной плите и поверхности модели, оказывают структурный воздух, силы внешнего трения и характер движения смеси около модели. Влияние этих факторов на степень уплотнения проявляется в основном при уплотнении ее в узких зазорах, ширина которых равна или близка удвоенной ширине граничного слоя. При ширине зазора больше указанного предела структурный воздух рассредоточивается по объему уплотняемой смеси и не оказывает заметного влияния на степень уплотнения, а при меньшем зазоре скорость движения смеси в нем уменьшается вследствие влияния сил внешнего трения и торможение смеси в зазоре начинается несколько позже, чем в других частях формы. К моменту торможения в поры смеси, находящейся в узких зазорах, перетекает структурный воздух из зон с более ранним торможением, что отрицательно сказывается на степени уплотнения смеси. При этом наименьшее уплотнение смеси наблюдается в нижней части формы и в слоях, прилегающих к модельной плите. С увеличением расстояния от модельной плиты степень уплотнения в

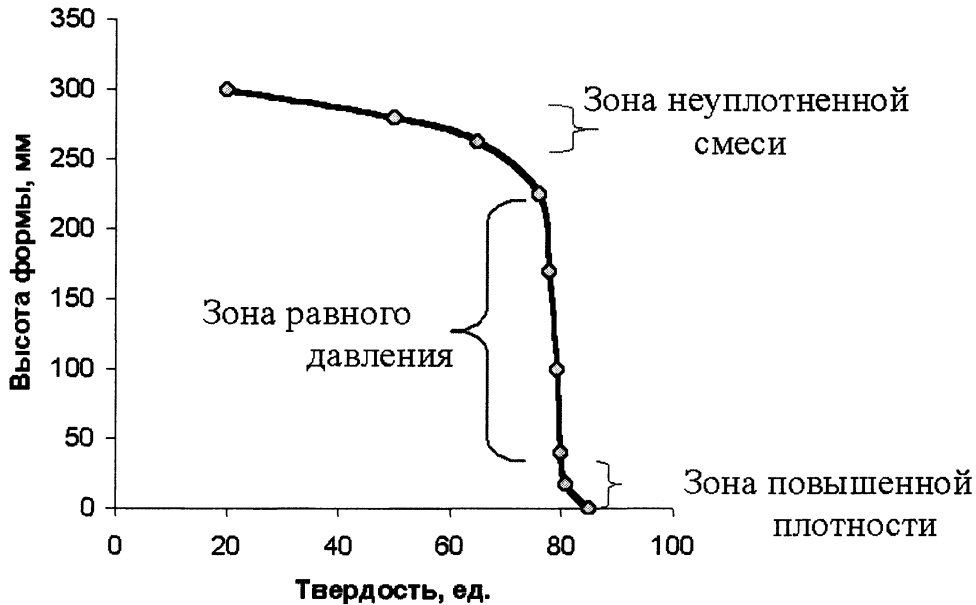


Рис. 2. Распределение зон давлений на кривой твердости формы по высоте

зоре возрастает и на уровне верхней поверхности модели она достигает степени уплотнения, характерной для более широких зазоров формы.

При воздействии на формовочную смесь только верхним прессованием с удельным давлением 1 МПа наблюдается «классическое» распределение твердости по высоте формы — возле прессовой плиты — максимальная плотность, возле лада опоки — минимальная (см. рис. 1). Получается прямолинейная зависимость с уменьшением плотности смеси в сторону лада опоки (применительно для эксперимента без модели).

После воздействия пневмопоток на формовочную смесь распределение ее величины плотности по высоте формы носит нелинейный характер, верхние слои смеси (20–70 мм) недоуплотняются. На расстоянии 20–30 мм твердость составляет 20–40 ед. Далее следует зона равномерного уплотнения по высоте — около 200 мм (твердость — 78 ед.) и зона увеличенной плотности — 80–87 ед. Плотность смеси в верхних слоях смеси не превышает 1200 кг/м<sup>3</sup>.

При комбинированном уплотнении (пневмопоток, а затем верхнее прессование) первым устраняются недостатки метода верхнего прессования — недоуплотнение нижних слоев формы и труднодоступных участков. Верхним прессованием уплотняются слои смеси, находящиеся со стороны контрлада опоки. Удельное давление прессования 1 МПа способствует также увеличению на 8 ед. по ладу формы.

Во время уплотнения формовочной смеси прессованием наблюдается пирамидальное движение формовочной смеси (конусная деформация). Основанием этой пирамиды является рабочая поверхность прессовой колодки. На модели формовочной смеси видно как передается давление

прессовой колодки на смесь, частицы которой представляют собой шары одинакового диаметра.

Частицы прилегающего к колодке слоя не могут перемещаться в горизонтальном направлении, так как силы трения между частицами первого слоя, тоже оказываются заторможенными и т. д. Так как при переходе к следующему слою заторможенными оказываются лишь те частицы, которые входят в углубления между заторможенными предыдущего слоя, то по мере удаления слоя от колодки число заторможенных частиц в нем уменьшается и в пределе равно нулю. Так как давление на стенки опоки могут передавать частицы, имеющие возможность перемещаться в горизонтальном направлении, то боковое давление при увеличении расстояния от прессовой колодки до вершины «пирамиды деформации» будет возрастать от нуля до определенной величины. При этом первый слой частиц не будет передавать давление на стенку опоки, т.е. боковое давление непосредственно под колодкой равно нулю. Во втором слое частица, находящаяся у стенки, передает давление на нее в виде составляющей *AB* [1]

$$P_z = \begin{cases} P_k e^{-2k(2\xi \frac{z}{a})^2} \\ P_k e^{\frac{k}{2} - 2k(2\xi \frac{z}{a})^2} \end{cases} \quad \begin{cases} \text{при } 0 \leq z \leq \frac{a}{4\xi}, \\ \text{при } z \geq \frac{a}{4\xi}. \end{cases}$$

Вследствие трения формовочной смеси о стенки опоки при прессовании горизонтальные слои формы у стенок отстают в своем движении вниз от середины слоев и загибаются кверху (рис. 3). Так как боковое давление в прессуемой форме развивается главным образом в ее средних частях по высоте, раздача смеси в стороны и соответ-

ствующий изгиб вертикальных слоев наблюдают в основном в средних горизонтах опоки [2].

При кратковременном действии сжимающих напряжений процесс уплотнения не успевает закончиться. Поэтому степень уплотнения смеси получается тем меньше, чем более кратковременным было действие сжимающего напряжения. А для получения одной и той же степени уплотнения смеси требуется тем большее напряжение, чем менее продолжительно его действие. При медленном уплотнении формовочной смеси ее состояние все время находится в равновесии с прилагаемыми внешними напряжениями и процесс уплотнения в каждый данный момент является законченным. При этом изменение внутреннего сопротивления смеси все время успевает следовать за изменением внешней нагрузки.

При быстром нагружении смесь находится в неравновесном состоянии.

Смесь может претерпевать и кратковременно выдерживать внешние напряжения, значительно превышающие внутреннее сопротивление, соответствующие ее структуре и степени уплотнения в данный момент. В случае резкого нагружения рост внутреннего сопротивления смеси значительно отстает от роста внешней нагрузки.

Если в некоторый момент времени прекратить действие внешней нагрузки, то может образоваться значительный разрыв между величиной действовавшего напряжения и величиной полученной степени уплотнения или соответствующего ей равновесного внутреннего сопротивления смеси.

Формовочные машины уплотнения смеси пневмопоток с последующим прессованием менее энергоемки и более надежны, чем прессовые и встряхивающие. Требования к прочности и качеству модельно-опочной оснастки для таких процессов по сравнению с традиционными в целом остаются на прежнем уровне. Формовочные же уклоны можно уменьшить на  $0,5-1,5^\circ$  в зависимости от способа формовки. Минимальное значение может достигать  $1,5-2,0^\circ$  даже на моделях с высокими вертикальными стенками. При этом масса отливок может быть уменьшена на 10–15%.

Процесс позволяет получать высокую степень уплотнения и точность контура форм, особенно узких и высоких. Опока устанавливается на модельную плиту, заполняется формовочной смесью и сверху закрывается устройством, через

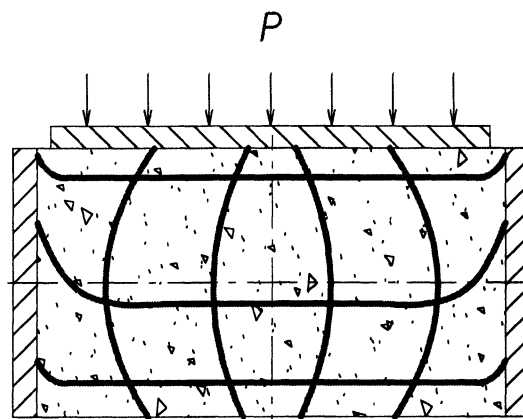


Рис. 3. Движение слоев смеси при прессовании

которое в опоку в течение 0,2–0,5 с подается сжатый воздух. За это время сквозь формовочную смесь и специальные отверстия в модели проходят 3–4 объема сжатого воздуха, уплотняющего смесь, особенно у поверхности модели. Суммарная площадь вентиляционных отверстий в модели составляет 2–3% от общей площади формируемой поверхности. Подпрессовка формовочной смеси дополнительно повышает ее плотность, которая одинакова у горизонтальных и вертикальных поверхностей модели, что позволяет снизить литейные уклоны до  $0,5^\circ$  и получить формы с соотношением диаметра к высоте 1:2,5. Рекомендуется применять смесь с влажностью 2,8–3,3%. Степень уплотнения смеси можно регулировать давлением сжатого воздуха и высотой подпрессовки. Точная дозировка смеси и подпрессовка позволяют снизить на 20% расход смеси. При этом способе уплотнения отсутствуют выделения пыли, уровень шума не превышает 85 дБ и износ моделей незначителен.

Опоки для разработанного процесса применяются без вентиляционных отверстий и более жесткие, чем для встряхивания, но значительно менее жесткие и более легкие, чем для прессования. Долговечность опок и моделей увеличивается.

### Литература

1. Мутилов В.Н. Уравнения прессования // Литейное производство. 1963. №8. С. 20–22.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1977.
3. Мушна К. Seiatsu – способ уплотнения воздушным потоком с прессованием // Литейное производство. 1992. №11. С. 14–16.