

**ЗАТУЛОВСКИЙ А.С.<sup>1</sup>, ЩЕРЕЦКИЙ В.А.<sup>1</sup>, ИВАХНЕНКО М.О.<sup>2</sup>***(<sup>1</sup>ФТИМС НАН Украины, г. Киев; <sup>2</sup>КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев)***ЛИТЫЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВТУЛКИ С ИЗНОСОСТОЙКИМ КОМПОЗИЦИОННЫМ СЛОЕМ***E-mail: kompozit@ptima.kiev.ua / shcheretskiy@nas.gov.ua*

**АНОТАЦІЯ.** Целью исследования является разработка нового композиционного материала для плакирующего рабочего слоя литых биметаллических втулок, которые работают в узлах трения, и изучение его триботехнических свойств.

Основные результаты – конструкция антифрикционной втулки разрабатывалась таким образом, чтобы после механической обработки более мягкие участки матрицы чередовались с более твердыми участками армирующих вставок. Изготовлены композиционные втулки из сплава АК12 внутренним диаметром 50 мм с армирующими вставками в виде проволоки диаметром 2 мм из нержавеющей (08X18H10T) и углеродистой стали (ст. 45). Установлено, что износ композиционных втулок ниже, чем втулок из моносплава АК12 в 1,3...1,7 раз. При этом лучший результат достигнут при применении армирующих вставок из углеродистой стали ст. 45. Это можно объяснить оптимальным сочетанием твердости армирующих элементов и матрицы на уровне 3,09. В случае применения армирующих вставок из стали 08X18H10T это соотношение составляет 3,27.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** композиционные материалы, армирующие вставки, триботехнические свойства

Повышенный износ трибодеталей и недостаточная долговечность узлов трения – одна из главных проблем современной промышленности, поэтому эффективное и экономически выгодное упрочнение рабочей поверхности трибодеталей путем создания композиционного поверхностного слоя является актуальной научной и практической задачей [1]. Существует большое количество способов создания поверхностного композиционного слоя на рабочей части детали. Это наплавка, напыление, термохимические и гальванические методы, лазерная обработка и др., но одним из наиболее дешевых и эффективных является получение детали с поверхностным композиционным слоем при помощи методов литья [2].

Разработан метод получения втулок из сплавов цветных металлов, рабочая поверхность которых армирована макровставками в виде проволоки, пластин, сетки. Армирующие вставки подбираются из более прочных и износостойких материалов по отношению к материалу матрицы. Метод включает в себя подготовку армирующих вставок, установку и закрепление их вокруг стержня в форме, заполнение формы легкоплавкой составляющей – матричным цветным сплавом. Заполнение формы может осуществ-

ляться заливкой металла в форму или методом гравитационной пропитки в термической печи. Форма в сборе помещается в печь и при температуре выше температуры ликвидус матричного сплава на 200 °С шихтовая навеска матричной составляющей, постепенно расплавляясь, заполняет форму с закрепленными в ней армирующими вставками, формируя композиционный слой. Отливка подвергается механической обработке для получения требуемых размеров, а также термической обработке с целью оптимизации соотношения твердости матрицы и армирующих вставок. Исследованиями установлено, что наилучшие триботехнические характеристики композиционный слой имеет при отношении твердости армирующей составляющей к твердости матричного материала  $\approx 3$  [3, 4], что соответствует правилу Шарпи.

Одним из основных условий создания качественного поверхностного композиционного слоя является достижение прочного бездефектного диффузионного соединения металла основы с армирующими вставками, поэтому необходима подготовка поверхности вставок с целью достижения достаточной смачиваемости матричным металлом армирующих вставок. В данной работе, в зависимости от вида армирующих

вставок и материала основы, применяли лужение или нанесение тонкого слоя меди гальваническим методом.

Форму изготавливали из графита или песчано-глинистой смеси.

Конструкция антифрикционной втулки разрабатывалась таким образом, чтобы после механической обработки более мягкие участки матрицы чередовались с более твердыми участками армирующих вставок. Площадь армирующей составляющей на поверхности композиционного слоя составляет от 30 до 60% общей площади рабочей поверхности втулки, в зависимости от применяемых армирующих элементов и условий эксплуатации трибоизделия. Технология изготовления композитов с макроставками описана в патенте [5].

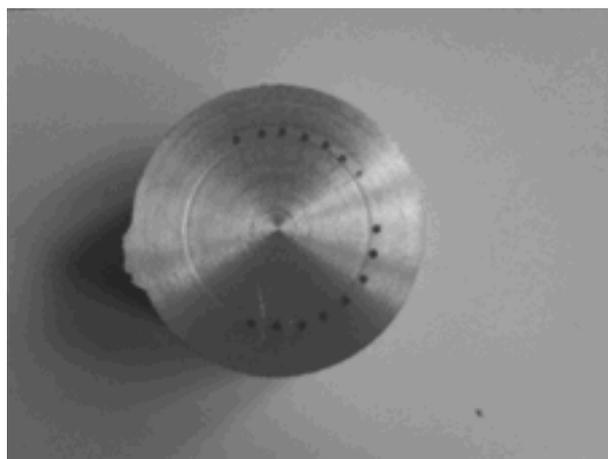
Изготовлены композиционные втулки из сплава АК12 внутренним диаметром 50 мм с армирующими вставками в виде проволоки диаметром 2 мм из нержавеющей (08X18H10T) и углеродистой стали (ст. 45) (рис. 1).

Триботехнические испытания проводили на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме неразрезанная втулка – вал. Время испытаний – 4 часа. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

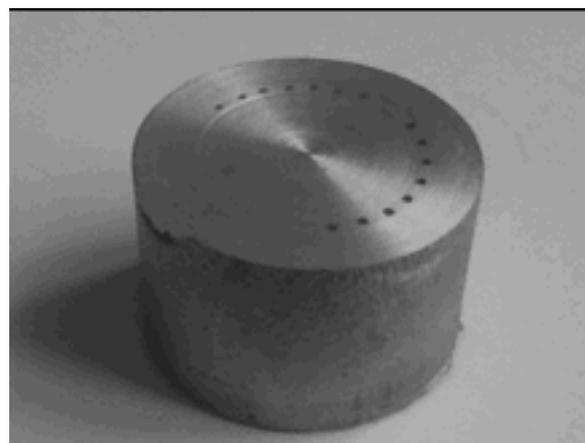
Установлено, что износ композиционных втулок ниже, чем втулок из моносплава АК12 в 1,3...1,7 раз. Причем лучший результат достигнут при применении армирующих вставок из углеродистой стали ст. 45. Это можно объяснить оптимальным сочетанием твердости армирующих элементов и матрицы НВарм/НВматр =  $170/55 = 3,09$ . В случае применения армирующих вставок из стали 08X18H10T НВарм/НВматр =  $180/55 = 3,27$ .

### ВЫВОДЫ

Таким образом, армирование антифрикционных силуминов твердыми проволочными элементами является перспективным способом повышения износостойкости, а значит и ресурса работы материалов, работающих в трибоузлах машиностроительного оборудования.



а



б

Рис. 1. Композиционная отливка с проволочными армирующими элементами

Таблица 1 – Износ композиционных материалов, армированных макроставками

Материал образца	Твердость контрола	Нагрузка, кг	Скорость вращения вала, об/мин	Время испытания, мин	Потеря массы, г (опыт №1)	Потеря массы, г (опыт №2)	Потеря массы, г (опыт №3)	Средняя потеря массы, г
Сплав АК12	57	2,8	227	240	0,2	0,22	0,21	0,21
Сплав АК12 (армированный проволокой из стали 08X18H10T)					0,1501	0,1515	0,1511	0,1509
Алюминий (армированный проволокой из стали 45)					0,1281	0,1267	0,1261	0,127

Таблиця 2 – Скорість износа композитов в сравнении со сплавом АК12

Материал образца	Средняя потеря массы, г	Сравнительный % потери массы (за 100% принимаем чистый алюминий)	Скорость износа, г/час	Путь пройденный образцом при трении о контргело, за 240 мин испытаний, км	Скорость образца, при трении о контргело, км/час
Сплав АК-12	0,21	100	0,05	8,4	2,1
Сплав АК-12 (армированный проволокой из стали 08Х18Н10Т)	0,1509	72	0,04		
Алюминий (армированный проволокой из стали 45)	0,127	60	0,03		

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Затуловский А.С., Тракшинский Б.Р., Затуловский С.С. Освоение антифрикционных композитов – решение проблемы увеличения ресурса работы оборудования // *Металл и литье Украины*. – 2004. - №1-2. – С. 21...26.
2. Затуловский А.С. Триботехнические композиционные материалы // *Литейное производство*. – 1997. - №8/9. – С. 27...29.
3. Затуловский С.С., Затуловский А.С. Исследование триботехнических и эксплуатационных характеристик ЛКМ с матрицами из медных сплавов // *Перспективные материалы*. – 2005. – №1. – С. 66...72.
4. Затуловский С.С., Косинская А.В., Затуловский А.С., Набока Е.А. Влияние термообработки на структуру и триботехнические свойства литых композиционных материалов // *Литейное производство*. – 2003. - №9. – С. 23...25.
5. Мудрук Л.А., Затуловський А.С. Матеріал із зносостійким композиційним шаром. Корисна модель №85912, 10.12.2013 р., бюл. №23.