

Куркин Е.И., Садыкова В.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ МНОГОФАЗНОЙ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ

Короткоармированные композиционные материалы в силу своих структурных свойств удачно аккумулирует в себе уникальные свойства традиционных полимерных композиционных материалов и высокие технологические возможности изготовления литъём под давлением в формы. Наиболее высокими механическими характеристиками обладает композиционный материал на основе коротких углеродных волокон в полиэфирэфиркетоновой матрице (PEEK/CF). Такой материал обладает высоким модулем продольной упругости и в то же время большим пределом прочности. Данный доклад посвящен разработке методов проектирования изделий из PEEK/CF и расчета параметров литья.

Моделирование инжекционного литья пластины проводилось в программном комплексе Moldex3D. Геометрия оснастки для литья пластины состоит из литника и заполняемой формы. На основании геометрических характеристик пластины и литника создана трехмерная геометрическая модель литниковой области (рисунок 1). Размеры пластины выбираются с целью обеспечения возможности вырезки образцов для проведения натурных испытаний механических характеристик при растяжении в поперечном и продольном армированном направлении в соответствии со стандартом ASTM D3039M. Исходя из схем вырезки образцов размеры пластины выбраны 150 x 200 мм. Номинальная толщина пластины предполагается равной 4 мм. Трёхмерные геометрические модели литьевого изделия импортируются из CAD-системы в Moldex 3d через STEP формат обмена данными между системами САПР – файл *.stp.



Рисунок 1 – Трёхмерная геометрическая модель литниковой области плоской пластины

После загрузки трехмерной геометрической модели расчетной области в программе Moldex3D eDesign задаются характеристики теплообменной системы спроектированной литниковой оснастки. Оптимальное сочетание геометрических параметров оснастки (расположение впускных литников и каналов системы охлаждения, диаметр и длина литника, положение плоскости разъёма матриц, диаметр, длина, конфигурация и

расположение каналов для подвода тепла) позволяет достичь наибольшей скорости и полноты заполнения формы при литье, обеспечивающие рациональное распределение потоков, предотвращающие эффект неполного впрыска и возникновения линий спая, минимизирующие время цикла литья, уменьшающие коробления и усадки. Для моделирования течения оснастки в системе Moldex3D Disigner построена конечно элементная модель литниковой области.

Для исследования процесса литья материала, содержащего армирующие волокна, используется модуль Moldex3D/Fiber. Он обеспечивает точное моделирование трёхмерной ориентации волокон в вызванные данным процессом анизотропные термо-механические свойства армированных волокнами деталей из пластмассы. Характеристики материала представлены на рисунках 2, 3.

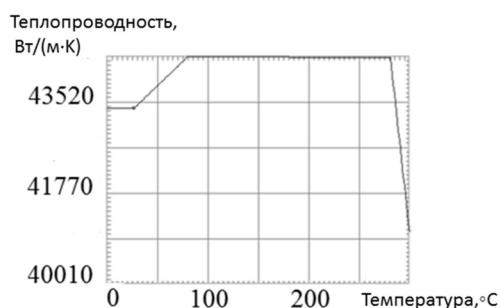


Рисунок 2– Зависимость давление-объём-температура для материала PEEK 90HMF20

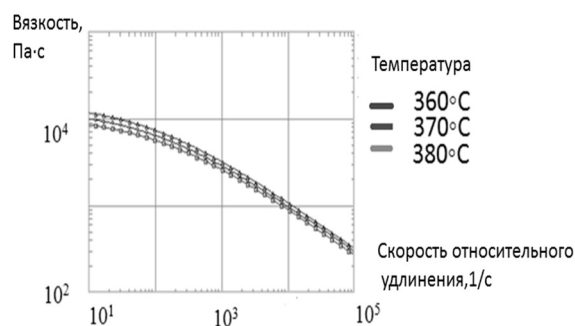


Рисунок 3 – Вязкость PEEK 90HMF20

Технологические параметры литьевого процесса задаются в Moldex3D с помощью Мастера технологического режима. Задание условий моделирования максимально приближено к заданию параметров литья в системе управления литьевой машиной Negri Bossi – VE 210-1700.

Гидродинамический расчет литья пластины в Moldex 3D показывает полное прохождение фронта литья (Рисунок 4а). Время заполнения пластины – 4,7 секунды. Результаты расчета предоставляют подробную информацию о процессе заполнения литьевой формы, в том числе о распределении температуры (Рисунок 4б) и давления расплава (Рисунок 4в). Максимальная температура в процессе литья составила 359 °С, давление составило 96 МПа.

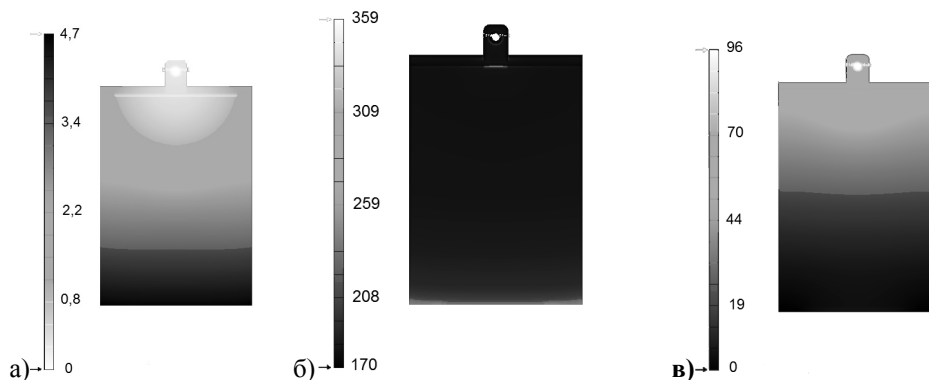


Рисунок 4 – Распределение: а) фронта литья в с, б) температуры расплава в °С, в) давления расплава в МПа

Результатом является также степень ориентации волокон, выраженная через тензор ориентации (рисунок 5).

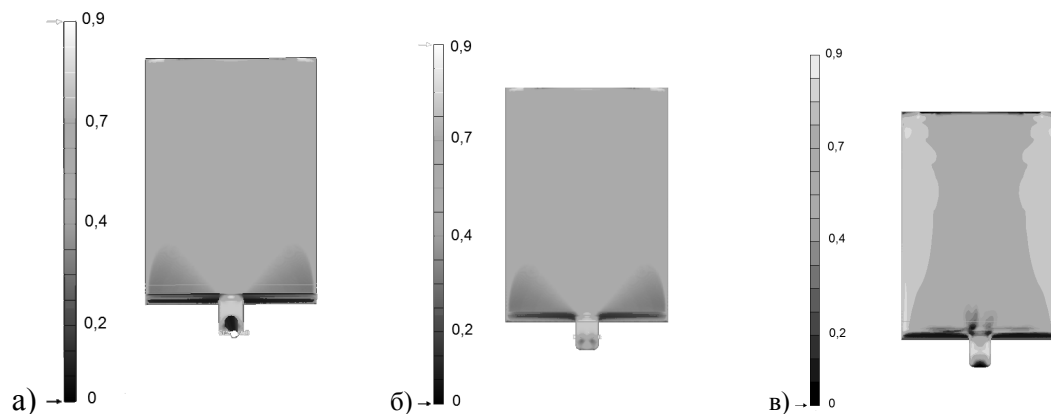


Рисунок 5 – Степень ориентации волокон в продольном направлении: а) на верхней поверхности пластины, б) на нижней поверхности пластины, в) в центральной части пластины

Изучая ориентацию волокон при литье пластины, можно отметить, что поверхностные слои имеют более упорядоченную структуру по сравнению с внутренним слоем вследствие разворота волокон под действием сдвигового потока (так называемый «core effect»). Чем выше скорость впрыска, тем выше градиенты скоростей по толщине и тем сильнее разница в ориентации поверхностных и внутренних слоев. Прочность и жесткость образца пропорциональна степени упорядоченности, или степени ориентации волокон. Данный феномен был подтвержден расчетными исследованиями в Moldex3D - на рисунке 6 представлена структура армирования в центральном сечении пластины, подтверждающее характер такого течения.

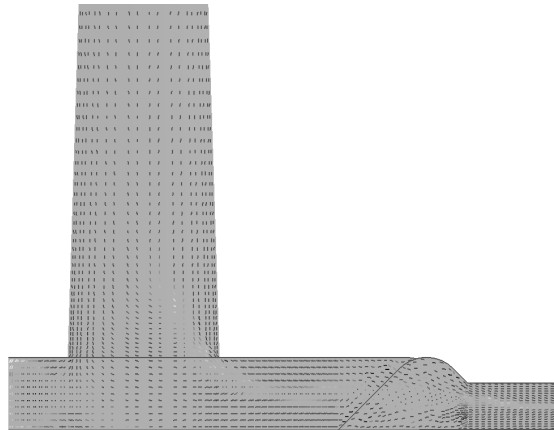


Рисунок 6 – Структура армирования в центральном сечении пластины

Результаты моделирования подтвердили формирование неоднородной структуры армирования, в том числе по толщине пластины. Результаты расчета ориентации волокон сохранены в файл ориентации *.o2d, позволяющий учитывать ориентацию волокон при прочностном анализе изделий из изготавливаемого материала. Разработана методика расчета параметров литья термопластов, армированных короткими высокопрочными волокнами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.