

УДК 621.313:621.3.017

Ярымбаш С.Т., Коцур И.М.

**ТЕПЛОВАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ МУНДШТУКА ПРЕССА
С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОБОГРЕВОМ**

Математическая модель процессов тепломассопереноса в производственно-технологической системе индуктор-мундштук-подовая масса (рис. 1) представляет собой сложную систему сопряженных моделей, описывающих электромагнитные и механические процессы в системе и отображающие процессы теплопередачи, электрического нагрева, изменения плотности и скорости движения массы через мундштук при прессовании.

Непосредственное решение такой системы уравнений нецелесообразно из-за значительных затрат вычислительных ресурсов и времени, необходимых для расчета нестационарных температурных полей в элементах производственной системы.

Как правило, алгоритмы моделирования базируются на том, что исходная математическая задача заменяется некоторой более простой или последовательностью более простых задач. Решение этих более простых задач трактуется как приближенное решение задачи исходной, т.е. фактически используется некоторая модель исходной задачи.

Поэтому более целесообразным является применение приближенных подходов, основанных на комбинациях известных методов объектно-ориентированных многомерных конечных элементов и тепловых схем их соединения.

Многомерные конечные элементы образуются путем рассечения плоскостями, которые перпендикулярны оси системы. Для каждого из этих элементов определяются тепловые сопротивления. Сопряжение многомерных элементов осуществляется в узлах тепловой схемы замещения, а учет стоков – источников тепловой мощности, обусловленных индукционным нагревом и локальной скоростью изменения теплосодержания, учитываются источниками тепловой мощности, которые вводятся в соответствующие ветви схемы замещения.

Приближенные описания ограничений по температурным полям могут быть получены на основе хорошо разработанных в теплотехнике известных методов расчета тепловых схем замещения.

Синтез схем тепловых замещения для построения детерминированной модели выполняется поэтапно.

На первом этапе синтеза, расчетная область разбивается на многомерные элементы, и устанавливаются координаты точек, характеризующих геометрию каждого элемента и его составляющих. Формируются массивы геометрических и конструктивных признаков, однозначно определяющих форму, размеры и состав каждого элемента в расчетной области.

На втором этапе каждый элемент схемы геометрически совмещается с соответствующим участком многомерного конечного элемента, а узлы в местах соединения элементов схемы жестко привязываются к точкам колокации с известными координатами, которые располагаются на граничных поверхностях сопряжения многомерных конечных элементов или их составляющих. Т.е. узлы схемы замещения условно можно рассматривать как сосредоточенные «тепловые массы». На этом этапе формируются массивы координат узловых точек схем замещения.

На третьем этапе по массивам координат узловых точек и массивам признаков, отображающих конструктивное строение многомерного конечного элемента, формируются начальные приближения массивов тепловых свойств в соответствующих точках колокации многомерных конечных элементов и их составляющих.

На четвертом этапе по массивам электрических, теплофизических и геометрических свойств многомерных конечных элементов рассчитываются начальные значения

параметров электрической и тепловой цепи, источники (стоки) тепловой мощности.

На пятом этапе совмещенные элементы тепловой схемы замещения выводятся из расчетной области и становятся самостоятельными объектами. Это наиболее трудоемкий этап, связанный с учетом влияния геометрической формы многомерных конечных элементов на параметры схемы замещения.

Особенности применения моделей управления требуют разработки специальных подходов к определению параметров схем замещения, которые должны совмещать достаточную точность с высокой эффективностью численной реализации и общностью полученных результатов. В этом случае можно ориентироваться на хорошо разработанный математический аппарат аналитического решения задач теплопроводности.

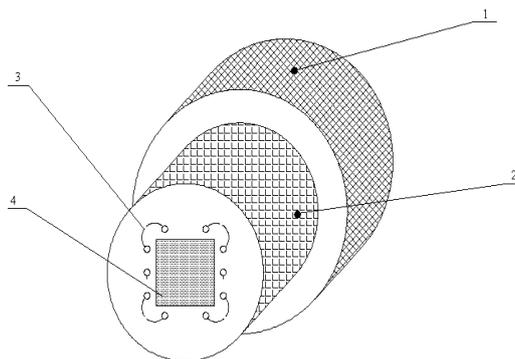


Рисунок 1 – Общий вид мундштука:

1 – индуктор заходной части мундштука, индуктор калибра, 3 – свечи, 4 – подовая масса

Таким образом, математическая модель электрического нагрева мундштука может быть сопряжена с математической моделью трехслойной тепловой схемы замещения (рис. 2).

Узлы слоев этой схемы замещения имеют двухзначное обозначение. Первая цифра в обозначении узла обозначает привязку многомерных конечных элементов к осевому размеру мундштука:

- 0 – торцевая поверхность со стороны зона захода,
- 1 – зона захода мундштука,
- 2 – зона калибра,
- 3 – зона выхода заготовки,
- 4 – торцевая поверхность со стороны выхода заготовки.

Вторая цифра обозначения узла означает привязку многомерного конечного элемента к радиальному размеру мундштука по изотермической поверхности с заданной температурой (в поперечном сечении многомерного конечного элемента):

- 1 – внутренняя поверхность (слой) многомерного конечного элемента в мундштуке со стороны заготовки,
- 2 – граница сопряжения многомерных конечных элементов в радиальном направлении,
- 3 – наружная поверхность (слой) многомерного конечного элемента со стороны индуктора.

Например, обозначение узла 11 означает:

первая цифра – 1, что этот узел схемы относится к зоне захода мундштука, вторая цифра – 1, что этот узел принадлежит многомерному конечному элементу, внутренняя поверхность которого сопрягается с прессуемой массой через «броню».

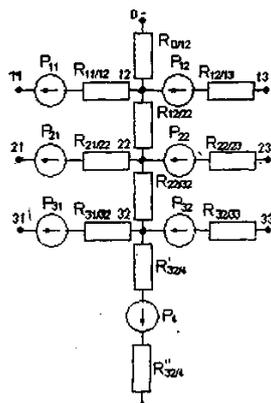


Рисунок 2 – Трехслойная тепловая схема замещения

Обозначения тепловых сопротивлений в слоях схемы замещения содержат дробные индексы, числитель которых соответствует левому узлу схемы, а знаменатель – правому. Тепловые сопротивления, связывающие между собой слой схемы также имеют дробные индексы, числитель которых соответствует верхнему узлу, а знаменатель – нижнему.

Источники в тепловой схеме учитывают изменение теплосодержания, которое пропорционально локальной скорости изменения средней температуры в поперечном сечении мундштука для соответствующих многомерных конечных элементов, образующих слой; а также тепловыделение, обусловленное индукционным нагревом.

Трехслойная тепловая схема характеризует тепловые режимы работы системы только для одного квадранта, т.е. имеет ограничение по осям симметрии мундштука. Для учета влияния несимметричных тепловых нагрузок строится тепловая схема путем параллельного соединения четырех схем трехслойных схем (рис. 2) в узлах 12, 22, 32 через тепловые сопротивления, характеризующие теплопередачу в радиальном направлении.

На шестом этапе синтеза, по схеме замещения определяются приближения узловых значений температур.

На седьмом этапе синтеза по результатам измерения температур и статистическими методами уточняются значения коэффициентов неравномерности поля температур и параметров схемы замещения, после чего пятый, шестой и седьмой этапы повторяются столько раз, пока итерационная погрешность в определении узловых потенциалов не достигнет установленной точности.

В дальнейшем параметры схемы замещения и коэффициенты неравномерности температурного поля в мундштуке должны рассчитываться и уточняться по результатам измерения (и их статистической обработки) температур в мундштуке при нагревании – охлаждении мундштука в различных технологических режимах.

Разработанная тепловая трехлинейная тепловая схема замещения мундштука в сопряжении с его математической моделью дает возможность рассчитать его нестационарный и квазистационарный тепловые режимы.

УДК 621.313:621.3.017

Яримбаш С.Т., Коцур І.М.

ТЕПЛОВА СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ МУНДШТУКА ПРЕСА З ЕЛЕКТРИЧНИМ ОБОГРІВОМ

Наведено теплова схема заміщення мундштука преса з електричним обігрівом. В поєднанні з математичною моделлю електричного обігріву мундштука дає можливість розрахувати нестационарний та квазістационарний теплові режими.