

А. Ф. Аксенов, П. В. Назаренко, П. П. Клименко

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОТРАБОТАННОСТИ МАСЕЛ НА ДЕФОРМАЦИЮ И ИЗНОС ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

За время работы двигателей внутреннего сгорания смазочные масла в них претерпевают различные физико-химические изменения, ухудшающие их эксплуатационные свойства. В маслах, кроме того, образуются углеродистые вещества, в состав которых входят соединения, содержащие поверхностно-активные карбоксильные (COOH) и гидроксильные (OH) группы. Проведенные исследования показали, что эти вещества на процессы внешнего трения и износ действуют так же, как поверхностно-активные вещества. Пластифицирующие свойства углеродистых образований проявляются при различной степени деформации металлических поверхностей.

Характер распределения пластических деформаций, возникающих в тонких поверхностных слоях трущихся тел, исследовался нами с помощью оптико-поляризационного метода. Образцы из стали 45 в виде ступенчатого кольца после шлифования и механического полирования подвергались отжигу в вакууме при температуре 1100°C. На обезжиренную боковую поверхность образца наносился тонкий слой фотоактивного материала (клей БФ-2). Исследуемый участок после деформации фотографировался на высокочувствительную пленку. Степень освещенности полос двойного лучепреломления определялась фотометрированием почернений пленки на микрофотометре МФ-4. Величина деформации оценивалась по тарировочному графику, построенному в координатах: степень деформации — освещенность при одноосном сжатии испытуемого материала. При трении со свежим маслом $MS=20$ ($p=20$ кг/см², $v=1,6$ м/сек) максимальная величина пластической деформации составляет 1,45% и наблюдается на некотором удалении от поверхности трения (рис. 1). Смазки, содержащие углеродистые вещества, обуславливают возникновение наибольших деформаций непосредственно у поверхности трения. При этом деформации резко уменьшаются с глубиной и уже на расстоянии

30 мк достигают значений, которые для свежих масел имеют место лишь при удалении $h = 75-80$ мк от поверхности трения.

Полученные данные о характере распределения сдвиговой деформации при трении согласуются с теоретическими положениями, разработанными акад. П. А. Ребиндером, согласно которым поверхностно-активная среда способствует выводу всей сдвиговой деформации в тончайший поверхностный слой и более равномерному ее распределению по сечению.

Исследование интенсивности изнашивания в зависимости от качественных изменений смазочных масел производилось на образцах из бронзы БрАЖ9-4 и стали 12ХНЗА. Эти материалы широко применяются для изготовления деталей, работающих в условиях жидкостного и граничного трения. Образцы из прессованной бронзы имели твердость $H_v = 146$. Стальные образцы подвергались термической обработке: закалке при 860°C в масле и отпуску при температуре 170°C с охлаждением на воздухе. После термообработки поверхностная твердость стали находилась в пределах $R_c = 30-32$.

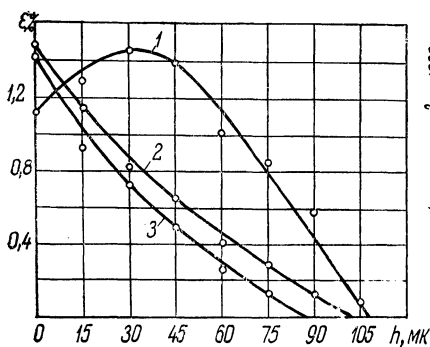


Рис. 1. Характер распределения пластической деформации по глубине для стали 45:

1 — свежее масло МС-20; 2, 3 — то же масло, отработавшее 50 и 100 ч.

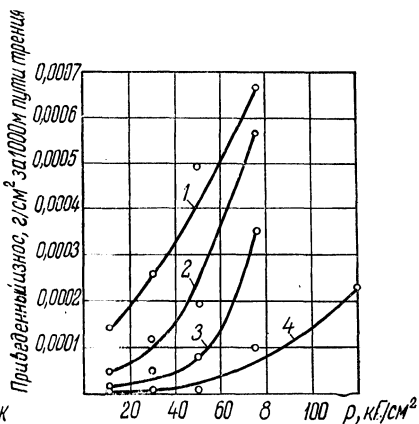


Рис. 2. График зависимости приведенного износа от удельного давления для БрАЖ9-4:

1 — масло, отработавшее 100 ч; 2 — то же масло, профильтрованное через фильтр тонкой очистки; 3 — свежее масло; 4 — масло, отработавшее 50 ч.

В качестве эталонной поверхности использовались диски из стали У8, термообработанные до твердости $R_c = 60$. Чистота исходной поверхности была не ниже $\nabla 9$.

Установлено, что у бронзы в среде масел, отработавших $100 \pm \pm 5$ ч в двигателе, при скорости скольжения, близкой к рекомендуемой ($6,7$ м/сек), резкое возрастание износа происходит уже при давлении 30 кг/см² (рис. 2). В этих же маслах, профильтрованных

через фильтр тонкой очистки, не обнаружены большие различия в износе по сравнению со свежим маслом. При использовании в качестве смазочной среды масел МС-20 с наработкой 40—60 ч (содержащих углеродистые вещества и не слишком загрязненных механическими примесями) кривая износа имеет пологий характер вплоть до давлений 110—120 кг/см^2 .

Углеродистые поверхностно-активные вещества способствуют уменьшению коэффициента трения и лучшей прирабатываемости контактных поверхностей. Последнее подтверждается при расшифровке большого числа профилограмм, а также при изучении микрогеометрии рабочих поверхностей на оптическом микроскопе. При малых скоростях скольжения (до 1,0 м/сек) ведущим видом износа является окислительный износ, сопутствующим — схватывание. При скоростях от 1,0 до 1,8 м/сек схватывание проявляется более интенсивно. С увеличением скорости скольжения до 3,2 м/сек наступает установившийся окислительный износ, и поверхность трения покрывается ровной пленкой окислов. Интенсивность изнашивания снижается. При 6,7 м/сек происходит образование сплошных слоев химических соединений кислорода с металлом. Изнашивание приобретает характер разрушения небольших участков окислов.

На образцах из стали 12ХНЗА установлено, что при малых удельных давлениях (до 25 кг/см^2) и скоростях скольжения, не превышающих 6—7 м/сек , степень отработанности смазок существенного влияния на интенсивность изнашивания не оказывает. Для образцов, работающих со свежим МС-20, аварийное изнашивание наступало при удельных нагрузках 70—82 кг/см^2 . Смазки, пластифицирующие поверхность трения, отодвигают границы аварийного изнашивания до 100—120 кг/см^2 . При повышенных температурах углеродистые вещества, химически взаимодействуя с металлической поверхностью, способствуют образованию на ней различных пленок, металлических мыл. Последние препятствуют контакту поверхностей трения, понижают коэффициент трения и износ.

Результаты, полученные для стали 12ХНЗА, согласуются с ранее опубликованными данными Н. Л. Голего по исследованию влияния поверхностно-активных сред на закономерности развития процессов схватывания металлов.

Выводы

1. Эффект пластифицирования, вызываемый полярно-активными углеродистыми образованиями, оказывает различное влияние на деформацию и интенсивность изнашивания трущихся пар в зависимости от внешних условий и физической природы металла. Для бронзы наблюдается уменьшение износа в довольно широком диа-

пазоне удельных нагрузок и скоростей скольжения. Одновременно происходит уменьшение силы трения и температуры, улучшается прирабатываемость поверхностей.

2. Полученные данные в сочетании с оптимальной фильтрацией масел могут быть использованы при разработке рекомендаций по улучшению приработки двигателей в условиях моторно-испытательных станций.