

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СМЕЩЕНИЕ И ИЗНАШИВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ТРЕНИЯ

П. Н. БОГДАНОВИЧ, Л. П. КУХОРЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

В несмазываемых узлах трения, работающих в режиме предварительного смещения, один из элементов выполняется, как правило, в виде покрытия из полимерного композита. Если нет других ограничений, то полимерный слой, непосредственно воспринимающий контактную нагрузку, должен быть возможно меньшей толщины. Такое требование связано с низкой теплопроводностью полимеров и слабым отводом тепла от зоны трения. При реверсивном скольжении сопрягаемых деталей, наряду с тепловыми явлениями, важным становится то, что материалы на основе полимеров обладают ярко выраженными наследственно-упругими свойствами, которые оказывают влияние на предварительное смещение, а следовательно, и на закономерности их изнашивания. Поэтому важно оценить влияние толщины покрытия на предварительное смещение, изнашивание и распределение износа по поверхности трения.

Испытаниям подвергались нанесенные на стальную пластину покрытия из композиций, содержащих эпоксидную смолу ЭД-20, модифицированную эпоксидным олигомером, графит, полиэтиленполиамин и соли жирных кислот. Покрытия формировались методом заливки композита в зазор между покрытой антиадгезивом плитой и стальной пластиной (подложкой). В процессе испытаний толщина покрытий изменялась путем периодического съема слоя композита шлифованием. В качестве контртела был выбран цилиндр диаметром 24,5 мм и высотой 32 мм, выполненный из стали ШХ-15. Испытания проводились на специально разработанных установках и машине трения МПТ-1. Внутренние напряжения измерялись по стреле прогиба упругой (сталь 65Г) пластинки, на поверхность которой наносилось покрытие заданной толщины. Предварительное смещение и деформации полимеров при трении измерялись тензометрическим методом.

Увеличение толщины полимерного покрытия h в общем случае приводит к росту предварительного смещения δ (рисунок 1). Для малых нагрузок эта зависимость едва прослеживается, а по мере повышения максимального давления на контакте p_0 зависимость $\delta(h)$ становится более существенной. Рост δ с увеличением толщины покрытия наблюдается до определенного, зависящего от нормальной нагрузки значения h_0 . Можно полагать, что зависимость $\delta(h)$ обусловлена влиянием металлической подложки на структуру, жесткость и внутренние напряжения в покрытии. Однако более вероятным представляется влияние h на δ через посредство контактных деформаций.

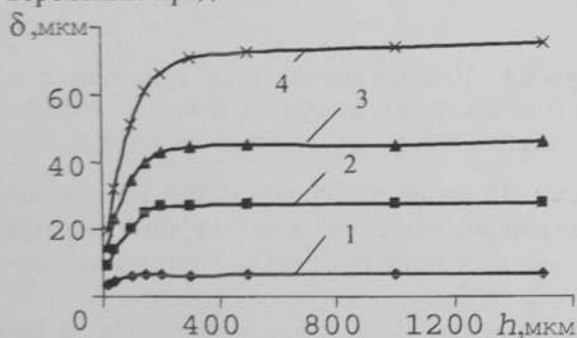


Рисунок 1 – Влияние толщины эпоксидного покрытия на предварительное смещение при
1 - $p_0 = 1,55$ МПа; 2 - $p_0 = 4,5$; 3 - $p_0 = 6,5$;
4 - $p_0 = 10$ МПа

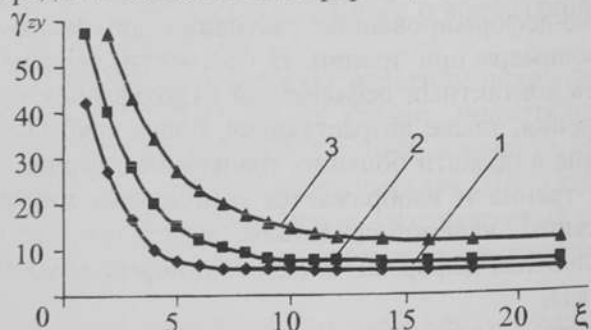


Рисунок 2 – Зависимости деформаций сдвига γ_{zy} от расстояния исследуемой точки до поверхности трения
при 1 - $p_0 = 4,5$ МПа; 2 - $p_0 = 6,5$;
3 - $p_0 = 10$ МПа

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при трении интенсивно деформируется слой полимера, относительная толщина которого $\xi = z/b$ при выбранных режимах нагружения не превышает 12 (рисунок 2). Здесь z – расстояние от поверхности трения до исследуемой точки в направлении, перпендикулярном поверхности трения, b – полуширина контактной площадки. Видно, что с увеличением давления на контакте толщина слоя z_0 , подвергаемого значительным

по величине деформациям сдвига γ_{zy} , нелинейно растет. Аналогичные результаты получены для нормальных деформаций полимера в направлении вектора скорости скольжения. Следовательно, при толщине покрытия $h > z_0$, влияние металлической подложки на контактные деформации, а по этой причине – и на перемещения поверхности трения, не должно быть существенным.

Анализ представленных на рисунках 1 и 2 зависимостей свидетельствует о существовании корреляции между предварительным смещением и толщиной покрытия. Так, выход кривой $\delta(h)$ на полку при $p_0 = 10$ МПа наблюдается при $h_0 \approx 500$ мкм, а толщина интенсивно деформируемого слоя $z_0 = 1680$ мкм (здесь $b = 120$ мкм). Аналогично, при $p_0 = 6,5$ МПа: $h_0 = 300$ мкм, $z_0 = 700$ мкм, $b = 98$ мкм, а при $p_0 = 4,5$ МПа: $h_0 = 200$ мкм, $z_0 = 320$ мкм, $b = 54$ мкм. Видно, что существует связь между z_0 и толщиной слоя, превышение которой не оказывает влияния на предварительное смещение. Однако абсолютные значения z_0 и h_0 не совпадают, причем, с увеличением нормальной нагрузки это расхождение возрастает. Тот факт, что $h_0 < z_0$, связан с тем, что предварительное смещение обусловлено деформацией материалов контактирующих выступов, средний размер площадок контакта которых меньше ширины контактной площадки сопряжения цилиндр – плоский образец.

Описанные закономерности процессов деформации и предварительного смещения при фрикционном нагружении полимерного слоя, лежащего на жестком основании, сказываются на их сопротивлении изнашиванию. Установлено, что при уменьшении толщины покрытия профиль его изношенной поверхности соответствует более равномерному распределению износа вдоль дорожки трения. Наблюдаемое при уменьшении h общее снижение интенсивности изнашивания I_h покрытия обусловлено не только предварительным смещением. Важным, если не более существенным, фактором является то, что уменьшение толщины покрытия сопровождается снижением внутренних растягивающих напряжений, которые, суммируясь с циклически действующими контактными растягивающими напряжениями, вызывают разрушение поверхности трения. Испытания показали, что увеличение толщины эпоксидного покрытия (базовая композиция № 1) сопровождается монотонным ростом внутренних напряжений $\sigma_{вн}$ (таблица 1). В области малых толщин (до 1 мм) зависимость $\sigma_{вн}(h)$ более ярко выражена. Для толстых покрытий характерно менее существенное влияние их толщины на внутренние напряжения. При введении в состав композита солей жирных кислот (композиция № 2) характер зависимости $\sigma_{вн}(h)$ не изменяется, однако в целом внутренние напряжения снижаются.

Таблица 1 – Внутренние напряжения в эпоксидных покрытиях различной толщины

Внутренние напряжения, МПа	Толщина покрытия, мм						
	0,1	0,2	0,4	0,7	1,0	1,5	2,0
Композиция №1	0,40	0,76	1,05	1,52	1,75	2,05	2,17
Композиция №2	0,40	0,62	0,93	1,05	1,40	1,56	1,85

С уменьшением толщины покрытия должно быть более значительное снижение интенсивности его изнашивания, т. к. снижаются внутренние напряжения, возрастает отвод генерируемой при трении теплоты от зоны контакта и уменьшается предварительное смещение в зонах реверса. Однако это не совсем четко проявляется в испытаниях эпоксидных покрытий. По-видимому, существенное влияние на разрушение поверхностного слоя оказывает адгезия полимера к металлической подложке. В частности, наличие несплошностей на границе раздела композит – металл ускоряет процесс усталостного изнашивания.

УДК 691.32

ОЦЕНКА КИНЕТИКИ АДсорбЦИИ И ДЕСорбЦИИ ВЛАГИ И ЕЕ ПАРОВ НА РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

Процесс карбонизации взаимодействия углекислого газа воздуха с гидроокисью кальция в поровом пространстве рассматривается по аналогии с действием гидравлического насоса, в котором периодические изменения температуры и влажности способствуют частой смене уровня поровой