

УДК 678.5.029.6

ВЛИЯНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ДИСПЕРСНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

В. М. ШАПОВАЛОВ, С. В. ЗОТОВ,
К. В. ОВЧИННИКОВ, М. А. КОВАЛЕНКО

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси
Гомель, Беларусь

Актуальной задачей современного материаловедения является разработка новых видов полимерных покрытий, позволяющих повысить долговечность и работоспособность деталей и механизмов, в том числе узлов трибосопряжений, в условиях агрессивных сред и повышенных нагрузок. В настоящее время для формирования таких покрытий все больше используют порошковые (дисперсные) полимерные материалы на основе термопластов, нанесение которых может осуществляться в псевдооживленном слое или электростатическим способом, а также комбинацией этих методов.

В ИММС НАН Беларуси исследовано влияние неорганических наполнителей на прочностные и триботехнические показатели покрытий на основе таких перспективных термопластов, как полифениленсульфид (ПФС), полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) и сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). В композициях применяли ПФС марки МА-520, СВМПЭ марки GHR 8110, ПЭЭК марки Victrex 450 PF с размером частиц от 50 до 315 мкм. В качестве наполнителей использовали дисперсные (до 125 мкм) частицы гексагонального нитрида бора (ГНБ) и монтмориллонита (ММТ) в концентрации от 0,5 мас. % до 5 мас. %. Покрытия получали вибровихревым способом путем погружения металлических подложек (сталь 45) в псевдооживленный слой композиций с последующим спеканием покрытий.

В ходе работы оценивали микротвердость, устойчивость к ударным нагрузкам и растрескиванию при изгибе, а также триботехнические показатели покрытий. Измерение микротвердости проводили по методу восстановленного отпечатка согласно ГОСТ 9450–76 на приборе ПМТ-3. Определение устойчивости покрытий к растрескиванию при изгибе проводили по оригинальной методике, согласно которой металлическую подложку с покрытием подвергали изгибу на угол 90°, фиксируя угол изгиба подложки, при котором покрытие начинало разрушаться. Ударную прочность покрытий определяли на экспериментальной установке согласно ГОСТ 4765 в условиях прямого удара. Триботехнические испытания проводили по схеме «вал – частичный вкладыш» на машине трения СМТ-1 без смазки при нагрузке 100 Н и линейной скорости вращения контртела (ролик, сталь 45) 1 м/с.

Испытания по определению прочностных показателей позволили установить, что наиболее высокими физико-механическими характеристиками обладают композиционные покрытия на основе ПЭЭК: микротвердость составила более 23 кгс/мм², покрытия выдерживают удар при максимальной высоте падения груза и изгиб подложки на угол не менее 75°. Введение ММТ

в количестве до 5 мас. % не повышает микротвердость полимерной матрицы, а введение 2 мас. % ГНБ повышает этот показатель более чем на 15 %. Покрытия на основе ПФС имеют высокую микротвердость поверхности (22...25 кгс/мм²), но невысокий модуль упругости, что отрицательно сказывается на устойчивости к растрескиванию при изгибе. Введение наполнителей в композиции из ПФС повышает микротвердость покрытий на 10 %...15 %, но незначительно снижает прочность при ударных нагрузках: покрытия деформировались при высоте падения груза не менее 60 см. Покрытия на основе СВМПЭ имеют наименьшие значения микротвердости (10...12 кгс/мм²), но обладают высокой ударной вязкостью, позволяющей выдерживать максимальные ударные нагрузки. При наполнении полимерной матрицы СВМПЭ наблюдается повышение микротвердости композиционных покрытий более чем на 20 % при одновременном снижении устойчивости к растрескиванию, о чем свидетельствует образование микротрещин при изгибе подложки на угол 30°...40°.

Трибологические исследования показали, что минимальный коэффициент трения ($K_{тр} = 0,4$) имеют покрытия на основе СВМПЭ, наполненного 5 мас. % ММТ. Введение этого наполнителя в матрицу СВМПЭ обеспечивает снижение износа в разы и уменьшает коэффициент трения на 26 %. Наполнение ПЭЭК приводит к незначительному повышению износа и коэффициента трения, что можно объяснить абразивным действием наполнителя при высокой адгезии его частиц к связующему. Покрытия на основе ПФС без наполнения имеют достаточно низкую интенсивность изнашивания, что, как и в случае с ПЭЭК, можно объяснить эффектом самосмазывания, т. е. переносом частиц полимера на контртело и образованием тонкого смазочного слоя. Введение наполнителей в композиции ПФС позволяет уменьшить коэффициент трения на 13 % при наполнении ГНБ и на 18 % при наполнении ММТ. Рост износа композиционных покрытий по сравнению с покрытиями из чистого ПФС свидетельствует о таком же механизме действия частиц наполнителей, как и в композициях с ПЭЭК.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о положительной роли неорганических наполнителей в изменении свойств покрытий из дисперсных термопластов при их формировании по технологии псевдооживленного слоя. При малом наполнении термопластичных связующих удастся получать покрытия с повышенной твердостью, низким коэффициентом трения и устойчивостью к ударным нагрузкам. Отмечена перспективность практического использования покрытий для поверхностей изделий сложной формы в условиях жестких эксплуатационных требований.

Работа выполнена в рамках задания 4.2.17 подпрограммы 8.4 «Многофункциональные и композиционные материалы» государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021–2025 годы.