



Рисунок 1 – Процесс изготовления двухслойного антифрикционного изделия (биметаллической втулки подбивочного блока выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР)

УДК 621.762

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Белявин К.Е., Минько Д.В., Шелег В.К., Белый А.Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Металлофторопластовые материалы широко применяются в подшипниках скольжения и других узлах трения, работающих в условиях отсутствия смазочного материала. Чаще всего металлофторопластовые материалы представляют собой основу из малоуглеродистой стали, на которую через тонкий переходный слой меди методами порошковой металлургии нанесен пористый слой сферических частиц оловянистой бронзы толщиной 0,3-0,4 мм. Внутри сообщающихся пор порошкового слоя находится фторопласт, формирующий при работе тонкий поверхностный слой, покрывающий сферические частицы бронзы [1]. Полученный композиционный материал изготавливается в виде ленты толщиной 1,0-2,5 мм, обладает повышенной механической прочностью, износостойкостью и несущей способностью.

Подшипники скольжения, в виде цилиндрических втулок, свернутых из композиционной металлофторопластовой ленты, обладают высокими антифрикционными свойствами в диапазоне температур от -200°C до $+250^{\circ}\text{C}$, обеспечивают надежную непрерывную работу в вакууме и в жидких средах, не обладающих смазочными свойствами, позволяют заменить более сложные и дорогие подшипники качения, диаметр которых в два раза, а масса на порядок

больше, при этом исключается использование дорогих легированных сталей [2]. Металлофторопластовые ленты применяются для получения подшипников, эксплуатируемых в самых разнообразных устройствах, в основном, в узлах трения, работающих без смазки, хотя введение смазки, как правило, оказывает благоприятное действие на их работу.

Технологии получения металлофторопластовой ленты известны давно и основаны на заполнении пор и обволакивании поверхности частиц спеченного бронзового слоя изделия водной суспензией дисперсного фторопласта, количество и размер частиц которого определяется размером частиц полимера, величиной пористости и размером пор порошкового бронзового слоя. Так как из-за слабых адгезионных свойств фторопласта существенного сцепления между ним и поверхностью частиц бронзы не происходит, закрепление частиц полимера достигается путем сплавления с пористой структурой при температуре спекания. В результате образуется тонкий плохо закрепленный в порах фторопластовый слой, который при повышении температуры может легко отделяться от бронзового слоя. Отечественные традиционные технологии [2], разработанные в 70-х годах прошлого века, не позволяют получать металлофторопластовые ленты с высокими эксплуатационными характеристиками, поэтому предприятия-потребители предпочитают изделия из материалов импортного производства [3].

Анализ показывает, что высокие эксплуатационные характеристики металлофторопластовой ленты определяются толщиной фторопластовой пленки (сотые доли миллиметра), образующейся на пористой поверхности спеченной бронзы, и прочностью соединения с бронзовым слоем, зависящей от глубины проникновения фторопласта в поры. Основным недостатком традиционных технологий является недостаточная глубина проникновения и прочность соединения фторопласта с пористым бронзовым слоем, причем наиболее существенным препятствием такого соединения наряду с низкой адгезией является высокий коэффициент термического расширения фторопласта, приводящий к увеличению его объема и выталкиванию из пор при нагревании.

Из опыта использования полимеров в узлах трения известно, что необходимым условием работоспособности подшипников скольжения является оптимальное сочетание количества полимера и металла в конструкциях [4], то есть для существенного увеличения эксплуатационных характеристик новых металлополимерных материалов, таких как композиционные металлофторопластовые ленты, необходимо существенно увеличить толщину полимерного рабочего слоя, находящегося в порах порошкового слоя.

Увеличения остаточного объема фторопласта в поровом пространстве бронзового слоя при спекании можно добиться либо за счет снижения его коэффициента термического расширения, что достигается путем введения наполнителей, либо за счет использования внешнего давления на полимер при его термообработке. При нагреве объем находящихся в пористом слое частиц фторопласта значительно увеличивается, а так как внешнее давление не позволяет им выходить из пор на поверхность порошкового слоя бронзы, то

происходит дальнейшее проникновение расплавленного фторопласта в поры и закрепление в них. Отметим также, что использование внешнего давления при термообработке полимерного слоя позволяет закрепить в порах даже чистый фторопласт, чего невозможно достичь при свободном спекании на воздухе.

Таким образом, спекание фторопластового слоя под давлением позволяет достичь более глубокого проникновения полимера в поры порошкового слоя, обеспечить заполнение всего их объема и получать изделия с лучшими эксплуатационными характеристиками по сравнению с термообработкой на воздухе.

1. Альшиц, И.Я. Проектирование деталей из пластмасс. Справочник / И.Я. Альшиц, Б.Н. Благов. – М.: Машиностроение, 1977. – 215 с.
2. Семенов, А.П. Металлофторопластовые подшипники / А.П. Семенов, Ю.Э. Савинский. – М.: Машиностроение, 1976. – 196 с.
3. George Lodge & Sons Ltd [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.georgelodgedirect.co.uk/Products/glacier-dub-bushes/> – Date of access: 24.02.2020.
4. Металлополимерные материалы и изделия / В.А. Белый, Н.И. Егоренков, Л.С. Корецкая [и др.]; Под ред. В.А. Белого. – М.: Химия, 1979. – 312 с.

УДК 621.77

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОВЫХ ВАГОННЫХ ОСЕЙ

Белявин К.Е.¹, Щукин В.Я.¹, Кожевникова Г.В.^{1,2}

1) Белорусский национальный технический университет

2) Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

Учитывая высокие требования к качеству вагонной оси, к технологии ее производства на стадии получения заготовки – черновой вагонной оси (рисунок 1) кроме традиционных требований, таких как высокая производительность, экономное использование металла и энергии, предъявляется специфическое требование – достижение высокой усталостной прочности (выносливости). По этой причине изготовление заготовки вагонной оси только методом литья недопустимо, так как он не обеспечивает необходимое качество. Традиционно черновые вагонные оси производят ковкой на гидропрессах, радиальной ковкой, поперечно-винтовой прокаткой из металлопроката или литой заготовки, в том числе непрерывно литой. Обработка давлением измельчает структуру металла, что повышает его усталостную прочность. Стандарт на изготовление черновой вагонной оси предусматривает уковку, то есть уменьшение площади поперечного сечения