

Сравнительные исследования износостойкости железостеклянного материала в условиях сухого и граничного трения

А. М. Петрова

Исследованы характеристики износа и трения одноименной пары порошкового горячештампованного металлостеклянного материала ПС5ГШ на воздухе в условиях сухого трения и с применением смазки — индустриального масла И-20. Скорость скольжения составляла 0,4—4,4 м/с, нагрузку при изнашивании повышали ступенчато до катастрофического изнашивания пары трения. Установлены оптимальные скорости скольжения и нагрузки, при которых горячештампованная сталь ПС5ГШ работоспособна в условиях сухого и граничного трения.

Применение железостеклянного материала ПС5ГШ в тяжелом машиностроении [1], например, для изготовления уплотнительных колец ходовой системы гусеничных тракторов тягового класса 20—50 КН обуславливает исследования его износостойкости на воздухе в условиях сухого и граничного трения с целью определения областей нагрузок и скоростей скольжения, при которых материал работоспособен.

Цель данной работы — сравнительные исследования характеристик износа и трения одноименной пары железостеклянного материала ПС5ГШ на воздухе в условиях сухого и граничного трения.

При изготовлении железостеклянного материала в качестве исходных компонентов использовали железный порошок марки ПЖРВЗ.200.28 по ГОСТ 9849-86, бутылочное стекло с размером частиц не более 100 мкм и графит марки ГК-1 производства Завальевского графитового комбината. Горячей штамповкой получали заготовки состава Fe + 5% (мас.) стекла + + 1% (мас.) графита пористостью 2—3%. Из штампованных заготовок изготавливали ролики Ø40 мм и призматические образцы размером 17,0×4,0×5,0 мм, которые подвергали термической обработке. Твердость термообработанного порошкового материала составляла 50—60 HRC.

Испытания на износ проводили на машине трения, работающей по схеме вал—вкладыш [2], где вкладышем является образец с площадью трения 0,2 см², валом — ролик Ø40 мм, насаживаемый на вал машины. В процессе изнашивания ступенчато повышали нагрузку на 2,5 МПа, автоматически записывали силу трения и коэффициент трения. Испытания осуществляли на воздухе в условиях сухого трения и с применением смазки — индустриального масла И-20. Скорость скольжения составляла 0,4—4,4 м/с. При изнашивании на воздухе без смазки определяли линейный износ с точностью 10⁻⁸, при граничном трении износ оценивали весовым методом по изменению массы образца и ролика в отдельности после испытания за путь трения 5000 м при $P = 10$ МПа.

Структура железостеклянного материала (рис. 1) гетерогенная и представляет собой мартенситную основу с равномерно распределенными

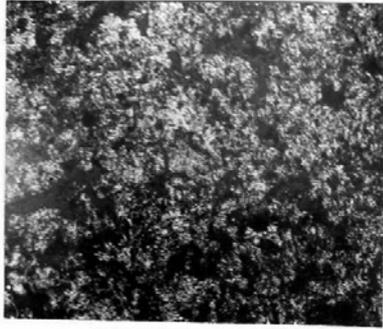


Рис. 1. Микроструктура (x250) термообработанного материала ПС5ГШ.

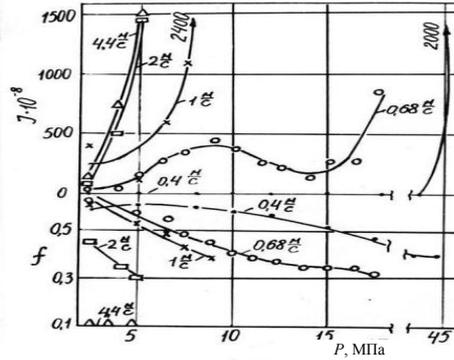


Рис. 2. Износ I , коэффициент трения f железостеклянного материала в условиях сухого трения на воздухе при повышении нагрузки и скорости скольжения.

включениями стекла. Микротвердость основы составляет 4,0—4,5 ГПа, стекла — 9,0—9,5 ГПа.

В условиях сухого трения с повышением скорости скольжения наблюдается рост износа (рис. 2) и чем выше скорость, тем ниже нагрузки, при которых материал изнашивается катастрофически. Коэффициент трения с увеличением нагрузки и скорости скольжения снижается и изменяется в интервале 0,1—0,6. Высокой износостойкостью ($<10^{-8}$) материал обладает при скорости скольжения 0,4 м/с до нагрузки 40 МПа при коэффициенте трения 0,4—0,6. Повышение скорости скольжения до 0,68 м/с приводит к высокому ($(200—400) \cdot 10^{-8}$) и нестабильному износу при нагрузках выше 5 МПа. При скоростях скольжения 1,0—4,4 м/с материал имеет повышенный износ (от 20 до $300 \cdot 10^{-8}$) начиная с нагрузки 2,5 МПа и при дальнейшем нагружении изнашивается практически катастрофически.

Применение смазки значительно снизило коэффициент трения и расширило диапазон скоростей скольжения, при которых материал является работоспособным. Материал износостойкий при скорости скольжения 1—2 м/с до нагрузок соответственно 20 и 30 МПа при коэффициенте трения 0,15—0,3 (рис. 3, а). При скорости скольжения 0,68 м/с износ образца выше, чем ролика, а с повышением скорости скольжения имеет тенденцию к выравниванию (рис. 3, б). Условия изнашивания образца и ролика одноименной пары отличаются температурным фактором. Площадь трения ролика значительно больше, чем образца, и коэффициент взаимного перекрытия трущихся поверхностей составляет 0,04. На поверхности трения образца будет развиваться более высокая температура и материал работает в жестком температурном режиме, что сопровождается повышенным износом образца. С увеличением скорости скольжения, а также коэффициента взаимного перекрытия в единицу времени растет и выравнивается температура на поверхности трения образца и ролика. Интенсивность изнашивания образца и ролика выравнивается, а суммарный износ возрастает, как это наблюдается при скорости скольжения 2 м/с.

На рис. 4 представлены профилограммы поверхностей трения роликов после износа в условиях сухого и граничного трения. Горизонтальной

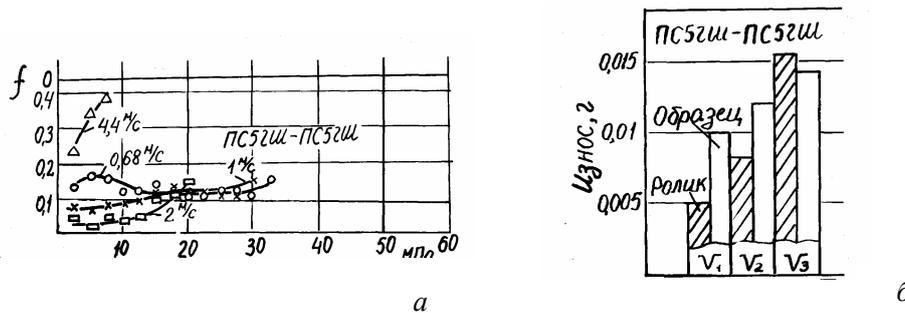
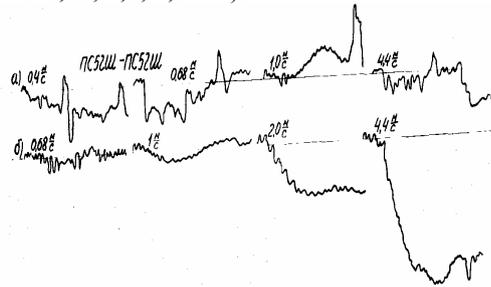


Рис. 3. Коэффициент трения (а) и износ (б) железостеклянного материала в условиях граничного трения при повышении нагрузки и скорости скольжения (V_1, V_2, V_3 — соответственно 0,68; 1,0; 2,0 м/с).

Рис. 4. Профилограммы поверхности трения ролика железостеклянной пары после износа на воздухе без смазки (а) и в условиях граничного трения (б).



линией отмечен уровень поверхностей роликов до испытания. При трении без смазки (рис. 4, а) с низкими скоростями скольжения (0,4—0,68 м/с) материал изнашивается с образованием в отдельных местах выступов, которые сформировались в результате схватывания с последующим переносом материала с образца на ролик. При скорости скольжения 1 м/с перенос материала настолько активизируется, что уровень поверхности ролика становится выше исходного. С повышением скорости скольжения до 4,4 м/с снова наблюдается глубинное изнашивание ролика, а износ пары трения растёт до катастрофического, что обусловлено высоким износом ролика и образца одновременно.

В условиях граничного трения (рис. 4, б) разрушение вырыванием материала из глубины, как это происходит при сухом трении, сменяется полированием. Шероховатость поверхности ролика сглаженная, что свидетельствует об отсутствии участков схватывания. Образующаяся масляная пленка обладает хорошими защитными свойствами при скоростях скольжения до 2 м/с. При более высоких скоростях скольжения идет процесс глубинного изнашивания.

Таким образом, горячештампованную сталь одноименной пары ПС5ГШ рекомендуется применять в узлах сухого трения при скоростях скольжения до 0,4 м/с и нагрузок до 40 МПа, в условиях граничного трения — при скоростях скольжения до 2 м/с и нагрузок до 20—30 МПа.

1. Радомысльский И. Д., Сердюк Г. Г., Щербань Н. И. Конструкционные порошковые материалы. — К.: Техника, 1985. — 150 с.
2. Попченко Ю. А., Скуратовский А. К. Комплекс машин трения для исследования износостойкости конструкционных материалов // Технология и автоматизация машиностроения, 1985. — Вып. 36. — С. 118—120.