

УДК 541.12

Г. А. ВЕРШИНА, А. Ю. ПИЛАТОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО И БЕЗОТХОДНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗРЕЗНЫХ КОЛЕЦ ИЗ ФТОРОПЛАСТОВЫХ ЗАГОТОВОК СТАНДАРТНОГО РЯДА

Белорусский национальный технический университет

(Поступила в редакцию 12.05.2010)

Анализ современного рынка машиностроения показывает, что значительная часть выпускаемых изделий изготавливается из нетрадиционных материалов и, в частности, из фторопластов или их аналогов. Свойства фторопласта уникальны, его химическая стойкость к кислотам и щелочам сравнима с золотом. Фторопласт имеет низкий коэффициент трения и достаточно широкие рабочие температурные пределы для пластмасс от $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+260\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1–2]. В то же время это относительно дорогой материал, поэтому повышение коэффициента его использования является актуальной задачей при производстве изделий.

Перечень выпускаемых в настоящее время в России, Китае и ряде других стран заготовок из фторопласта и фторопластовых композиций достаточно широкий, но при любом способе их изготовления при получении готовой детали имеет место значительный отход данного материала. При этом точность обработки деталей существенно зависит от температуры окружающей среды. Малейший нагрев детали в процессе резания приводит к отклонению размеров из-за интенсивно изменяющегося коэффициента линейного расширения (рис. 1). Учитывая высокую стоимость фторопласта, широкое развитие получила технология изготовления разрезных фторопластовых колец из профильной ленты, получаемой при применении специального лезвийного инструмента. Такой способ позволяет минимизировать отходы при изготовлении неразрезных колец и других уплотнительных и защитных изделий, поскольку допуск заготовки используется на получение фторопластовой ленты. Современная технология машиностроения представляет ряд разнообразных способов [3–6], суть которых заключается в наматывании фторопластовой ленты на калибр с последующими ее нагреванием, термофиксацией и разрезкой (рис. 2). Одинаковые размеры оправок отсутствуют в зависимости от ширины ленты, диаметра кольца и способа намотки.

Цель данной статьи – разработка методики расчета инструмента и приспособления для получения точных размеров колец.

По определению, наклон винтовой канавки равен

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{\pi D}, \quad (1)$$

где b – линейный шаг намотки; D – диаметр оправки.

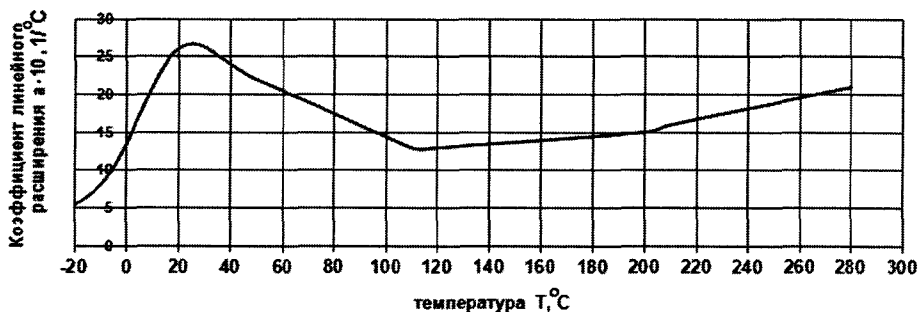


Рис. 1. Изменение коэффициента линейного расширения фторопласта

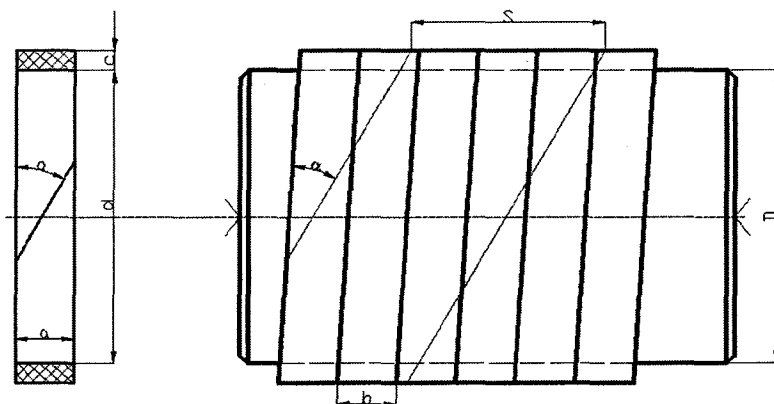


Рис. 2. Расчетная схема кольца и его разрезки из профильной ленты

Следует учесть, что намотка может быть левой и правой. В зависимости от угла разрезки кольца α (рис. 2) намотку следует производить так, чтобы было натяжение витков от сил резания, поскольку их ослабление может привести к неточности изготовления колец или потребуются специальное приспособление для фиксации витков. В случае разрезки спиральной ленты с ослаблением витков силами резания диаметр оправки D всегда будет меньше, чем внутренний диаметр стандартного кольца d . При разрезке же колец с натяжением витков силами резания диаметр оправки D всегда будет больше, чем внутренний диаметр стандартного кольца d . Это обстоятельство означает, что нагревание и термофиксацию колец следует производить на оправке меньшего диаметра по сравнению с внутренним диаметром стандартного кольца, а затем термофиксированную спиральную ленту надевать для разрезки на оправку диаметра D . Определить диаметр оправки позволяет расчетная схема развертки кольца (рис. 3).

Из рис. 3 следует, что

$$b = \frac{a}{\cos \beta}, \quad (2)$$

а также

$$\sin \beta = \frac{a}{\pi D}. \quad (3)$$

Чтобы кольцо после разрезки соответствовало стандартным размерам, требуется выполнение следующих условий. При разрезке с натяжением витков ($\alpha < 90^\circ$ для левой намотки и $\alpha > 90^\circ$ для правой намотки)

$$\frac{b}{\sin \beta} - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} + a \operatorname{tg} \beta = \pi d. \quad (4)$$

При разрезке с ослаблением витков ($\alpha < 90^\circ$ для правой намотки и $\alpha > 90^\circ$ для левой намотки). В случае $D < d$

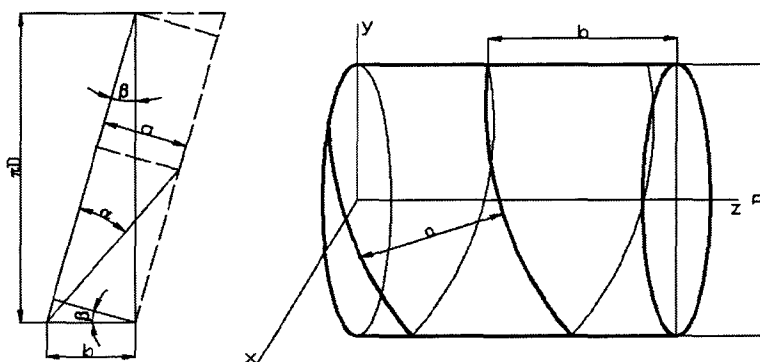


Рис. 3. Расчетная схема развертки кольца

$$\frac{b}{\sin \beta} + \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} + a \operatorname{tg} \beta = \pi d. \quad (5)$$

Обозначим

$$\pi d + \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} = C. \quad (6)$$

В этом случае диаметр оправки больше внутреннего диаметра стандартного кольца $D > d$ и только за счет упругости кольца, обеспечиваемой термофиксацией еще на меньшем диаметре оправки, кольцо приобретает стандартный вид.

В противном случае при $d > D$

$$\pi d - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} = C. \quad (7)$$

В общем случае имеем

$$\frac{b}{a} \pi D + a \frac{b}{\pi D} = \pi d + \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (8)$$

или

$$b \frac{\pi^2 D^2 + a^2}{a \pi D} = \pi d + \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (9)$$

Тогда, учитывая (2), получаем

$$\frac{a}{\cos \beta} \frac{\pi^2 D^2 + a^2}{a \pi D} = C. \quad (10)$$

С учетом формулы (3), а также основных тригонометрических соотношений развертки (рис. 3) и преобразований будем иметь

$$\frac{\pi^2 D^2 + a^2}{\sqrt{\pi^2 D^2 - a^2}} = C. \quad (11)$$

После подстановки полученных соотношений (10)–(11) и раскрытия иррациональностей в преобразованном уравнении (9) имеем

$$D^4 + \frac{D^2}{\pi^2} (2a^2 - C^2) + \frac{C^2}{\pi^4} (a^2 + C^2) = 0. \quad (12)$$

Диаметр оправки D может быть определен в ходе решения последнего биквадратного уравнения (13) подстановкой соответствующей константы C по формулам (6) или (7). Для случая резки с натяжением витков при $D > d$

$$D = \sqrt{\frac{1}{2\pi^2} (C^2 - 2a^2) + \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi^2} (C^2 - 2a^2) \right]^2 - \frac{a^2}{\pi^4} (a^2 + C^2)}}. \quad (13)$$

При диаметре оправки D , меньшем чем внутренний диаметр кольца d , формула (13) будет иметь аналогичный вид с учетом подстановки соответствующей константы (7).

Чтобы обеспечить резку спиральной ленты для получения колец с углом α , требуется выбрать шаг S резки. При этом он может быть также как правым, так и левым:

$$S = \pi D \operatorname{tg} \gamma, \quad (14)$$

где γ – угол, определяемый в зависимости от ослабления либо натяжения витков силами резания

При резке с ослаблением витков силами резания

$$\gamma = \alpha + \beta. \quad (15)$$

В противном случае

$$\gamma = \alpha - \beta. \quad (16)$$

После разрезки колец удобно провести их упаковку на оправке в плотную бумагу или полиэтиленовую пленку. При освобождении оправки за счет упругости материала кольца занимают правильную форму.

Таким образом, технология изготовления фторопластовых разрезных колец нетрадиционными методами, а именно резанием лезвийным инструментом профильной ленты, с последующими намоткой на оправку, термическим воздействием и активной упаковкой обеспечивает высокую производительность, стабильность размеров в процессе хранения и транспортировки изделий вне зависимости от параметров окружающей среды. При надлежащей отладке инструмента и процессов термофиксации коэффициент использования фторопласта при производстве разрезных колец может достигать 0,95 (чем больше по габаритным размерам заготовка, тем выше коэффициент использования фторопласта).

Литература

1. ГОСТ 1007–80.
2. Коршаков В. В. Технология пластических масс. М. 1972, 614 с.
3. А. с. СССР 675239 А1: МПК F 16J 19/00; 25.07.1979.
4. А. с. СССР 249599 А1: НКИ 39а 17/10; 05.08.1969.
5. Пат. Республики Беларусь ВУ 3359 С1; МПК F 16J 9/28, 30.06.2000.
6. Пат. США US 4109361: МКИ В 21К 1/04; С 21D 9/40 29.08.1978.

G. A. VERSHINA, A. Yu. PILATOV

A TECHNOLOGY FOR PRODUCTIVE AND WASTLESS MANUFACTURE OF FLUOROPLASTIC SPLIT BLANKS OF STANDARD SERIES

Summary

The existing ways to produce fluoroplastic split blanks of standard series are considered. A new approach to calculate tools and devices for obtaining exact dimensions of fluoroplastic split rings was developed.