

УДК 621.762

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРЕГИБА ДЛЯ ОЦЕНКИ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИТА

А. Д. Степаньков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель С. В. Шишков

*Проведена оценка адгезионных свойств металлофторопластового композита методом перегиба листового материала.*

**Ключевые слова:** адгезия, композиционный материал, подшипник скольжения, испытания на перегиб.

## USING THE BENDING METHOD TO EVALUATE THE ADHESIVE PROPERTIES OF A METALLOFLUOROPLAST COMPOSITE

A. D. Stsepankou

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

Science supervisor S. V. Shishkov

*An assessment of the adhesive properties of a metallofluoroplast composite by bending sheet material was carried out.*

**Keywords:** adhesion, composite material, sliding bearing, bending tests.

Среди разнообразных антифрикционных материалов, используемых для изготовления подшипников скольжения, особое место занимают металлофторопластовые композиционные материалы [1]. Одним из видов таких материалов является металлофторопластовый композит, представляющий собой стальную полосу с напеченной на нее металлической порошковой матрицей, содержащей наполнитель на основе фторопласта.

В ГГТУ им. П. О. Сухого разработан способ изготовления антифрикционного биметаллического металлофторопластового композиционного материала [2]. Отличительной особенностью разработанной технологии является то, что она позволяет получать на стальной подложке бронзовый слой различной пористости, что, в свою очередь, дает возможность введения различного количества антифрикционного наполнителя.

Из данного материала операциями листовой штамповки можно изготавливать различные детали триботехнического назначения: втулки радиальных подшипников, втулки с отбортовкой радиально-упорных подшипников, вкладыши сферических шарнирных подшипников и др. Основным требованием, предъявляемым к материалам, идущим на изготовление деталей в штампах, является их пригодность к штамповке. Поэтому материалы, поступающие в цеха холодной штамповки, подвергаются целому ряду проверок и испытаний.

Ввиду того, что данный материал представляет собой многослойный композит, возникает необходимость дополнительной проверки адгезии бронзофторопластового покрытия к стальной подложке [3].

## 126 Перспективные направления совершенствования материалов и технологий

Испытания образцов проводились методом перегиба по ГОСТ 13813–68 до момента визуального образования трещины в покрытии либо отслоения покрытия от стальной подложки по схеме, представленной на рис. 1.

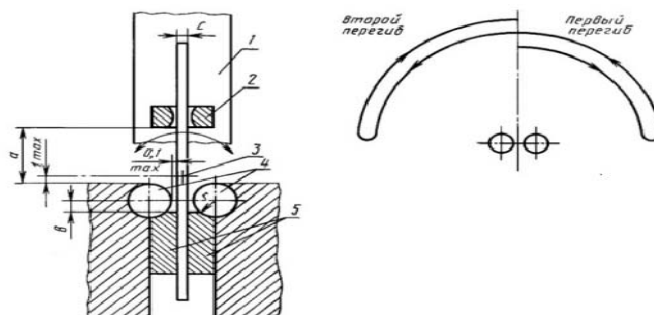


Рис. 1. Схема установки для испытания на изгиб:

1 – изгибающий рычаг; 2 – поводок; 3 – ось вращения изгибающего рычага;  
4 – опорные цилиндрические валики; 5 – сменные губки

Для проведения испытаний использовались образцы материала с характеристиками, представленными в таблице.

### Характеристика металлофторопластового материала

Толщина стальной подложки, мм	Толщина бронзового слоя, мм	Толщина бронзо-фторопластового слоя, мм	Пористость бронзового слоя, %
1,0	0,3	0,35	30
1,0	0,35	0,40	40
1,0	0,22	0,25	50

Образец закрепляется в установку между валками, и вручную, используя рычаг, перегибается из стороны в сторону, до момента пока не будет разрушен. Использовались валки радиусами 3, 4 и 10 мм.

Фиксировалось количество циклов перегиба до момента появления внешних трещин, а также до момента разрушения материала.

Момент начала образования трещин визуально легче фиксировать на двухслойном материале по сравнению с трехслойным (рис. 2).



а)

б)

Рис. 2. Испытания образцов:  
а – двухслойный; б – трехслойный

На рис. 3 представлены образцы в момент образования трещины.

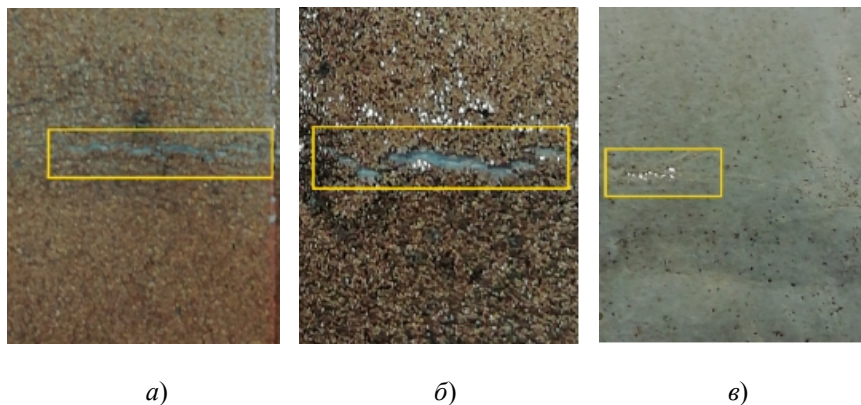


Рис. 3. Образцы после испытаний:  
*a* – сталь + пористый бронзовый слой с пористостью 30 %;  
*б* – сталь + пористый бронзовый слой с пористостью 40 %;  
*в* – сталь + бронзофторопластовый слой с пористостью 50 %

На рис. 4 приведены средние значения количества перегибов для образцов различной пористости бронзового слоя при разных радиусах гибки.

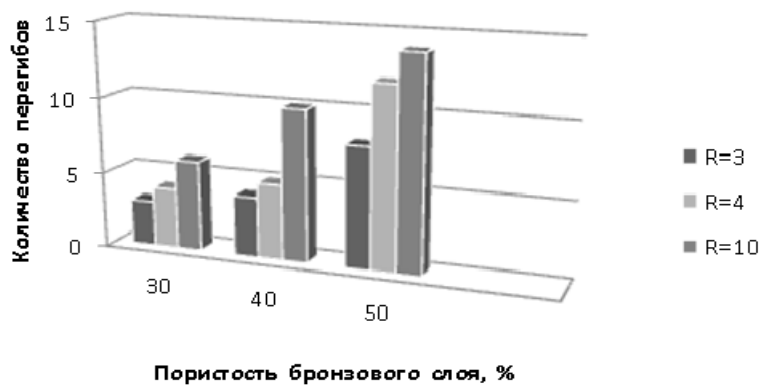


Рис. 4. Результаты испытаний на перегиб

Оценка адгезионных свойств слоев материала показала следующее:

– при толщине бронзофторопластового покрытия 0,35–0,40 мм и пористости 30–40 % отслоение или образование трещины происходит раньше разрушения стальной подложки (рис. 3, *a*, *б*);

– при толщине бронзофторопластового покрытия 0,25 мм и пористости 50 % отслоение или образование трещины происходит одновременно с разрушением стальной подложки (рис. 3, *в*).

В связи с этим при изготовлении подшипников скольжения штамповкой (операциями гибки или свертки) целесообразно проводить корректировку минимальных радиусов гибки с учетом адгезионных свойств покрытия:

– для материалов с толщиной бронзофторопластового покрытия 0,35–0,40 мм радиусы гибки необходимо увеличивать в 1,5–2 раза;

– для материалов с толщиной бронзофторопластового покрытия 0,25 мм допустимо проводить гибку с радиусами, применимыми для стальной подложки.

Литература

1. Машиностроение. Энциклопедия. Неметаллические конструкционные материалы. Т. II-4 / Ю. В. Антипов [и др.] ; под ред. А. А. Кулькова ; редкол.: К. В. Фролов (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 2005. – 464 с. : ил.
2. Бобарикин, Ю. Л. Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Шишков // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2011. – № 3. – С. 3–9.
3. Шишков, С. В. Оценка адгезионных свойств металлофторопластового композита с регулируемой пористостью бронзовой матрицы / С. В. Шишков, А. Н. Швецов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 6-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 2022 г. / Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2022. – С. 305–307.

УДК 631.3-52: 631.3

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ  
СИЛОВОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ  
ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УЭС-2-250А  
ПРИ ПОДЪЕМЕ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КНК-3000**

**А. В. Сусло**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

*Представлена методика силового анализа механизма навески подъемно-навесного устройства УЭС-2-250А, обеспечивающая его агрегатирование с навесным оборудованием. При этом формируется функциональная математическая модель силового анализа механизма навески. Последняя может быть использована для функционального проектирования идентичных по структуре подъемных механизмов строительно-дорожных машин и самоходных шасси.*

**Ключевые слова:** силовой анализ, механизм навески, мобильные машины, плоский аналог механизма навески.

**MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCEDURE  
FOR FORCE ANALYSIS OF THE LINKAGE MECHANISM  
OF THE UES-2-250A LIFTING DEVICE WHEN LIFTING  
THE KNK-3000 FORAGE HARVESTER**

**A. V. Suslo**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

Science supervisor V. B. Popov

*A method of force analysis of the linkage mechanism of the UES-2-250A lifting-and-hinging device is presented, ensuring its aggregation with attachments. In this case, a functional mathematical model of force analysis of the linkage mechanism is formed. The latter can be used for the functional design of lifting mechanisms of road construction machines and self-propelled chassis that are identical in structure.*

**Keywords:** force analysis, linkage mechanism, mobile machines, flat analogue of the linkage mechanism.