Влияние формы фасонной заготовки на силовые параметры процесса изготовления свертных радиально-упорных металлофторопластовых подшипников скольжения

 # 03, март 2013

DOI: 10.7463/0313.0544282

Господчикова А. Б., Власов А. В.

УДК 621.7.043

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Украина, серийный завод «АНТОНОВ», г. Киев

greenwitch37@rambler.ru

anvvlasov@mail.ru

Введение

Металлофторопластовые подшипники скольжения обладают высокими антифрикционными свойствами (коэффициент трения 0,03 - 0,05), а также применимы в широком диапазоне температур (от – 200 °С до 300 °С) и нагрузок в условиях сухого трения и в средах, не обладающих смазочными свойствами (в т.ч. в агрессивных средах и в вакууме) [1].

Наибольшее распространение получили «свертные» подшипники, исходной заготовкой для которых является лист с фторопластовым покрытием.

Е.И. Разуваев и М.Д. Кузьмичев изготавливали металлофторопластовыми втулками с наружным антифрикционным слоем путём деформирования полой заготовки посредством раздачи изнутри металлической основы втулки в штампе. При этом происходило уплотнение слоя бронзовых гранул покрытия и дополнительное вдавливание фторопласта в поры между гранулами, что приводило к повышению несущей способности и износостойкости втулок подшипников [2].

Известен также способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения из стальной ленты с металлофторопластовым антифрикционным покрытием, заключающийся в предварительном изгибе заготовки вкладыша и окончательном упругопластическом изгибе на оправке с регулярным микрорельефом на её рабочей

поверхности упруго деформирующимся пуансоном. Износ поверхности при этом происходил медленно, слабо влияя на изменение глубины впадин [3].

Приведённые выше публикации были нацелены на улучшение трибологических характеристик металлофторопластовых подшипников.

Данная работа, в отличие от других публикаций на схожие темы, даёт представление о решении технологических проблем изготовления втулки, имеющей внутренний антифрикционный слой, с фланцем, который получают методом радиального выдавливания.

Цель исследования состояла в сравнении энергосиловых и кинематических параметров двух вариантов техпроцесса, для этого было произведено конечно-элементное моделирование

Научная новизна работы состоит в улучшении качества детали при изменении формы исходной заготовки.

На первом этапе исследования анализировали механизм формирования фланца при радиальном выдавливании трубчатой фасонной заготовки, без учёта антифрикционного металлофторопластового покрытия.

На основании анализа исследований первого этапа была предложена новая геометрия исходной плоской заготовки.

Затем было произведено сравнение результатов моделирования пластического течения заготовки определённого типоразмера при применении базовой и предложенной геометрии лепестка с одинаковыми допущениями и параметрами моделирования.

В заключении даны преимущества новой технологии.

1 Постановка задачи

Наибольшее распространение получили «свертные» подшипники, исходной заготовкой для которых является лист с фторопластовым покрытием. Технологический процесс предусматривает предварительную холодную гибку (свертку) листовой заготовки с V-образными пазами в трубчатую заготовку с последующей формовкой фланца методом радиального выдавливания (рис. 1). Пазы в листовой заготовке вырубает для уменьшения растягивающих напряжений во фланце и снижения технологической силы.

Рис. 1. Изменение формы заготовки в процессе изготовления свертных металлофторопластовых подшипников

За счет больших сжимающих напряжений, создающихся в процессе формовки радиальным выдавливанием, в стыке, образующийся после свертки, формируется плотный контакт.

Основные проблемы при изготовлении свертных подшипников больших диаметров (от 60 до 120 мм) указанным способом заключаются в появлении разнотолщинности цилиндрической части, резком увеличении требуемой технологической силы и повреждении фторопластового слоя.

Ресурс таких втулок весьма ограничен. Опыт применения таких втулок в шасси самолётов был весьма неудовлетворительным: ремонтным бригадам приходилось менять их в условиях аэродромов, заменять целиком шасси и отправлять их на досрочный ремонт [4].

Расчёт размеров пазов производят по методике [5]. Процесс формовки на начальном этапе близок к гибке и только после упора лепестков в бурт штампа начинается радиальное выдавливание. Естественно предположить, что форма лепестков существенным образом сказывается на силе деформирования и накопленных деформациях во фланце, тем самым влияя на качество готовой детали.

Рис. 2. Схема штампа для формовки фланца радиальным выдавливанием и внешний вид заготовки после формовки

Внешняя поверхность фланца после формовки имеет волнистую форму, количество волн совпадает с количеством лепестков. Цилиндрическую форму фланца в дальнейшем получают механической обработкой.

Исследование влияние формы заготовки на энергосиловые и кинематические параметры процесса выполняли путем математического моделирования в программном комплексе DEFORM [6].

2 Моделирование процесса формовки фланца

На первом этапе исследования анализировали механизм формирования фланца при радиальном выдавливании трубчатой фасонной заготовки без антифрикционного металлофторопластового покрытия. Моделировали процесс формовки втулки с внутренним диаметром 95 мм. Для сокращения времени расчета использовали свойства симметрии – моделировали формовку одного лепестка с заданием условий радиальной симметрии по боковым плоскостям. Материал – сталь 10кп (AISI1010). Фактор трения по всем поверхностям ($m=0.12$) соответствует холодной штамповке.

В результате моделирования был установлен следующий механизм формирования фланца:

- на первом этапе под действием деформирующей силы лепесток скользит по радиусам и горизонтальной рабочей поверхности инструмента до момента

контакта с буртом матрицы. Движение материальных точек происходит в меридиональных плоскостях, проходящих через ось симметрии (рис. 3, 4). Сила деформирования на этом этапе плавно возрастает (рис. 10)

Рис. 3. Меридиональное сечение заготовки через вершину выступа на первом этапе формирования фланца (стрелками указаны скорости материальных точек)

Рис. 4. Поверхности контакта заготовки с инструментом в процессе формирования фланца

- достигнув бурта матрицы, лепесток начинает утолщаться в горизонтальной плоскости. Сила деформирования начинает резко возрастать. Материальные

точки, лежащие близко к меридиональной плоскости, проходящей через начальную точку контакта металла с буртом матрицы, получают окружную составляющую скорости, а материальные точки, лежащие вблизи впадины продолжают двигаться преимущественно в меридиональных плоскостях.

- области отформованной заготовки, соответствующие впадинам в плоской заготовке не достигают бурта матрицы. Выступающие части фланца уходят в отход при последующей механической обработке.

Вид фланца заготовки в конце моделирования соответствует виду фланца заготовки, полученной на практике (рис. 5).

Рис. 5. Фланец заготовки, полученный в результате моделирования и натурального эксперимента

Деформированное состояние заготовки является неоднородным – наибольшим деформациям подвергаются материальные частицы, расположенные в меридиональной плоскости, проходящей через вершины фасонной заготовки. Для снижения неоднородности деформированного состояния предложено изменить форму фасонной заготовки, сделав небольшие впадины вблизи выступов (рис. 6).

Для получения W-образного лепестка из V-образного следует удалить заштрихованную область и, тем самым, создается дополнительная малая впадина (рис. 6). Преобразование происходит таким образом, что $AC=CB$, $AD=DC=DE$, $AE=EF$.

Рис. 6. Измененная форма заготовки и геометрическое построение измененного лепестка

Было произведено сравнение результатов моделирования пластического течения заготовки втулки внутренним диаметром 95мм при использовании базовой и предложенной геометрии лепестка с одинаковыми допущениями и параметрами моделирования.

Рис. 7. Отслеживаемая точка, определяющая диаметр фланца после механической обработки при деформировании V и W образных заготовок

Для выяснения момента достижения фланцем требуемого диаметра было произведено координатное отслеживание крайней точки впадин P1 (рис. 8). График на рис. 8 свидетельствует, что заготовка с V-образным лепестком достигает одинаковых значений радиуса фланца при большем перемещении пуансона, чем заготовка с W-образным лепестком.

Рис. 8. Радиальное перемещение отслеживаемых точек в процессе моделирования.

Рис. 9. Вид фланца при достижении минимально необходимого диаметра впадин для разных заготовок

Сравнение графиков сил деформирования по ходу пуансона (рис. 10) показывает, что для W образной заготовки достижение минимально необходимого диаметра впадин происходит при силе на 7 % меньшей, чем для исходной V образной заготовки. Снижение силы деформирования обеспечивается за счет облегчения течения металла в области малой

впадины. Изменилась картина течения металла – в области малой впадины появилась дополнительная зона преимущественно радиального течения (рис. 11).

Рис. 10. Сравнение сил деформирования при формировании фланца из различных заготовок

Рис. 11. Зоны контакта и направление скоростей течения материальных частиц в момент достижения минимально необходимого диаметра впадин для различных заготовок

Применение W-образной формы лепестка позволило уменьшить неоднородность деформированного состояния во фланце заготовки по сравнению с базовым вариантом. Об этом свидетельствует картина распределения накопленных деформаций для обоих случаев (рис. 12).

Рис. 12. Сравнение накопленных деформаций во фланце для разных заготовок

Качественное сравнение вероятности нарушения покрытия во фланце можно выполнить с использованием критерия разрушения Кокрофта-Лэзема, который рассчитывается по формуле (1).

$$D = \int_0^{\bar{\varepsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\varepsilon}, \quad (1)$$

где $\bar{\varepsilon}$ - накопленная пластическая деформация, $d\bar{\varepsilon}$ - приращение накопленной деформации, σ^* - максимальное главное растягивающее напряжение, $\bar{\sigma}$ - интенсивность напряжений. Чем больше поврежденность материала, тем большая вероятность появления нарушения покрытия. Анализ распределения поврежденности по Кокрофту-Лэзему (рис. 13) показывает, что для предлагаемой геометрии заготовки накопление повреждений во фланце уменьшается.

Рис. 13. Распределение критерия разрушения Кокрофта-Лэзема во фланце.

Заключение

При образовании фланца втулки в базовой технологии деформированное состояние заготовки является неоднородным – наибольшим деформациям подвергаются материальные частицы, расположенные в меридиональной плоскости, проходящей через вершины фасонной заготовки.

Применение W-образной формы выступов фасонной заготовки снижает энергоёмкость процесса формирования фланца свертного подшипника методом радиального выдавливания, уменьшает неравномерность деформированного состояния и, следовательно, позволит улучшить качество детали.

Список литературы

1. Семёнов А.П., Савинский Ю.Э. Металлофторопластовые подшипники. М.: Машиностроение, 1978. 192 с.
2. А.с. № 622548 СССР, В 21 D 53/10, В 21 K 21/00, В 29 D 31/02. Способ изготовления втулок подшипников скольжения / Е.И. Разуваев и М.Д. Кузьмичев. 1978. Бюл. № 33.
3. А.с. № 1739102 A1 СССР, F 16 C 33/04. Способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения из стальной ленты с металлопластмассовым антифрикционным слоем / П.А. Воронцов, А.А. Кацура, Х.И. Муратов, А.П. Семенов. 1992. Бюл. № 21.
4. Титов В.В. Экспериментальное определение потерь на трение на цилиндрической и торцевой поверхностях металлофторопластового подшипника скольжения // Вестник машиностроения. 2008. №. 9. С. 23-25.
5. ТИЗ6-17-85. Изготовление свертных втулок из металлофторопласта. 1985. 36 с.
6. DEFORM 3D Version 6. User's Manual. Oct. 18th 2007.

Influence of a shaped blank on force power characteristics of manufacturing wrapped angular contact metal-fluoroplastic slider bearings

03, March 2013

DOI: 10.7463/0313.0544282

Gospodchikova A.B., Vlasov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation
Ukraine, ANTONOV Serial Plant, Kiev
greenwitch37@rambler.ru
anvvlasov@mail.ru

In this article the authors cover improvement of manufacturing metal-fluoroplastic bearings from a parent sheet. The distinct feature of this work is producing a liner with a flange from the parent sheet. The authors revealed a procedure of forming a bearing flange using finite element simulation. Zones of non-uniform deformation were found. These zones can reduce the product quality. It was proposed to change the shaped blank form in order to reduce the zones of non-uniform deformation and relieve the metal flow. Simulation of the deformation process with the use of the new shaped blank demonstrated decrease in energy-power characteristics of the process and increase in uniformity of the deformed condition. The results of the research will help to improve the quality of metal-fluoroplastic bearings used in aviation.

Publications with keywords: [metal-fluoroplastic bush](#), [radial pressing-out](#), [twisted slider bearing](#)

Publications with words: [metal-fluoroplastic bush](#), [radial pressing-out](#), [twisted slider bearing](#)

References

1. Semenov A.P., Savinskii Iu.E. *Metalloftoroplastovye podshipniki* [Metal-fluoroplastic bearings]. Moscow, Mashinostroenie, 1978. 192 p.
2. Razuvaev E.I., Kuz'michev M.D. *Sposob izgotovleniia vtulok podshipnikov skol'zheniia* [Method of manufacturing of bushings of plain bearings]. Author's certificate USSR, no. 622548. 1978.
3. Vorontsov P.A., Katsura A.A., Muratov Kh.I., Semenov A.P. *Sposob izgotovleniia vkladysa opornogo podshipnika skol'zheniia iz stal'noi lenty s metalloplastmassovym antifriktsionnym sloem*

[The method of manufacturing of shell of supporting plain bearings of steel strip with metall-plastic antifriction layer]. Author's certificate USSR, no. 1739102. 1992.

4. Titov V.V. Eksperimental'noe opredelenie poter' na trenie na tsilindricheskoi i tortsevoi poverkhnostiakh metalloftoroplastovogo podshipnika skol'zheniia [Frictional losses at cylindrical and end surfaces of a metal-fluoroplastic slip bearing]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2008, no. 9, pp. 23-25. (Trans. version: *Russian Engineering Research*, 2008, vol. 28, no. 9, pp. 856-858.).

5. TI36-17-85. Izgotovlenie svertnykh vtulok iz metalloftoroplasta [Manufacturing of bushings of metal-fluoroplastic]. 1985. 36 p.

6. *DEFORM 3D Version 6. User's Manual*. Oct. 18th 2007.