

УДК 621.7.043

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМА ИССЛЕДОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ОБТЯЖНЫХ ПУАНСОНОВ

© 2018 Г.Л. Ривин¹, Е.Г. Карпухин¹, А.О. Кошкина², Г.В. Дмитриенко¹

¹Ульяновский государственный технический университет

²АО «Авиастар-СП», г. Ульяновск

Статья поступила в редакцию 01.11.2018

В статье рассмотрена методика расчета параметров процесса оценки антифрикционных свойств покрытий обтяжных пуансонов на машине трения МТУ-01.

Ключевые слова: трение, антифрикционные свойства, обтяжной пуансон

Изготовление деталей обтяжкой нашло большое применение в самолетостроении вследствие высокой производительности труда, рационального использования материала, достаточно высокой точности воспроизведения необходимых размеров и формы деталей.

Удовлетворение требованиям точности внешних обводов самолета при значительном увеличении размеров обводообразующих листовых деталей планера требует решения проблемы выбора материалов и конструкции объемной оснастки – обтяжных пуансонов.

На протяжении десятилетий для изготовления оснастки использовали цементы, древесину. Однако большинство этих материалов не обеспечивало необходимой эффективности технологической оснастки.

Многokrатное воспроизведение процесса формообразования листовых заготовок, высокие контактные давления при обтяжке, большие габариты и высокая точность получаемых деталей потребовало создания жестких пуансонов со стабильными характеристиками при длительной эксплуатации. Исходя из этих требований, в настоящее время разработана конструкция пуансонов из вторичного алюминиевого литья.

Обводообразующие обшивки, а именно оболочки двойной кривизны, получают способом обтяжки, основанным на растяжении листового материала с его утонением по толщине [1]. Сущность процесса обтяжки заключается в том, что плоская заготовка, два конца которой закреплены зажимами, изгибается по пуансону и, за счет приложения к ней усилия, участки, прилегающие к пуансону, растягиваются.

Обтяжка относится к формообразующим операциям листовой штамповки, связанным с

увеличением площади листовой заготовки за счет приложения растягивающих нагрузок к листу в двух направлениях со стороны зажимных устройств обтяжного пресса. Ограничивающими факторами являются неравномерное растяжение из-за влияния сил трения и сдвиговые деформации из-за сложной формы оболочки двойной кривизны. Если неравномерное растяжение является причинами недопустимой локализации деформации листовой заготовки, то сложная форма оболочки двойной кривизны приводит к сдвиговым деформациям, приводящим к образованию складок и неконтролируемому процессу формообразованию обтяжкой.

Применение современных обтяжных прессов с программным управлением, для освоения обводообразующих деталей обшивок новых типов самолетов, усложняет процесс обтяжки, так как применение метода «оборачивания с растяжением» листовой заготовки по формообразующему контуру обтяжного пуансона, с учетом ранее изложенного, требует минимального количества технологических переходов формообразования, что определяется значением коэффициента трения материала обшивки по материалу обтяжного пуансона.

Коэффициент трения при использовании обтяжных пуансонов из алюминиевых сплавов составляет 0,25–0,3 [2], что не позволяет реализовать процесс обтяжки на современном оборудовании.

Таким образом, необходимо исследовать различные материалы и способы покрытия обтяжных пуансонов, позволяющие снизить коэффициент трения не более 0,05.

Для расчета параметров процесса экспериментальных исследований антифрикционных свойств покрытий необходимо знать:

- усилие прижима подвижного образца, которое определяется исходя из условий формообразования листовой заготовки;
- угловую скорость вращения подвижного образца, определяемую из линейной скорости обтяжки;

Ривин Георгий Леонидович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: avia@ulstu.ru

Карпухин Евгений Геннадьевич, аспирант.

Кошкина Анастасия Олеговна, ведущий инженер-технолог. Дмитриенко Герман Вячеславович, доктор технических наук, доцент.

- число оборотов в минуту подвижного образца;

- время испытания.

Для расчета усилия для реализации процесса обтяжки необходимы следующие исходные данные:

- площадь поперечного сечения листа $F_{\text{листа}}$;

- временное сопротивление материала обтягиваемого листа σ_B ;

- геометрические характеристики обтягиваемой детали или пуансона, а именно угол между вертикалью и направлением силы оборачивания зажимом в конечной точке δ и угол охвата листа α ;

- площадь рабочей поверхности пуансона

$F_{\text{пуансона}}$;

- радиус вращающейся оправки r ;

- максимальная линейная скорость обтяжки v .

Рассмотрим методику расчета параметров процесса испытания антифрикционного покрытия на машине трения

Первоначально необходимо определить силу реакции, возникающую на поверхности пуансона от усилия, созданного зажимами

$$P = 2,2\sigma_B F_{\text{листа}} \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (1)$$

Затем определить давление на боковые грани обтяжного пуансона при обтяжке

$$T = \frac{P}{2 \cos(\gamma)}, \quad (2)$$

где γ – угол между вертикалью и направлением силы P .

Зная давление T можно определить максимальное удельное давление на пуансон

$$Q = \frac{T}{0,5F_{\text{пуансона}}}. \quad (3)$$

Значение удельного давления Q необходимо использовать при расчете усилия прижима подвижного образца к неподвижному образцу при испытании на машине трения.

Задаваясь линейной скоростью обтяжки v необходимо определить угловую скорость вращения (число оборотов n) образца для проведения испытания на машине трения

$$n = \frac{v}{2\pi r}. \quad (4)$$

В качестве примера рассмотрим обшивку «Окантовка двери», имеющая следующие исходные данные:

- габариты листа $5500 \times 1900 \times 8$ мм;

- площадь поперечного сечения листа $F_{\text{листа}} = 1900 \times 8 = 15200$ мм²;

- предел прочности при растяжении $\sigma_B = 410$ МПа;

- значения угла между вертикалью и направлением силы оборачивания зажимом в конечной точке $\alpha = 92^\circ$ и угла охвата листа $\gamma = 37^\circ$;

- площадь поверхности пуансона

$$F_{\text{пуансона}} = 1618 \times 3988 = 6452584 \text{ мм}^2;$$

- радиус средней окружности шайбы при испытании на машине трения $r = 20$ мм;

- скорость обтяжки $v = 4$ мм/с.

Результаты расчета:

1. Сила реакции, возникающая на поверхности пуансона от усилия, созданного зажимами

$$P = 2,2\sigma_B F_{\text{листа}} \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2,2 \cdot 410 \cdot 15200 \cdot \sin\left(\frac{92}{2}\right) = 9862436 \text{ Н}$$

2. Усилия, создаваемые зажимами

$$T = \frac{P}{2 \cos(\gamma)} = \frac{9862436}{2 \cos(37^\circ)} = 6174554 \text{ Н}$$

3. Максимальное удельное давление на пуансон

$$Q = \frac{T}{0,5F_{\text{пуансона}}} = \frac{6174554}{0,5 \cdot 6452584} = 1,91 \text{ МПа.}$$

4. Усилие прижатия подвижного образца к неподвижному образцу при испытании на машине трения

$$Q_{\text{приж}} = Q \cdot F_{\text{обр}}, \quad (5)$$

где $F_{\text{обр}}$ – площадь образца с наружным диаметром 30 мм и внутренним диаметром 10 мм равняется 628,31 мм²

$$Q_{\text{приж}} = 1,91 \cdot 628,31 = 1200 \text{ (Н)}$$

5. Частота вращения образца

$$n = \frac{v}{2\pi r} = \frac{4}{2\pi \cdot 10} = 0,064 \frac{\text{об}}{\text{сек}} = 3,82 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \text{ принимаем } 4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

6. Определение длительности одного цикла испытания

$$\tau = \frac{L \cdot \varepsilon}{100l \cdot n}, \quad (6)$$

где L – длина заготовки, мм; ε – относительное удлинение, %; l – длина окружности образца по среднему диаметру, мм.

$$\tau = \frac{5500 \cdot 4}{100 \cdot 62,8 \cdot 4} = 1 \text{ (мин)}.$$

Таким образом, по результатам расчета определены параметры процесса испытания:

1. Усилие прижатия 1200 Н.

2. Число оборотов 4 об/мин.

3. Длительность одного цикла испытания 1 мин.

По предельным характеристикам процесса обтяжки обшивок (это критические характеристики, приводящие к разрушению листового материала), были рассчитаны параметры процесса исследования антифрикционных свойств покрытий на машине трения МТУ-01.

В работе [3] показано, что необходимо учи-

тывать при оценке антифрикционных свойств полимерных материалов не только усилие прижима образца к контртелу, но и скорость его перемещения, путем введения характеристики: произведение давления на скорость. Данная характеристика учитывает изменение теплофизических свойств полимерных покрытий, возникающие в процессе трения из-за специфического поведения макромолекул.

Учитывая, что минимальное число оборотов на машине трения МТУ-01 составляет 200 оборотов в минуту, необходимо определить усилие прижатия образца к контртелу для обеспечения требуемого условия произведения давления на скорость.

Следовательно, для испытания на машине трения необходимо знать величину QV , т.е. произведение давления и скорости вращения образца, позволяющее моделировать процесс испытаний.

Зная данную величину можно варьировать параметрами скорости и давления при оценке триботехнических процессов. А именно, если, например, в триботехнических испытаниях нужно повысить скорость скольжения, то требуется уменьшить контактное давление на определенную величину.

В результате расчетов был получен режим испытания на машине трения МТУ-01:

- длительность испытания 10 с;
- сила прижима тела 3,24 Н;
- скорость вращения тела 200 об/мин.

По разработанной методике были испытаны ряд полимерных покрытий холодной сушки и определены их антифрикционные свойства, выбраны наиболее эффективные, которые в настоящее время проходят проверку в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурудин С.В. Разработка способов обтяжки обводообразующих оболочек двойной кривизны применительно к прессам с программным управлением: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.09. – Самара: СГАУ, 2016. – 154 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
3. Буря А.И., Кудина Е.Ф., Гаюн Н.С. Влияние природы и содержания наполнителей на свойства композитов на основе фенилона // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2010. №1.

METHOD OF CALCULATING THE RESEARCH MODE OF ANTIFRICTION PROPERTIES OF COATINGS OF PULLING PUNCHES

© 2018 G.L. Rivin¹, E G. Karpukhin¹, A.O. Koshkina², G.V. Dmitrienko¹

¹Ulyanovsk State Technical University

²JSC Aviastar-SP, Ulyanovsk

The article describes a method of calculating the parameters of the process for evaluating the anti-friction properties of coatings of pulling punches on the friction machine MTU-01.

Keywords: friction, anti-friction properties, pulling punches.

Georgy Rivin, Candidate of Technics, Associate Professor.

E-mail: avia@ulstu.ru

Eugeny Karpukhin, Graduate Student.

Anastasiya Koshkina, Leading Process Engineer.

German Dmitrienko, Doctor of Technics, Associate Professor.