



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2014, Том 5, № 2, С. 91 – 96

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@khstu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@khstu.ru)

УДК 621.3

© 2014 г. Д. В. Отмахов, канд. техн. наук

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ МЕТОДОМ НАМОТКИ

Разработана технология изготовления подшипников скольжения методом намотки. Разработаны методы ремонта подшипников скольжения опорно-поворотных устройств колонн отечественных и импортных гидравлических манипуляторов, а также низкооборотных пластинчатых и аксиально-поршневых гидромоторов, которые осуществляют поворот грейферных захватов погрузчиков.

Ключевые слова: подшипники скольжения, полимерные композиционные материалы, поверхность трения.

D. V. Otmakhov

TECHNOLOGY PLAIN BEARINGS WINDING METHOD

The technology of manufacturing plain bearings winding method. Employed a repair methods plain bearings slewing columns domestic and imported hydraulic manipulators, as well as low-speed plans stinchatyh and axial piston motors that carry rotation grapples loaders.

Keywords: bearings, polymer composites, surface friction.

Одним из направлений обеспечения надежности и работоспособности машин является использование антифрикционных полимерных композиционных материалов (ПКМ), в состав которых, кроме полимерных матриц, входят специальные наполнители снижающие трение и износ. Свойства ПКМ определяются не только составом, но и технологическими условиями формирования внутренней структуры материалов.

Большинство деталей узлов трения машин имеют форму тел вращения – втулок и колец. Поэтому для получения армированных полимерных композиционных материалов, имеющих форму тел вращения, наиболее подходящим является метод радиальной намотки пропитанной компаундом ткани на оправку требуемого размера.

Метод намотки универсален и позволяет получать детали, как с внешним, так и с внутренним антифрикционным покрытием. Этот способ достаточно производителен, обеспечивает получение заготовок требуемых размеров с минимальными припусками на механическую обработку.

Спроектированная в НИЛ ТОГУ автоматизированная экспериментальная установка для радиальной намотки многослойных конструкций подшипников скольжения позволяет получать градиентные и комбинированные структуры материалов, физико-механические и триботехнические свойства, которых могут изменяться в широком диапазоне. [1, 2].

Среди множества конструкций втулок для узлов трения можно выделить несколько характерных типов (рис. 1). К первому типу относятся втулки с внутренней цилиндрической рабочей поверхностью трения (рис. 1, а и б). Ко второму типу относятся втулки, работающие одновременно по торцевой и цилиндрической внутренней (рис. 1, в) либо внешней поверхности (рис. 1, г).

При изготовлении втулки с наружным покрытием армирующая ткань, пропитанная антифрикционным компаундом, наматывается непосредственно на заготовку. Полимерное покрытие формируется с припуском на механическую обработку таким образом, чтобы его толщина после обработки не превышала 2–2,5 мм. При изготовлении втулки с внутренним покрытием, методом намотки формируется заготовка полимерного вкладыша, который после механической обработки вклеивается в металлическое основание. Заготовка вкладыша формируется на технологической оправке. Для обеспечения припуска на механическую обработку внутренней поверхности вкладыша диаметр оправки должен быть на 1 мм меньше диаметра рабочей поверхности втулки.

Основными технологическими параметрами процесса намотки являются натяжение армирующей ткани и линейная скорость намотки ткани на технологическую оправку. Оптимальные значения этих параметров были определены экспериментальным путем. Скорость намотки должна быть равна $V=0,05\text{ м/с}$, натяжение армирующей ткани, выраженное через коэффициент натяжения, должно составлять $K_n=0,5$. Также экспериментальным путем была выбрана армирующая ткань – ткань низкой плотности (мадаполам С5-ТИ ГОСТ 29298-92) [2].

Зная оптимальную скорость намотки ткани, для втулок различного диаметра, рассчитываем частоту вращения технологических оправок при формировании заготовок

$$n=60 \cdot V / \pi \cdot D, \quad (1)$$

где V – оптимальная линейная скорость намотки ткани на оправку, 0,05 м/с; D – диаметр оправки, м.

Натяжение армирующих тканей (H) при формировании заготовок будет зависеть от их разрывной нагрузки

$$F_m = K_H \cdot F_{\text{разр}} \quad (2)$$

где K_H – коэффициент натяжения ткани, 0,5; F_m – разрывная нагрузка полотна армирующей ткани, Н.

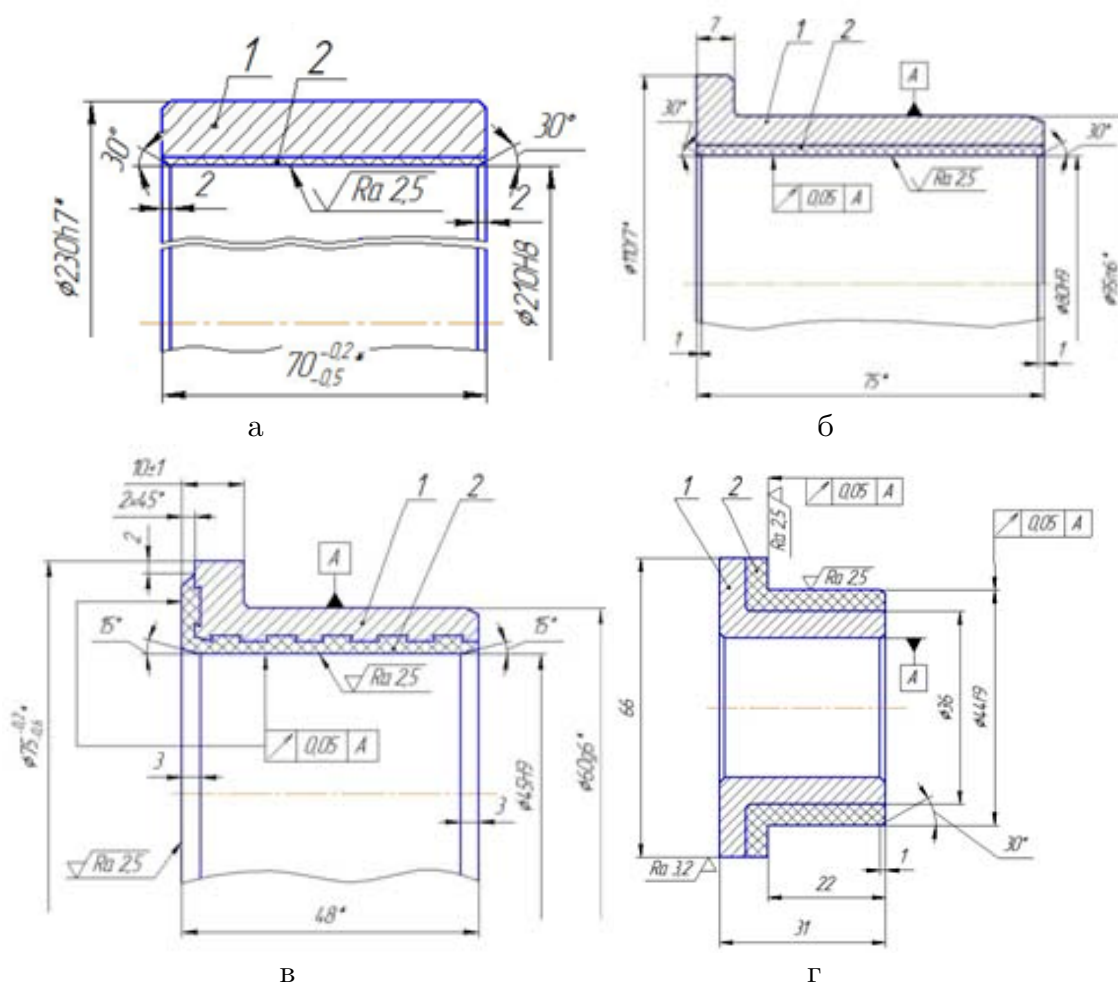


Рис. 1. Втулки с покрытием из ПКМ: а, б – с цилиндрическим покрытием; в, г – с цилиндрическим и торцевым покрытием; 1 – металлическая основа; 2 – полимерное покрытие

Разрывная нагрузка полотна армирующей ткани (Н), в свою очередь, будет зависеть от ее ширины

$$F_{\text{разр}} = b \cdot F / \epsilon \quad (3)$$

где b – ширина армирующей ткани для намотки заготовки, мм; F – разрывная нагрузка стандартного образца ткани, Н; ϵ – ширина стандартного образца ткани, 50 мм.

Ширина армирующей ткани для намотки заготовки принимается на 10 мм больше ширины втулки, чтобы обеспечить возможность механической обработки. Заготовка наматывается диаметром на 2 мм больше требуемого диаметра втулки, с припуском на последующую механическую обработку.

Необходимая длина армирующей ткани для намотки заготовки рассчитывается по формуле

$$L = \pi \cdot D_{\text{cp}} \cdot \delta, \quad (4)$$

где D_{cp} – средний диаметр заготовки, м; δ – количество слоев ткани в заготовке.

Количество слоев ткани в заготовке определяем по формуле

$$\delta = ((D_{\text{заг}} - D_{\text{опр}}) / 2) / t, \quad (5)$$

где $D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, мм; $D_{\text{опр}}$ – диаметр технологической оправки, мм; t – толщина ткани, мм.

После намотки заготовка остается в намоточной установке до полного отверждения композиции при сохранении натяжения армирующей ткани. После отверждения

проводим термическую обработку заготовки в сушильном шкафу при температуре 120 °С в течение трех часов с последующим остыванием в шкафу.

Завершающим этапом изготовления полимерной втулки является ее механическая обработка, которая производится на токарно-винторезном станке. Ранее, экспериментальным путем, был определен диапазон оптимальных скоростей резания полимерного материала, при котором обеспечивается минимальная шероховатость его поверхности: $v = (1,0 - 1,5)$ м/с. В соответствии с этим диапазоном определяем режимы механической обработки заготовок. Необходимое число оборотов в минуту шпинделя токарно-винторезного станка для обработки заготовок различного диаметра рассчитываем по формуле

$$n = (v \cdot 60) / (\pi \cdot D_{\text{заг}}) \quad (6)$$

где v – скорость резания, 1,0–1,5 м/с; $D_{\text{заг}}$ – наружный или внутренний диаметр заготовки, м.

Величины продольной и поперечной подачи при механической обработке так же были определены экспериментальным способом:

- продольная подача – $s = 0,08$ мм/об;
- поперечная подача – $\tau = 0,16$ мм/об.

Описанные выше зависимости являются общими при формировании заготовок методом намотки, а также их механической обработки. Однако конструкция втулок для узлов трения может быть различна. На основании результатов исследований разработаны три основных конструкции самосмазывающихся подшипников скольжения (СПС), получаемых методом намотки (рис. 2):

- однослойный (тонкостенный) СПС;
- СПС комбинированный двухслойный полимерный с внутренним антифрикционным слоем и с внешним упрочняющим слоем;
- СПС комбинированный двухслойный металлополимерный, в котором тонкостенная антифрикционная втулка вклеена в металлическое основание.

Независимо от конструкции СПС неизменными остаются следующие условия изготовления материалов:

1. Армирующая ткань при формировании антифрикционного слоя – ткань низкой плотности (мадаполам С5-ТИ ГОСТ 29298-92).
2. Технологические режимы формирования процесса намотки – $V=0,05$ м/с; $K_n = 0,5$.
3. Армирующая ткань при формировании упрочняющего слоя – углеткань марки УУП 11-0196 [3].
4. Толщина антифрикционного слоя не должна превышать 2,5 мм.
5. При изготовлении массивной полимерной втулки (рис 2, б) антифрикционный слой армируется тканью низкой плотности толщиной 2–2,5 мм, после этого необходимая толщина втулки формируется за счет углеткани.

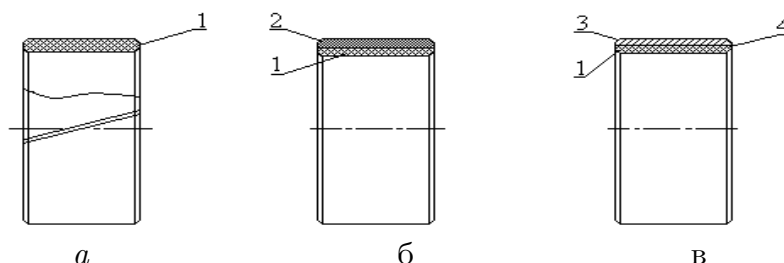


Рис. 2. Конструкции СПС на основе ПКМ: а – втулка антифрикционная тонкостенная для гидроцилиндра; б – комбинированный двухслойный полимерный подшипник; в – комбинированный двухслойный металлополимерный подшипник; 1 – МАС-ЗХБН; 2 – упрочняющий слой; 3 – металлическое основание; 4 – клеевой слой

Технология изготовления комбинированных металлополимерных СПС, включающих внешнюю металлическую обойму и внутреннюю антифрикционную втулку из ПКМ содержит следующие основные этапы:

- изготовление намоткой рабочего слоя из ПКМ;
- подготовку металлической внешней обоймы;
- вклеивание вкладыша из ПКМ в металлическую обойму.

Одной из ответственных операций по изготовлению металлополимерных СПС является фиксация втулки из ПКМ в металлическом основании. Решение этой задачи потребовало проведения специальных исследований, вследствие того, что конкретные рекомендации по соединению подобных материалов в специальной литературе отсутствуют.

Выполнены сравнительные испытания прочности склеивания материалов различных составов, рекомендуемых разработчиками для соединения пары «металл – эпоксидополимер»:

- двухкомпонентный эпокси-каучуковый клей фирмы АО «АНЛЕС» по ТУ 2252-002-44297874-99 (А);
- анаэробный вал-втулочный фиксатор «Loctite-638» (Б);
- двухкомпонентный эпоксидный клей «Loctite-3430» (В);
- акриловый клей «Loctite-326» с активатором «Loctite-7649» (Г);
- акриловый клеевой набор «LoctiteMultibond-330/7386» (Д).

Производителями клеев являются: А – ОАО «АНЛЕС» (Россия), Б, В, Г, Д – фирма LoctiteHenkel (Германия).

Основные результаты испытаний приведены в таблице.

Методика проведения испытаний была следующей. Полимерная втулка-образец, изготовленная методом прямой намотки хлопчатобумажной ткани полотняного плетения с пропиткой эпоксидной смолой ЭД-20 с отвердителем полиэтиленполиамином в пропорции 10:1, вклеивалась в металлическое основание с радиальными зазорами: 0,025 мм, 0,050; 0,075; 0,1 мм. Испытания проводились на гидравлическом прессе при скорости нагружения 1 мм/с, цена деления шкалы манометра прессы 0,05 МПа. Размеры полимерных втулок – $\varnothing 50 \times \varnothing 55 \times 20$ мм; шероховатость поверхности отверстия металлической втулки составила Ra 3,2 мкм.

Таблица 1

Касательные напряжения сдвига клеевых соединений, τ , МПа

Толщина клеевого шва, мм	Составы клеев			
	А	Б	В	Д
0,100	3,34	2,95	16,3	19,6
0,075	3,68	3,35	14,0	17,6
0,050	4,19	4,64	13,8	16,5
0,025	3,24	6,89	9,7	15,8

Прочность соединения деталей продуктом «Loctite» выше, чем в случае использования клея «АНЛЕС». Кроме того, у экспериментальных образцов наблюдалось отслаивание клея «Loctite-638» по материалу полимерной втулки, а клея «АНЛЕС» – по металлической поверхности. У составов «Loctite-330» и «Loctite-3430» клеевой шов после разрушения остается как на полимерной, так и на металлической поверхности.

Лучшие результаты для склеивания эпоксидофторопластовых материалов с металлической основой получены в случае использования состава Д – «LoctiteMultibond-330/7386» – 19,6 МПа, при этом толщина клеевого шва должна составлять 0,1 мм. Ше-

роховатости поверхности металлической втулки должна быть не менее Ra 3,2 мкм.

Таким образом, на основании проведенного эксперимента принято решение, при изготовлении комбинированного металлополимерного подшипника в качестве клеевого состава использовать продукт «LoctiteMultibond 330/7386» толщиной 0,1 мм [3].

С использованием ПКМ, получаемых методом намотки разработаны методы ремонта подшипников скольжения опорно-поворотных устройств колонн отечественных и импортных гидравлических манипуляторов. Эти материалы успешно применяются при ремонте низкооборотных пластинчатых и аксиально-поршневых гидромоторов, которые осуществляют поворот грейферных захватов погрузчиков. Нашли применение такие подшипники в конструкциях гидроцилиндров в качестве направляющих колец и втулок для поршней и штоков [3]. Кроме того, подшипники используются на опорах рольгангов и лесных транспортеров, а также в конструкциях различных подъемно-транспортных судовых палубных лебедок и транспортеров [4].

Список литературы

- [1] Захарычев С. П., Отмахов Д. В. Изготовление армированных антифрикционных эпоксидфторопластов методом намотки // Вестник машиностроения. 2010. № 6.
- [2] Захарычев С. П., Отмахов Д. В., Иванов В. А., Авдеев В. А., Манакон В. М. Влияние технологических условий намотки на свойства полимерных композиционных материалов // Вестник ТОГУ. 2010. № 1(16).
- [3] Отмахов Д. В. Разработка и исследование самосмазывающихся армированных эпоксидфторопластов и технологии их получения методом намотки : автореф. дис. ...канд. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре, 2009.
- [4] Разработка и исследование высокоизносостойких самосмазывающихся материалов для судовых механизмов, создание технологии и опытного производства для предприятий судостроения / Научно-технический отчет о выполнении 1 этапа Государственного контракта № П1733 от 25.09.2009 / Тихоокеанский гос. ун-т : № ГР РК 01200963319, вх. № ВНТИЦ И091113095547, Хабаровск, 2009. 146 с.

E-mail:

Отмахов Д. В. – 375199@mail.ru