

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИН И МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.822.1

М. В. Аникеева

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», Гомель

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛИ 18ХГТ, У8, 60ПП ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ СО ВТУЛКОЙ ТОРЦОВО-ПРЕССОВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Введение. В настоящее время интенсивно осуществляется совершенствование и создание технологий новых материалов. Стандартные материалы из стали заменяются на другие марки стали с учетом условий работы машин и механизмов. Создаются технологии производства новых композиционных материалов: пьезотермопластиков, модифицированной древесины и др. [1, с. 50]. Области их применения постоянно расширяются. Повышение работоспособности подшипников скольжения возможно при использовании различных марок сталей в качестве материала для изготовления внутренних колец подшипников скольжения со вкладышами торцово-прессового деформирования (далее — ТПД), модифицированных смазочным материалом с высокомолекулярной присадкой.

Основная часть. В Белорусском государственном университете транспорта было разработано устройство, которое позволило осуществить торцово-прессовое деформирование древесных карточек без предварительной влаготермообработки при температуре окружающего воздуха [2, с. 1]. На основе технологии ТПД древесного вкладыша был разработан подшипник скольжения, который полностью взаимозаменяем с подшипниками скольжения и подшипниками качения [3, с. 54]. Для работы подшипника скольжения на самосмазке осуществлялась пропитка вкладышей ТПД минеральным маслом МС-20, загущенным высокомолекулярной присадкой на экспериментальной установке для высокотемпературной пропитки.

Экспериментально определены физико-механические свойства вкладышей ТПД.

Плотность модифицированной прессованной древесины измерялась на комплекте для определения плотности GX-13 и составила $\rho = 1,1 \text{ г / см}^3$ [4, с. 6]. Установленное значение плотности древесины свидетельствует о том, что степень ее уплотнения $\epsilon = 50\%$. При такой величине степени прессования повышаются физико-механические характеристики: плотность, пределы прочности (при сжатии и скалывании вдоль волокон), модуль упругости при сжатии вдоль волокон, твердость [5, с. 35].

Использование прибора ПМТ-3М позволило определить статическую микротвердость модифицированной прессованной древесины на различных поверхностях. Торцовая (нерабочая) твердость составила 16,5 МПа, а торцовая рабочая — 17,2 МПа.

Физико-механические свойства изучались методом динамического контактного индентирования с использованием прибора ИПМ-1К. Оказалось, что после прессования и модифицирования вкладышей из древесины ТПД твердость по Шору возросла на 8,3 единицы, статический модуль упругости повысился на 7,3 МПа, а величина максимального внедрения уменьшилась в 2,5 раза.

Полученные результаты испытаний позволили установить, что использование данной технологии приводит к повышению физико-механических характеристик вкладышей подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС).

Лабораторные и производственные исследования показали, что ресурс работы ПСС ТПД с внутренними кольцами из стали 45 твердостью не менее 45 HRC больше в 2,5—10, а иногда и в 25—50 раз по сравнению с аналогами из бронзы, баббита, чугуна, полимеров и подшипниками качения. Установлено, что внутренние кольца, обладающие низкой поверхностной твердостью в контакте с подшипниками скольжения из природного композиционного материала имели сильный износ в условиях абразивно-агрессивных сред. Проблема является актуальной, так как износ вала несет наибольшие экономические затраты, чем износ внутреннего кольца. Следует отметить, что до настоящего времени исследования по замене материала внутренних колец из стали 45 другими марками стали не проводились.

Таким образом, существует необходимость в выборе иных марок сталей в сочетании с соответствующими видами термообработки, которые позволят получить большую поверхностную твердость, обуславливающую высокую работоспособность и износостойкость узлов трения.

На основании обзора литературных данных установлено, что опыт использования иных материалов для изготовления внутренних колец подшипников качения производился как зарубежными, так и отечественными

учеными [6, с. 27; 7, с. 91; 8, с. 66]. Так как ПСС ТПД полностью взаимозаменяемы с подшипниками качения, то применение исследованных ими материалов возможно.

Приведем краткую характеристику материала стали 45, используемого для производства внутренних колец ПСС с втулкой ТПД и предлагаемых заменителей.

Сталь 45 — среднеуглеродистая конструкционная сталь. Приведем химический состав стали 45 (таблица 1). Сталь применяется для изготовления деталей, работающих при невысоких циклических и контактных нагрузках. Преимущества: большая прочность и твердость после объемной закалки и низкого отпуска, низкая стоимость. Недостатки: склонность к образованию закалочных трещин при закалке в воду, низкая коррозионная стойкость.

Т а б л и ц а 1 — Химический состав стали, используемой для изготовления внутренних колец ПСС ТПД и предлагаемые заменители, %

Марка стали	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe	Ti
45	0,4—0,5	0,1—0,37	0,5—0,8	≤ 0,30	≤ 0,045	≤ 0,040	≤ 0,25	0,25	~97	—
18ХГТ	0,17—0,23	0,17—0,37	0,8—1,1	≤ 0,30	≤ 0,035	≤ 0,035	1—1,3	≤ 0,3	~96	0,03—0,09
У8	0,76—0,83	0,17—0,33	0,17—0,33	≤ 0,25	≤ 0,028	≤ 0,030	≤ 0,2	≤ 0,25	~97	—
60ПП	0,57—0,65	0,10—0,30	≤ 0,20	≤ 0,15	0,0134	0,0057	≤ 0,15	≤ 0,25	~97	—

Сталь 18ХГТ — низкоуглеродистая легированная конструкционная сталь. Сталь 18ХГТ отличается от стали 45 процентным содержанием углерода (у стали 18ХГТ меньше в 2,25 раза), марганца (у стали 18ХГТ в 1,46 раза больше), хрома (у стали 18ХГТ больше в 4 раза), титана (в стали 18ХГТ присутствует) (см. таблицу 1). Область применения стали — ответственные тяжело нагруженные детали, воспринимающие ударные нагрузки. Преимущество — высокая поверхностная твердость в сочетании с вязкой сердцевиной после цементации, двойной закалки и низкого отпуска. Недостатки: склонность к отпускной хрупкости, низкая коррозионная стойкость.

Сталь У8 — углеродистая инструментальная сталь. Сталь У8 по сравнению со сталью 45 имеет отличие в процентном содержании химических элементов: углерода (у стали У8 больше в 1,76 раза), марганца (у стали У8 в 2,6 раз меньше) (см. таблицу 1). Преимущества: высокая поверхностная твердость, износостойкость, достаточная прочность и пластичность после закалки и низкого отпуска, низкая стоимость. Недостатки: чувствительность стали к перегреву, пониженная закалываемость (для получения высокой твердости необходимо резкое охлаждение в воде, усиливающее деформацию и увеличивающее возможность образования трещин). Сталь используется для изготовления инструментов, подвергающихся ударам.

Сталь 60ПП — углеродистая качественная конструкционная сталь. Сталь 60ПП отличается от стали 45 большим содержанием углерода (в 1,35 раза), меньшим содержанием марганца (в 3 раза), никеля (в 2 раза), серы (в 3,35 раза), фосфора (в 7 раз). Сталь применяется для изготовления деталей, работающих при циклических и контактных нагрузках. Преимущества: высокая поверхностная твердость в сочетании с вязкой сердцевиной после объемно-поверхностной закалки, низкая стоимость. Недостаток — редко используется при производстве деталей [9, с. 170—206].

Предварительные лабораторные триботехнические испытания внутренних колец, изготовленных из широкоприменяемой в машиностроении стали 18ХГТ, прошли успешно [10, с. 43], поэтому проведение дальнейших исследований с материалом и вышеперечисленными марками стали не исключено.

Заключение. На основании анализа химического состава, свойств и области применения вышеприведенных сталей следует отметить, что сталь 18ХГТ после цементации, сталь У8 после закалки и низкого отпуска, сталь 60ПП после объемно-поверхностного упрочнения имеют высокую поверхностную твердость и вязкую сердцевину, а это, возможно, позволит применять данные материалы для изготовления внутренних колец ПСС ТПД и использовать в условиях не только абразивно-агрессивных сред, но и при действии переменных, динамических нагрузок.

Список цитируемых источников

1. Костенко, В. Д. Композиционные материалы из древесины: современные тенденции развития / В. Д. Костенко // Лесной вестн. — 2000. — № 1. — С. 50—52.
2. Полуавтомат для торцово-прессового деформирования древесных заготовок : пат. ЕА/0069 Респ. Беларусь : МПК В27М 1/02. / А. Б. Невзорова, Н. В. Врублевский, В. И. Врублевская, Г. А. Гафт, Ю. А. Журавлев ; дата публ.: 30.11.2015.
3. Подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе модифицированной древесины (теория, технология и практика) : монография / А. Б. Невзорова [и др.]. — Гомель : БелГУТ, 2011. — 254 с.
4. Аникеева, М. В. Методы определения физико-механических свойств вкладышей из древесины торцово-прессового деформирования в подшипниках скольжения самосмазывающихся / М. В. Аникеева, В. В. Кузнецова, А. Л. Башлакова // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : материалы IV Респ. науч.-техн. конф. молодых ученых. — Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2016. — С. 6—7.

5. Врублевская, В. И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них : монография / В. И. Врублевская, А. Б. Невзорова, В. Б. Врублевский. — Гомель : БелГУТ, 2000. — 324 с.
6. Дзанашвили, Г. Ф. Российские подшипники. Новые технологии и материалы / Г. Ф. Дзанашвили, О. В. Савченко, Н. М. Австрийский // Автомобил. пром-сть. — 1997. — № 10. — С. 27—28.
7. Гурченко, П. С. Перспективы применения углеродистых сталей для подшипников и шестерен с упрочнением управляемой объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом / П. С. Гурченко, А. А. Солонович // Литье и металлургия. — 2015. — № 1(78). — С. 91—97.
8. Гурченко, П. С. Применение углеродистой стали У8А и объемно-поверхностной закалки при индукционном нагреве для изготовления колец подшипников / П. С. Гурченко, Г. А. Ткаченко, А. А. Солонович // Вестн. БарГУ. Серия «Физико-математические науки. Технические науки». — 2013. — № 1 — С. 66—78.
9. Материаловедение : учеб. пособие для студентов вузов / И. М. Жарский [и др.]. — Минск : Выш. шк., 2015. — 557 с.
10. Врублевская, В. И. Повышение долговечности подшипников скольжения самосмазывающихся путем замены материала и метода термической обработки внутренних колец / В. И. Врублевская, М. В. Анисеева // Современные проблемы машиноведения : тез. докладов XI Междунар. науч.-техн. конф. — Гомель : БелГУТ, 2016. — С. 43—44.

УДК 621.785.532.062.57

К. С. Винничек, М. В. Нерода

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ ВСТАВОК ЗАЛИВКИ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ИССЛЕДОВАНИЕМ ХАРАКТЕРА ИЗНОСА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Введение. В условиях поточно-массового производства заливка роторов алюминиевым сплавом может производиться двумя способами: центробежным литьем и литьем под давлением. Заливка производится либо чистым алюминием для нормальных электрических машин, либо алюминиево-марганцовыми сплавами для электрических двигателей с особыми пусковыми характеристиками. При центробежном способе роторы перед заливкой подогреваются до 450...500°. Заливка производится на машинах с вертикальной осью вращения. При способе заливки под давлением роторы предварительно не нагреваются, что является определенным преимуществом этого способа.

Основная часть. Для повышения износостойкости вставок применяется способ ионно-плазменного азотирования рабочей поверхности вставки. По сравнению с традиционным газовым процессом ионное азотирование имеет целый ряд преимуществ и дополнительных технологических возможностей:

1) продолжительность диффузионного насыщения азотом сплавов железа (сталей и чугунов) сокращается в 2...3 раза, а общее время технологического цикла обработки — в 3...5 раз [1]. Учитывая высокую скорость диффузионного насыщения, ионное азотирование рекомендуется проводить в азотной среде, а не в аммиачной, как традиционно принято при азотировании, что полностью исключает вероятность водородного охрупчивания;

2) возможность регулирования процесса насыщения с оптимизацией структуры и свойств диффузионной зоны и зоны соединения с учётом условий эксплуатации конкретных изделий. Необходимое качество слоёв можно обеспечить как основными технологическими факторами (температурой, продолжительностью насыщения и составом азотосодержащей среды), так и дополнительными (давлением газа, электрическими параметрами, межэлектродным расстоянием, размещением деталей в садке с учётом их конфигурации). При соответствующем изменении параметров процесса ионного азотирования на сталях можно получать как диффузионную зону на базе азотистого твёрдого раствора, так и разнообразные модификации фаз в нитридном слое с их специфическими свойствами. Известно, что γ' -фаза (Fe_4N) обладает сравнительно высокой вязкостью, а ϵ -фаза ($Fe_{2-3}N$) — высокой коррозионной стойкостью;

3) снижение хрупкости азотированного слоя. Ионное азотирование позволяет избежать охрупчивания упрочнённого слоя. Это особенно важно при азотировании сталей, содержащих значительное количество легирующих элементов, которые снижают растворимость азота в металле. Известно, что после обычного азотирования стали приходится шлифовать некачественную часть слоя, обладающую повышенной хрупкостью из-за формирования хрупкого нитридного слоя и/или выделения по границам зёрен частиц ϵ -фазы, на глубину до 100 мкм (0,1 мм), что зачастую составляет половину всего упрочнённого слоя;

4) уменьшение деформации изделий в процессе обработки. При ионном азотировании деформацию детали можно свести к нулю. Метод ионного азотирования обеспечивает сохранение геометрических параметров детали, так как обычное увеличение размеров при насыщении азотом можно скомпенсировать одновременно протекающим катодным распылением. Понижение температуры и сокращение продолжительности насыщения также способствуют снижению деформации детали в процессе обработки. Незначительные изменения размеров детали в процессе ионного азотирования позволяют исключить последующее шлифование, при котором удаляется часть азотированного слоя [1].