

УДК 537.226

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЯЖЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ МАКРОРАЗРУШЕНИИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

З.А. ГРИГОРЯН, Г.Т. ОВАНЕСОВ

Государственный университет Гориса

(Поступила в редакцию 10 апреля 2006 г.)

Проведен анализ механических свойств полимерных пленок при различных способах деформации, включающих отслаивание и отрыв. Получено соотношение для количества тяжей, образование которых возможно в пленке полимера при различных способах деформирования.

Особенности макроразрушения клеевых пленок и их механические свойства зависят от способа и скорости деформации [1,2]. Так, при малых скоростях деформации клеевой пленки полимера, находящейся между двумя субстратами, наблюдается образование тяжей [1]. Одновременно характеристики механических свойств и особенности макроразрушения клеевого крепления зависят от способа деформирования (отслаивание, отрыв и др.).

Целью настоящей работы является разработка методики расчета количества тяжей при различных способах деформации полимерной клеевой пленки.

Деформация клеевой пленки, находящейся между двумя субстратами, возможна только при нарушении ее монолитности, которое сопровождается образованием тяжей. При высоких скоростях деформации макроразрушение клеевой пленки происходит по адгезионному механизму или по поверхности, находящейся вблизи плоскости субстрата [1,3]. В этом случае клеевая пленка практически не деформируется, то есть расстояние между субстратами, при котором происходит полное макроразрушение клеевого крепления, возрастает незначительно.

Анализ, проводимый в работе, основан на том, что весь процесс образования и развития тяжей связан с ограничением сжимаемости клеевой пленки в направлении, перпендикулярном деформации, ввиду несоизмеримости линейных размеров поверхности соприкосновения клеевой пленки и субстрата и ее толщины, а также вызван условием сохранения объема полимера при его деформации [1,2]. При этом увеличение числа тяжей в клеевой пленке будет происходить до тех пор, пока полностью не будет исключено ограничение ее сжимаемости при деформации, что возможно только при таком их количестве, когда для каждого отдельного тяжа, приведенного в недеформированное состояние, будет выполняться условие однородности деформации при одноосном растяжении, которое может быть записано в виде

$$d_t = l_0 / K , \quad (1)$$

где d_t и l_0 – соответственно, диаметр и длина единичного тяжа, приведенного в

недеформированное состояние, а K – коэффициент, который зависит от структуры полимера, температуры и скорости деформирования и обычно имеет значение $K \geq 6$.

В работе рассматриваются три способа деформации клеевых пленок, каждый из которых определяет особенности ограничения сжимаемости, а два из них наиболее типичны и обычно применяются при испытании механических свойств клеевого крепления двух субстратов [4-6], – это сопротивление отслаиванию и сопротивление отрыву. Одним из способов изучения механических свойств, рассматриваемых в работе, является деформация растяжения тем, что ширина пленки больше длины (высоты) и значительно больше толщины [5-8]. Для такой полимерной пленки ограничение сжимаемости будет только в ее плоскости в направлении, перпендикулярном деформации.

В процессе отслаивания субстратов сжимаемость клеевой пленки ограничена во всех направлениях в плоскости клеевой пленки, кроме перпендикулярного ее границе, по которой производится ее расслаивание. При деформации в процессе отрыва двух субстратов сжимаемость ограничена во всех направлениях в плоскости клеевой пленки, перпендикулярной направлению деформации.

Запишем выражение для числа тяжей n_0 , образование которых возможно в клеевой пленке, для каждого из способов определения механических свойств пленки полимера. При одноосном растяжении пленки полимера имеем

$$n_0 = d_0 d_t / S_t, \quad (2)$$

где d_0 – ширина пленки полимера, d_t – ее толщина (для простоты анализа принимается, что d_t равна диаметру тяжей, которые образуются в процессе деформации пленки полимера) и S_t – площадь поверхности торца тяжа.

Поскольку

$$S_t = \pi d_t^2 / 4, \quad (3)$$

то, подставив соотношение (1) в (3) и затем полученное выражение для S_t в (2), запишем его в следующем виде:

$$n_0 = 4Kd_0 / \pi l_0. \quad (4)$$

Аналогичным методом для случая двух склеенных субстратов при их отслаивании соотношение для количества тяжей, образование которых возможно в клеевой пленке, запишем в виде

$$n_0 = S_0 / S_t \quad (5)$$

и с учетом соотношений (1) и (3) получим

$$n_0 = 4K^2 S_0 / \pi l_0^2. \quad (6)$$

При отрыве двух субстратов соотношение для количества тяжей запишется в виде

$$n_0 = V_0 / V_t \quad (7)$$

и, соответственно, с учетом соотношений $V_t = \pi d_t^2 l_0 / 4$ и (1), получим:

$$n_0 = 4K^2V_0 / l_0^3\pi. \quad (8)$$

Зависимость числа тяжей от высоты полимерной ленты при ее неодоосном растяжении и толщины клеевой пленки в процессе отслаивания и отрыва определяется из соотношений (4,6,8) при постоянных значениях, соответственно, ширины ленты d_0 , поверхности клеевой пленки S_0 и ее объема V_0 . Из соотношения (6) следует, что при определении сопротивления отслаивания для двух склеенных субстратов механические характеристики зависят от особенности образования тяжей (их количества) непосредственно в области, где в любой данный момент времени и, соответственно, в конкретной части склейки происходит макроразрушение и которая имеет постоянную величину поверхности контакта S_0 клеевой пленки с субстратом.

В общем случае соотношения (4,6,8) можно записать в виде

$$n_0 = A_v \cdot l_0^{-v}, \quad (9)$$

где коэффициент A_v зависит от способа определения механических свойств клеевой пленки или пленки полимера, то есть способа ограничения ее сжимаемости, а v принимает целочисленные значения $v = 1, 2, 3$. Из соотношения (9) следует, что число тяжей, образование которых возможно в клеевой пленке, обратно пропорционально ее длине при $v = 1$ и толщине клеевой пленки при $v = 2$ и 3.

В случае, если определяются механические свойства пленки полимера при неодоосном растяжении, $v = 1$, а $A_1 = 4Kd_0/\pi$.

При определении механических характеристик клеевой пленки полимера, находящейся между двумя субстратами, если адгезионная отслаивания $v = 2$, то $A_2 = 4K^2S_0/\pi$ и для сопротивления отрыва $v = 3$, а $A_3 = 4K^2V_0/\pi l_0^3$.

Проведенный анализ механизма образования тяжей в полимерных пленках позволил получить обобщенное соотношение (9) для определения количества тяжей, образование которых возможно при различных способах деформирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Т.Ованесов, В.Г.Баранов, С.Я.Френкель. Высокомолекулярн. соедин. Б, **28**, 762, (1986).
2. Г.Т.Ованесов, Р.С.Зурабян, А.Г.Абрамян, В.Г.Баранов, С.Я.Френкель. Высокомолекулярн. соедин. Б, **30**, 642, (1988).
3. Г.М.Бартенев, Ю.В.Зеленев. Физика и механика полимеров. М., Высшая школа, 1983.
4. Д.А.Кардашев. Синтетические клеи. М., Химия, 1968.
5. Л.Треолар. Физика упругости каучука. М., ИЛ, 1953.
6. Г.К.Ельяшевич, А.Г.Козлов., И.Т.Монева. Высокомолекулярн. соедин., Б, **40**, 483 (1998).
7. А.Р.Давыдов, Э.В.Прут. Высокомолекулярн. соедин., А, **38**, 1576 (1996).
8. З.А.Григорян. Изв. НАН Армении, Физика, **37**, 191 (2002).

ՊՈԼԻՄԵՐԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՄԱԿՐՈԽՉՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ
ԱՌԱՋԱՑԱԾ ՁԳԱԿԱՊԵՐԻ ՔԱՆԱԿԻ ՀԱՇՎԱՐԿ

Զ.Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Գ.Թ. ՕՎԱՆԵՍՈՎ

Կատարված է պոլիմերային թաղանթների մեխանիկական հատկությունների անալիզ դեֆորմացիայի տարբեր եղանակների դեպքում ներառյալ շերտազատումը և կտրումը: Ստացված է արտահայտություն դեֆորմացիայի տարբեր եղանակների դեպքում առաջացած ձգակապերի քանակի համար:

*CALCULATION OF NUMBER OF TRACTIONS FORMING
AT MACRODESTRUCTION OF POLYMER FILMS*

Z.A. GRIGORYAN, G.T. OVANESOV

An analysis of mechanical properties of polymer films is carried out for different ways of deformation including scaling and pulling off. An expression for the number of tractions for different ways of deformation is obtained.