

УДК 535.529:541.64

Математическая модель процесса формования пленок из раствора полимера

Е.Н. Калинин, Г.В. Пышнограй
АлтГПА, г. Барнаул

В современном мире полимеры занимают важное место. В медицине, сельском хозяйстве, промышленности, в повседневной жизни мы каждый день сталкиваемся с изделиями из полимерных материалов. Благодаря своим особым свойствам и высоким темпам производства, они могут заменять дорогостоящие и дефицитные материалы, обеспечивая огромную экономию. Использование прогрессивных методов изготовления полимерных изделий (литье под давлением, экструзия и др.) значительно повышается производительность труда.

В будущем появится и много новых полимерных материалов – прочных, легких, эластичных. Поэтому вопрос о проектировании, производстве и последующей утилизации изделий из полимеров особо актуален (например, как контролировать качество, сохранить и регулировать их эксплуатационные свойства, решать ряд оптимизационных задач и т.д.). Для получения ответов на подобные вопросы используют математическое моделирование. Его основой является математическая модель, которая должна быть достаточно простой и отражать все особенности исследуемого процесса, в качестве которого рассмотрим процесс получения полимерной пленки методом полива раствора полимера.

Растворная технология используется для полимеров, температура плавления которых превышает температуру их термического разложения. Данный метод заключается в последовательном выполнении трех основных стадий: приготовления формовочного раствора полимера определенной концентрации, его полива через фильеру на полированную поверхность (бесконечная лента или барабан), удаление растворителя (испарением или с использованием осадительной ванны). Для снятия внутренних напряжений, а также повышения физико-механических характеристик получаемых пленок в процессе формования применяют термическую обработку, либо одно- или двухосную ориентацию.

Каждая стадия обладает определенными особенностями, которые необходимо учитывать при построении математической модели, а

также для достижения высокого качества. В частности, процесс формования характеризуется фазовыми релаксационными переходами. При фазовом переходе в пленочной структуре происходит неравномерное изменение геометрических размеров образца, что в итоге приводит к появлению «эффекта шейки». Затвердевание обусловлено массопереносом. Увеличивается концентрация полимера, что приводит к резкому повышению вязкости полимерной системы.

Процесс изготовления полимерной пленки из раствора изначально более сложен, поскольку система является двухкомпонентной. Поэтому он представляет отдельный интерес с научных и практических точек зрения.

В работе на основе реологической модели Виноградова-Покровского построена математическая модель исследуемого процесса в одномерном приближении, что позволяет достаточно просто найти зависимости концентрации растворителя, геометрических размеров, скорости формирования и растягивающего напряжения пленки от расстояния до выхода из фильеры. Полученную модель привели к безразмерному виду, для чего были введены безразмерные критерии подобия: диффузионное число Пекле (Pe), диффузионное число Нуссельта (Nu), а также число Рейнольдса (Re) и Вайсенберга (We).

Кроме того, исследовано влияние безразмерных параметров (Pe , Nu , Re , We) на зависимости концентрации растворителя, полуширины пленки и скорости формирования от расстояния до выхода из фильеры. Проанализировав полученные результаты, выяснили, что число Вайсенберга и Рейнольдса оказывают незначительное влияние, в отличие от диффузионных параметров (Pe и Nu).

Также выяснили, как зависит остаточная концентрация растворителя в пленке от концентрации растворителя в окружающей среде. Оказывается, что для потребительских свойств лучше, если в технологическом процессе использовать окружающую среду с невысокой концентрацией.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-01-00033).