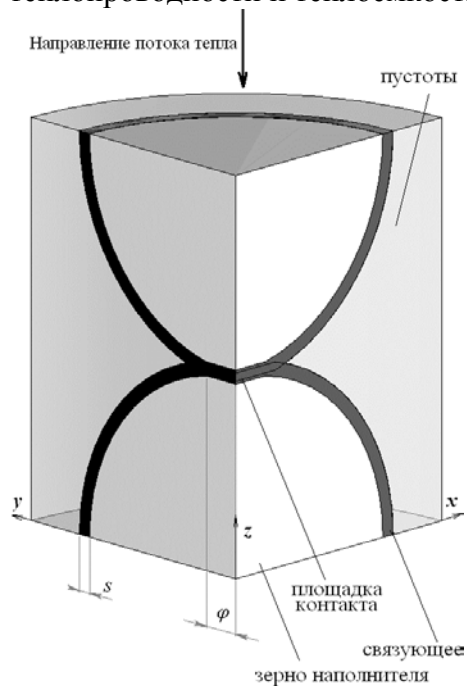


УДК 621.742.42:536.212.3.022

О.А.Бройтман (асп., каф. ФХЛСиП), В.М.Голод, к.т.н., проф.

РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ СТРУКТУРЫ

В продолжение работы по вычислению теплофизических характеристик формовочных материалов исследовали роль механизмов переноса тепла, которые имеют место в литейной форме после заливки расплава [1]. Различают следующие виды теплопереноса [2, 3]: конвекция в порах смеси продуктов деструкции связующего и влаги, теплопроводность наполнителя и связующего, межзерновое излучение. На сегодняшний день нет разработанной теории, которая позволила бы расчётным путём оценить долю того или иного способа теплопереноса в литейной форме при рассмотрении её как капиллярно-пористого, со сложной структурой (а не квазиизотропного), тела и получить эффективный коэффициент теплопроводности и теплоёмкости для нестационарных условий переноса тепла.



Распространён подход, позволяющий рассчитывать теплофизические характеристики дисперсного тела с помощью математической модели, описывающей его пространственную структуру. Базируется такой подход на построении схемы замещения этой сложной структуры совокупностью термических сопротивлений в том или ином компоненте (зерно наполнителя, связующее, пора, заполненная газом), либо в месте контакта зёрен, плёнок связующего, обволакивающих соседствующие зёрна и т.д., и реализуется для равномерно прогретого слоя дисперсного материала при стационарных температурных условиях [4, 5].

Уплотнённую формовочную смесь с пористостью Ψ рассматривали как совокупность агрегатов, в качестве которых выступают зёрна наполнителя в комплексе с плёнкой связующего (рис. 1). Здесь s – толщина плёнки связующего, φ – ширина площадки контакта между агрегатами. Для такой структуры, пользуясь описанным выше подходом, строили модель, позволяющую рассчитывать теплофизические характеристики при стационарных условиях по температуре, давлению, влажности. Такая модель служила базой для дальнейшего изучения теплопереноса в нестационарных условиях. По результатам численного решения разностным методом уравнения Фурье определяли независимым путём эффективные теплофизические свойства формы – интегральные свойства для всего неравномерно прогретого массивного слоя формовочной смеси [1].

При расчётах по вышеописанной модели на поверхности полубесконечной формы задавали температуру залитого расплава (эта температура принималась постоянной в течение всего расчёта). Вычисляли суммарный тепловой поток q_0 , используя, найденный для рассматриваемого слоя эффективный коэффициент теплопроводности. Аналогичным образом находили его составляющие, характеризующие различные способы переноса тепла в системе: конвективный поток в порах смеси q_{cv} , лучистый поток в порах q_{rd} , поток через зону

контакта агрегатов q_{ct} и кондуктивный поток в агрегатах q_{cd} .

Таблица 1. Значения полного теплового потока и его составляющих в зависимости от пористости.

ψ	q_{cv}	q_{rd}	q_{ct}	q_{cd}	q_0
	Вт/м ²				
0,2	0,01	0,7	260	$11,8 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^3$
0,5	0,02	7,4	340	$15,4 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^3$

Некоторые результаты вычислений приведены в табл. 1, данные расчётов обобщены на рис. 2., на котором по оси ординат отложено отношение указанных компонентов

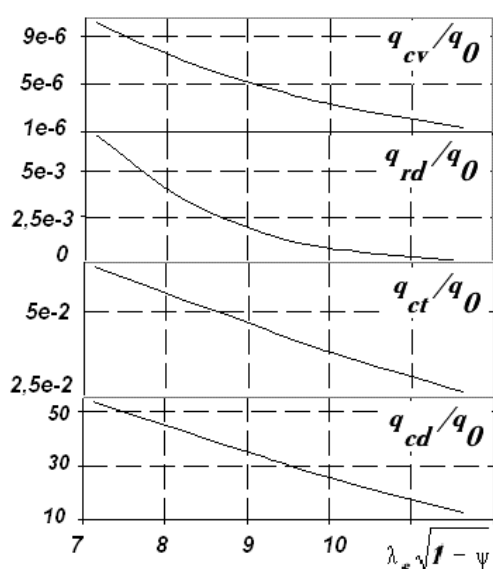


Рис. 2. Относительная величина составляющих полного теплового потока в слое смеси.

теплового потока к q_0 , по оси абсцисс – фигурирующий в модели характерный комплекс $\lambda_s \sqrt{1 - \psi}$, где λ_s – теплопроводность зёрен наполнителя.

Доля той или иной составляющей потока существенно зависит от того, последовательно либо параллельно включено термическое сопротивление, ответственное за этот вид переноса, в общую схему замещения, от доли площади, по которой элемент структуры контактирует с другими. В связи с этим, общий поток тепла лимитируют составляющие, обладающие наибольшим термическим сопротивлением и минимальной площадью контакта. Общий поток q_0 существенно ниже, чем кондуктивный поток в агрегате q_{cd} , который, однако, значительно превышает остальные составляющие теплового потока. Интенсивный поток в агрегатах лимитирован наличием высокого теплового сопротивления зоны контакта агрегатов и межагрегатных пустот. Расчётные данные свидетельствуют о значительной роли в общем переносе тепла проводимости зёрен наполнителя и

связующего (в зонах контакта агрегатов). Лучистая составляющая наиболее интенсивно растёт при повышении пористости. Конвективная составляющая для исследованного в работе случая литья в сухую форму выражена слабо, поскольку в отличие от форм, содержащих влагу и термически нестойкие связующие, перемещение газа в порах сухой смеси происходит только за счёт естественной конвекции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бройтман О.А., Голод В.М. Влияние структурных факторов на теплофизические свойства формовочных материалов //Сб. Материалы межвузовской научной конференции в рамках XXX недели науки СПбГТУ. – Издательство СПбГТУ, 2002. с. 47-49.
2. Atterton D. Thermal conductivity of bentonite molding sand //Journal of the Iron and Steel Institute. – 1953, vol. 173, №3. p. 453-459.
3. Анисович Г.А. Затвердевание отливок. Минск: Наука и техника, 1979. – 232 с.
4. Дульнев Г.Н., Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 248 с.
5. Bauer R., Schlunder E.U. Effective radial thermal conductivity of packing in gas flow //Int. Chemical Engineering. – 1978, vol. 18, №2. p. 181-204.