

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжков, В. М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники. – М.: Агропромиздат, 1989. – 335 с.
2. Кожуро, Л. М., Чемисов, Б. П. Обработка деталей машин в магнитном поле. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 232 с.
3. Витязь, П. А., Ивашко, В. С., Ильющенко, А. Ф. и др. Теория и практика нанесения защитных покрытий. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 583 с.
4. Мрочек, Ж. А., Макаревич, С. С., Кожуро, Л. М. и др. Остаточные напряжения. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 352 с.
5. Барвинок, В. А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
6. Безухов, Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1968. – 512 с.
7. Писаренко, Г. С., Лебедев, А. А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. – К.: Наукова думка, 1976. – 416 с.

УДК 621.793

*Серебряков В.И., Ткачик Р.Ю.*

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КЛЕЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ МАШИН**

*Зеленогурский университет  
Зелена Гура, Польша*

Клеевые соединения на основе эпоксидных смол с отвердителем и наполнителем (в виде твердой добавки) находят все большее применение в качестве материалов для восстановления, утраченных в процессе эксплуатации, свойств и характеристик поверхностного слоя деталей машин. Особенно такой процесс нанесения покрытий представляется перспективным, являясь малоизученным, для деталей машин, поверхности которых работают в условиях трения скольжения в различных условиях смазки.

Восстанавливая, утраченные в процессе эксплуатации, свойства и характеристики поверхностного слоя деталей машин, можно увеличить их физическую долговечность и, тем самым, повысить качество самого изделия машиностроения.

Следует учитывать также, что процесс нанесения клеевого покрытия требует определенного внимания с точки зрения вредного воздействия на окружающую среду.

Основными эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к покрытым поверхностям, являются: высокая сцепляемость покрытия с основным металлом, а также износостойкость. Эксплуатационные свойства поверхностного слоя детали достигаются при использовании определенного комплексного технологического процесса, состоящего из процесса подготовки поверхности под покрытие, нанесения покрытия и соответствующей механической обработки.

В данной статье излагается комплексная технология и приведены результаты исследований состояния поверхностного слоя образцов, изготовленных из закаленной стали 35ХГС после нанесения покрытия и соответствующей механической обработки, а также результаты исследований антифрикционных свойств клеевого покрытия.

При оптимизации технологического процесса учитывались, прежде всего, рекомендации производителя клеевого соединения.

Для покрытий поверхности образцов использовались и исследовались такие двухкомпонентные клеи на базе эпоксидных смол добавками, как Metal-Glu grafit, Devcon titanium T, Devcon WR, Chester Metal Super, Chester Metal Slide.

Подготовка образцов заключалась в обтачивании поверхности по длине с оставлением бортика с двух сторон, как это показано на рис. 1. Глубина обточенной поверхности (в пределах 2-3 мм) зависела от эксплуатационного назначения поверхности, а также от физико-механических свойств используемого покрытия (твердости, шероховатости, сцепляемости и др.). Для улучшения сцепления клея с поверхностью наносились резьбовые канавки левой и правой резьбы с шагом 2-3мм/об.

После затвердения композита поверхность образца обтачивалась резцом из быстрорежущей стали Р9К5 с передним углом  $\gamma = 6^\circ$  и радиусом закругления при вершине резца 1мм, что обеспечивало минимальную шероховатость поверхности поверхности (рис.1б).

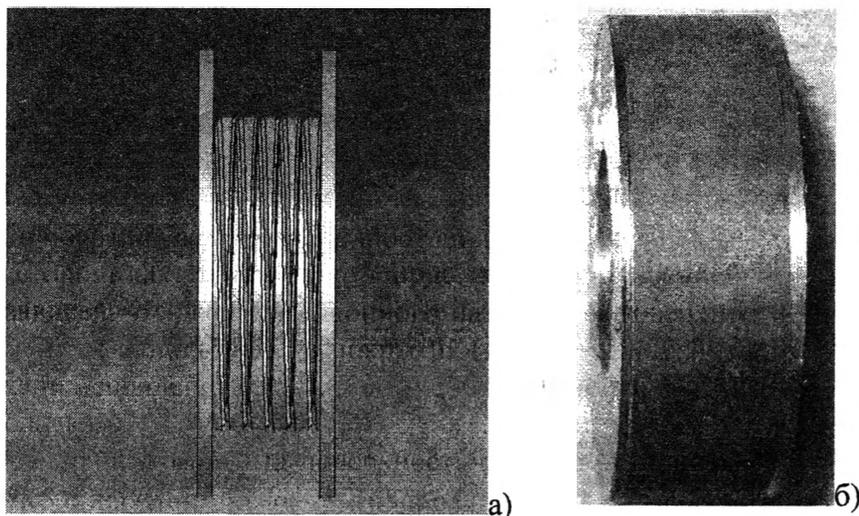


Рисунок 1- Вид исследуемых образцов: а) - перед покрытием, б) - после нанесения клеевого покрытия и механической обработки

Исследовалась микроструктура клеевого покрытия в месте соединения с основным металлом на универсальном микроскопе при 20-кратном увеличении. Шероховатость поверхности образцов, а также микротвердость исследовалась, соответственно, на профилометре-профилографе и микротвердость поверхности на твердомере ZHP 10 фирмы Zwick до и после проведения испытаний.

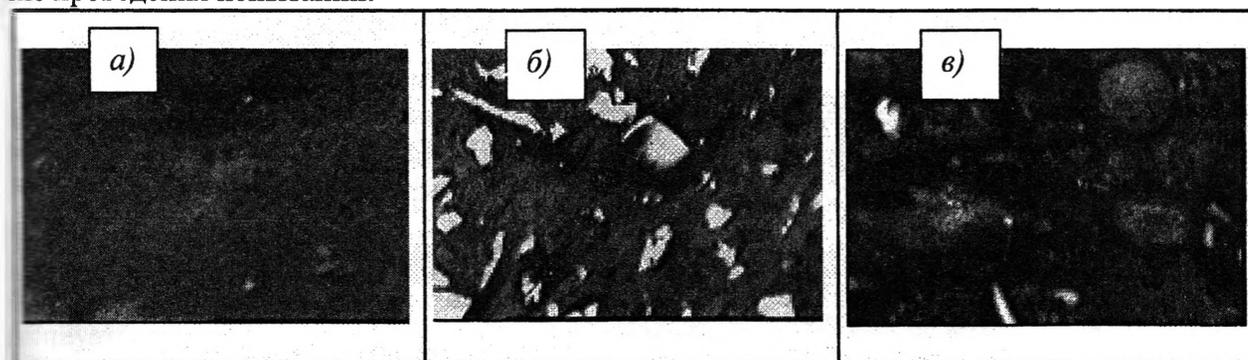


Рисунок 2 - Микроструктура клеевого покрытия с основным металлом: а) Metal-Glu grafit, б) Devcon titanium TI, в) Devcon WR

Микротвердость поверхности исследованных клеевых покрытий группы Chester Metal находилась в пределах HV 19...23 (при нагрузке на индентор 2 кН), а остальных трех – HV 53...57 и почти не изменилась в процессе испытаний на износ.

Как видно из рисунка 2, в месте контакта клеевого покрытия с основным металлом наблюдается некая переходная зона глубиной около 10...20мкм, связанная, по-видимому, с условиями охлаждения клеевых слоев.

Результаты исследования шероховатости поверхности клеевого покрытия после механической обработки приведены в табл. 1, а шероховатость поверхности чугунной колодки составляла  $Ra = 0,8\text{мкм}$ .

Таблица 1. Шероховатость поверхности клеевых покрытий

Клеевое покрытие	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	
	После точения	После износных испытаний
Chester Metal Super	5,21	3,0
Chester Metal Slide	1,93	1,65
Metal-Glu grafit,	2,3	1,66
Devcon titanium TI,	2,8	1,15
Devcon WR	3,1	2,2

В процессе испытаний на износ шероховатость покрытий из клеевых соединений уменьшалась от 20% до двух раз.

Исследования антифрикционных свойств поверхностного клеевого покрытия образца ролика проводились на специальной установке Т-05 при трении скольжения в паре с чугунной колодкой с различной нагрузкой, скоростью вращения образца-ролика и временем испытаний.

Исследования температуры смазки в зоне трения и в поверхностном слое образца ролика, силы трения и коэффициент трения проводились в два этапа:

I этап – испытания при постоянной нагрузке  $P = 20\text{Н}$  в течение 1800с (30 мин) и частоте вращения  $n = 3$  об/с. Смазка маслом SN-150 в погруженном состоянии.

II этап – испытания при различной нагрузке (10, 20, 30 Н). На каждой нагрузке использовались частоты вращения 60, 120, 180, 240 об/мин. Общее время испытаний составляло 9 мин.

В процессе исследований оценивалась величина износа покрытия весовым способом.

Измерение температуры смазки в зоне трения показало, что она изменялась в процессе испытаний от 20 до 30...40 °С. То же самое можно отметить и по температуре образца на глубине от поверхности 2мм: она увеличилась до 60...80°С. Следует отметить, что указанное изменение температур не зависело от условий испытаний на двух этапах.

На рисунке 3 приведены результаты исследований коэффициента трения сопряженных поверхностей (клеевого покрытия с чугунной поверхностью), а также изменения силы трения в процессе испытаний.

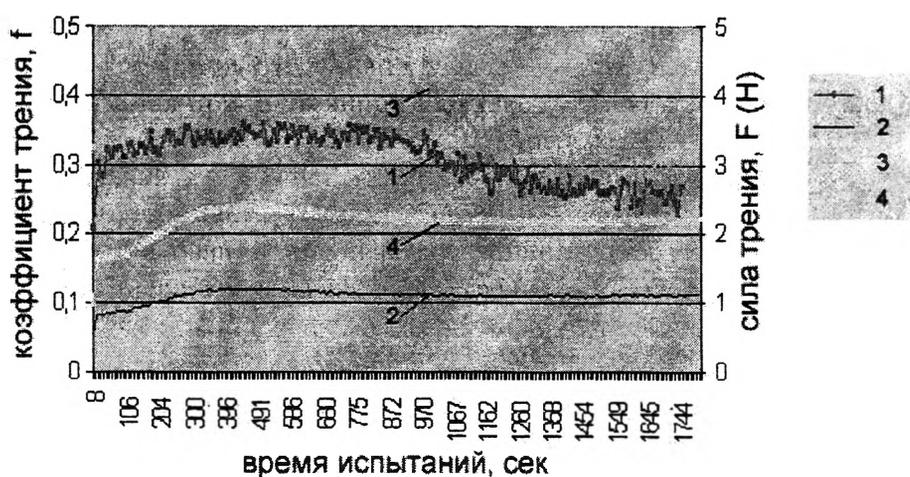


Рисунок 3 - Изменение коэффициента трения клеевых покрытий (1 - Super, 2 – Slide) и силы трения (3 – Super, 4 – Slide) на первом этапе испытаний

Большой стабильностью процесса отличалось покрытие Slide. Это покрытие имело меньшую шероховатость поверхности, несмотря на некоторый рост ее в конце испытаний.

Аналогичным образом изменялись коэффициенты трения исследованных указанных клеевых покрытий: Metal-Glu grafit – 0,24; Devcon titanium TI - 0,23, Devcon WR - 0,22; Chester Metal Super – 0,11; Chester Metal Slide – 0,3.

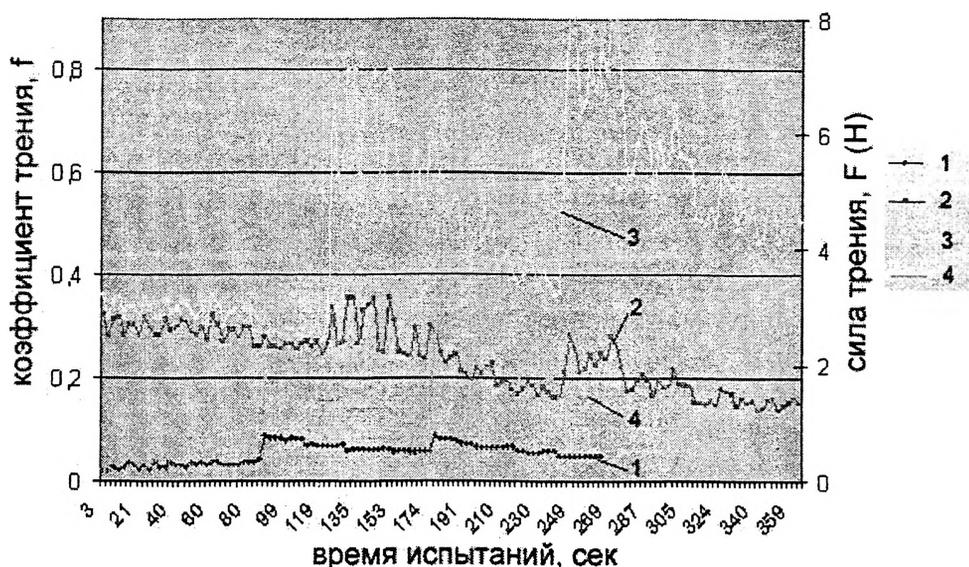


Рисунок 4 - Изменение коэффициента трения клеевых покрытий (1 - Super, 2 - Slide) и силы трения (3 - Super, 4 - Slide) на первом этапе испытаний

На втором этапе испытаний клеевых покрытий отмечено следующее изменение силы трения и коэффициента трения, показанное на рис. 4.

Как видно из результатов испытаний более подвержен влиянию динамических нагрузок клей Chester Metal Super, что характеризуется как нестабильностью изменения силы трения и коэффициента трения при изменении нагрузки в пределах 10 – 30Н, так и значительной их величиной по сравнению со вторым клеем. Отмеченное изменение связано с исходной шероховатостью поверхности этих материалов, а также с их поверхностной микротвердостью.

Потеря в весе образцов с покрытиями в процессе износных испытаний на режимах первого этапа составила: 4,5мг – для Metal-Glu grafit, 4,1мг - Devcon titanium TI, 4,0мг - Devcon WR, 3,1мг - Chester Metal Slide и 58,8мг - Chester Metal Super.

В заключение следует отметить:

1 – клеевые покрытия на основе эпоксидных смол требуют тщательной подготовки поверхности перед его нанесением и соответствующей механической обработки с целью обеспечения требуемой шероховатости поверхности и высокой сцепления покрытия с основным металлом;

2 – решение о возможности применения определенного клеевого покрытия с целью повышения долговечности деталей машин должно приниматься на основании анализа условий эксплуатации этих деталей, а также с учетом состояния поверхностного слоя того или иного покрытия, полученного после использования соответствующего технологического процесса восстановления изношенной поверхности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Laber, S. Analiza współzależności pomiędzy stanem warstwy wierzchniej a właściwościami użytkowymi żeliwnych elementów maszyn obrabianych nagniataniem. Zielona Góra: WSI, 1985.
2. Karczmarek, J. Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej. Warszawa: WNT, 1970. 3.
3. Nowak, B. Regeneracja typowych elementów pojazdów samochodowych. Warszawa: WKŁ, 1983.