

УДК 677.021.122.6

Г.С. Баронин, К.В. Шапкин

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ**

Физической основой всех технологических процессов переработки полимеров в твердой фазе является развитие пластической деформации в условиях гидростатического давления. Механизмы пластической деформации и холодного течения полимеров являются в настоящее время предметом детального

изучения у нас и за рубежом в силу их теоретического и прикладного значения. Важную роль при этом играют методы и средства компьютерного моделирования и вычислительной механики.

Долгое время при изучении пластической деформации материалов в основе большинства численных методов лежали подходы, развиваемые в рамках механики сплошных сред, что во многом обусловлено спецификой рассматриваемых проблем, связанных с исследованием течения упруго-пластических сред.

При этом следует отметить, что даже для достаточно простых полимеров с квазиоднородной структурой возникновение областей локализованной деформации, например при переходе через предел текучести, ставит континуальные методы перед практически непреодолимыми трудностями. Еще более остро стоит вопрос при моделировании поведения сложных полимерных композиционных материалов, в том числе полимерных сплавов, в условиях интенсивных внешних воздействий, в частности, при высоком давлении в сочетании с деформациями сдвига (ВД + СД), сопровождающихся эффектами интенсивных мод вихревых (роторных) и трансляционных локализованных деформаций.

Количественное исследование подобных явлений, сопровождающих реальные технологические процессы переработки полимеров в твердой фазе, возможно на основе физической мезомеханики структурно неоднородных сред – науки, которая интенсивно развивается в последнее десятилетие [1, 2].

Развитые в физической мезомеханике представления о структурных элементах деформации (СЭД), масштабных и структурных уровнях деформируемого твердого тела позволили предложить простую классификацию всех возможных механизмов пластической деформации металлических материалов. Явление масштабной инвариантности позволяет представить любую деформацию в виде определенного сочетания элементов масштабных уровней. При этом появилась возможность сформулировать общий алгоритм компьютерного моделирования деформируемого тела на основе представлений о СЭД различного масштаба [2].

Современные теоретические представления и экспериментальные результаты исследований природы пластической деформации с позиций физической мезомеханики стеклообразных и поликристаллических материалов представлены в работах [3, 4]. Установлено, что в стеклообразных полимерах с самого начала пластическая деформация происходит путем распространения полос локализованной деформации в направлении максимальных касательных напряжений. С самого начала развития пластическая деформация сопровождается развитием микротрещин, которые являются аккомодационной поворотной модой деформации. При этом экспериментально установлено, что процессам трещинообразования обязательно предшествуют процессы структурного размягчения или молекулярного скольжения.

В поликристаллических полимерах возможно образование дислокаций и скольжение их по кристаллографическим плоскостям кристаллита. Однако наличие аморфной фазы в объеме полимера делает невозможным выход дислокаций на поверхность кристаллита и поэтому деформация их на микромасштабном уровне и объеме подавлена. В частично кристаллических полимерах включения кристаллической фазы в виде мезообъемов перемещаются в аморфной матричной фазе с самого начала пластической деформации, т.е. при деформации частично кристаллического полимера с самого начала пластического течения включается мезоуровень – II. В некоторых случаях, при упрочнении аморфной фазы кристаллического полимера в результате стеклования высокоэластичной фазы в условиях высокого давления, а также при предварительном ориентационном упрочнении в режиме твердофазной экструзии, в процесс пластической деформации включается мезоуровень – I с формированием более мелкой мезосубструктуры, что обеспечивает повышение прочности материала.

Разработан общий алгоритм компьютерного моделирования пластически деформированного частично кристаллического полимера в условиях высокого давления на основе представлений физической мезомеханики. Сформулированный алгоритм учитывает следующие особенности поведения полимера в процессах пластического деформирования в твердой фазе:

- 1 Пластическая деформация на микроуровне подавлена.
- 2 Пластическая деформация развивается на надмолекулярном уровне (уровни мезо – I и мезо – II).
- 3 Микротрещины в объеме полимера образуются с самого начала деформирования и являются аккомодационной поворотной модой деформации.
- 4 Дислокации в частично кристаллических полимерах ведут себя подобно сдвиговым дефектам в стеклообразных полимерах.
- 5 Деформирование полимера завершается на макромасштабном уровне по полосе локализованной деформации разрушением материала.
- 6 Для описания движения взаимодействующих СЭД (надмолекулярных структур полимера) используются уравнения механики только на мезо- и макроуровнях.

Весьма важным направлением компьютерного моделирования, применительно к твердофазным процессам переработки полимеров, является использование этих технологий для проектирования технологической оснастки. Для конструирования технологической оснастки рекомендуется использовать новейшую систему автоматизированного проектирования Autodesk Inventor. Данная программа разработана для трехмерного проектирования оснастки на предприятиях машиностроительного профиля и, после корректировки с учетом усадки полимера, использовалась авторами при проектировании оснастки для объемной штамповки корпусов из АБС – пластика и высокочастотных изоляторов из фторопласта – 4.

Трехмерная модель готового изделия (штампа) выполняется методами твердотельного моделирования; при этом обеспечивается создание сборочных моделей с выпуском конструкторской документации. Детали штампа получают в результате логических операций, заложенных в программу по модели штампуемого изделия. Разработка комплекта конструкторской документации штампа, выполненного с элементами адаптивной технологии, отменяет необходимость контрольных сборок и гарантирует отсутствие размерных ошибок. Благодаря повышению качества проектирования из-за уменьшения количества ошибок и гарантированного ускорения проектных работ, заметно сокращаются сроки подготовки производства.

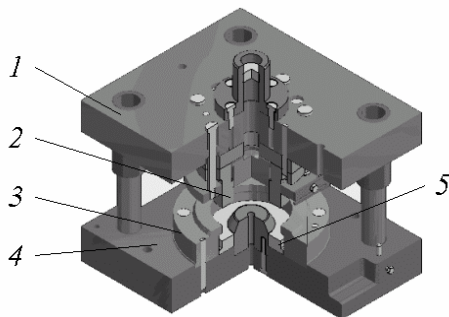


Рис. 2 Модель прессформы для объемной штамповки изолятора из фторопласта – 4, спроектированная по модели детали:
1 – верхняя плита; 2 – пуансон; 3 – матрица; 4 – нижняя плита; 5 – изделие

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука, 1990. 255 с.
- 2 Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: В 2-х т. / Под ред. В.Е. Панина. Новосибирск: Наука, 1993. 140 с.
- 3 Баронин Г.С., Физико-химические и технологические основы переработки полимерных материалов в твердой фазе. Пластичность полимеров // Химической промышленности, 2001. № 11. С. 48 – 51.
- 4 Баронин Г.С., Кербер М.Л., Минкин Е.В., Радько Ю.М. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы. М.: Машиностроение-1, 2002. 320 с.