

М. М. Болбас

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРИСАДОК К МАСЛУ НА ПРИРАБОТКУ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА МАШИНЕ ТРЕНИЯ

Заключительным этапом изготовления или капитального ремонта двигателя является приработка. В процессе приработки происходит подготовка трущихся поверхностей деталей двигателя к восприятию эксплуатационных нагрузок, что достигается формированием микрогеометрии поверхностных слоев, созданием их новых, «эксплуатационных» физико-механических свойств. Установлено, что время полной приработки двигателей без добавок в обкаточное масло специальных присадок осуществляется за 35—40 ч [1, 3, 9].

Понятно, что на машиностроительных или авторемонтных заводах не представляется возможным обкатывать двигатель такое длительное время. Заводы производят только кратковременную стендовую обкатку двигателей, после которой не полностью приработанные двигатели поступают в эксплуатацию, с инструкцией, требующей на протяжении первых 1000 км пробега значительно ограничивать скорость движения и нагрузки автомобиля. Это требование инструкции, во-первых, приводит к неэкономичному использованию автомобиля в начальный период эксплуатации, во-вторых, часто невыполнимо в эксплуатационных условиях, что влечет за собой снижение надежности и долговечности двигателя.

Исследования показали, что в процессе приработки происходит интенсивный износ трущихся деталей. Очевидно, чем больше величина начального износа, тем больший зазор получается в сопряжении, а это также уменьшает срок службы двигателя.

Из сказанного следует, что решение вопроса о сокращении времени приработки с одновременным снижением начального, приработочного износа имеет громадное народнохозяйственное значение. Решению этой задачи в последнее время посвящен ряд исследований.

Большинство авторов предлагают вводить в масло специальные присадки с целью сокращения времени приработки и уменьшения начального износа [2, 6, 8].

Наибольшего внимания заслуживает применение в качестве присадки к обкаточному маслу осерненного масла [9]. Это масло

содержит 4,23% активной серы и добавляется к картерному маслу в количестве 25% для получения в обкаточном масле 1—1,1% растворенной и коллоидной серы. Осерненное масло позволяет сократить время приработки двигателя в 20 раз, уменьшает в 2,5 раза начальный износ первого хромированного поршневого кольца, на 27% снижает расход смазочного масла, на 20—30% увеличивает межремонтный срок службы двигателей [9].

Исследования И. П. Сова [4, 6, 7, 8] показали также целесообразность применения для обкатки двигателей модели МеМЗ 966 добавки дисульфида Мо в количестве 0,5%. Автор сравнивал влияние на ускорение и улучшение приработки двигателей осерненного масла, коллоидно-графитового препарата МС, присадки ЗИЛ-2, разработанной и применяемой на заводе им. Лихачева, и коллоидной дисперсии MoS_2 в минеральном масле. Эффективность приработки определялась по моменту трения при холодной обкатке и изменению эффективной мощности двигателя при горячей обкатке, а также профиллографированием трущихся поверхностей деталей до и после приработки и по содержанию железа в масле.

Наряду с этим в литературе имеются данные о неэффективности присадки двусернистого Мо для приработки трущихся поверхностей [4, 9].

И. Б. Гурвич [2, 5] рекомендует для ускорения и улучшения качества стендовой обкатки двигателей присадку ДФ-11 в количестве 2,5—3% к маслу «индустриальное 20». Эта присадка представляет собой 50%-ный раствор в масле диалкилдитиофосфата цинка и широко применяется как многофункциональная, обладающая антиокислительными, противокоррозийными и антиизносными свойствами.

В своих исследованиях И. Б. Гурвич оценивал интенсивность и качество приработки по количеству железа, снимаемому с поверхностей трения, профиллографированием поверхностей до обкатки и после нее, а также визуально при разборке двигателя [2]. Автор отмечает, что на масле с присадкой ДФ-11 полная прирабатываемость поверхностей осуществляется за 30—50 мин, при этом одновременно снижается начальный износ по сравнению с приработкой на осерненном масле.

Результаты этих исследований представляют определенный интерес, однако, на наш взгляд, оценку прирабочных свойств присадок следует производить по комплексу показателей, характеризующих протекание процесса приработки, в частности одновременно по мощности трения, температуре поверхностных слоев, износу, степени прилегания поверхностей трения, шероховатости и т. д.

В большинстве опубликованных работ не изучалось комплексное влияние присадок на приработку, что не позволяло правильно ценить эффективность действия присадок. Поэтому целью настоя-

щего исследования явилась сравнительная оценка влияния некоторых присадок на процесс приработки металлических образцов.

Эксперименты проводились на машине трения МИ-1 по схеме «колодка — вращающийся ролик». При выборе материала для изготовления образцов учитывалось, что в двигателях внутреннего сгорания 45—75% механических потерь приходится на трение поршней и поршневых колец о чугунные стенки цилиндров [9]. В связи с этим для испытаний были взяты образцы из серого чугуна.

Для изготовления образцов были отлиты заготовки из чугуна следующего химического состава: 3,33% С, 0,67 Мп, 1,88 Si, 0,26 Cr, 0,25 Ni, 0,105 P, 0,068% S.

Ролики изготавливались с наружным диаметром 50 мм и шириной 20 мм, а колодки вырезались в виде сегментов и имели ширину 10 мм. По наружной цилиндрической поверхности ролики подвергались закалке токами высокой частоты до твердости 363—444НВ на глубину 1,5—2 мм и обрабатывались шлифованием до класса чистоты 9а; колодки подвергались объемной закалке до твердости 98—106 RB, их рабочая поверхность имела 7-й класс чистоты.

За базовое масло было принято масло АС-8; исследуемые присадки добавлялись к нему в определенной концентрации по весу. Смесь при подготовке подогревалась до 60—70°C и тщательно перемешивалась. Масло с добавленной присадкой подавалось в зону трения по 6 капель в минуту. Продолжительность каждого опыта составляла 4 ч.

Скорость скольжения трущихся образцов с учетом скорости вращения вала машины трения (200 об/мин) и диаметра ролика (50 мм) устанавливалась равной 0,524 м/сек.

Учитывая то, что в процессе приработки в парах трения двигателя создаются жесткие нагрузочные условия, являющиеся следствием микро- и макропогрешностей трущихся поверхностей, нагрузка на колодку устанавливалась равной 120 кг, что при средней площади рабочей поверхности колодки 1,6 см² обеспечивало удельное давление 75 кг/см².

Критериями для оценки прирабатываемости служили: величина и стабильность момента трения и температуры трущихся поверхностей, линейный и весовой износ образцов, начальная и конечная шероховатость, степень прилегаемости образцов, микротвердость поверхностных слоев.

Величина износа определялась двумя способами: весовым и микрометражным. Весовой износ определялся путем взвешивания образцов на аналитических весах типа АДВ-200 до и после опыта.

Чтобы устранить влияние впитывания масла чугунными образцами на их вес, перед опытом образцы подвергались пропитке в базовом масле с подогревом до 110—120°C в течение 1 ч с после-

дующим медленным охлаждением до температуры окружающего воздуха. Эта операция повторялась трижды. Перед каждым взвешиванием образцы тщательно промывались в чистом авиационном бензине и высушивались.

Линейный износ роликов определялся с помощью пружинно-оптической измерительной головки типа О2П с ценой деления 0,0002 мм и предельной погрешностью показаний $\pm 0,0001$ мм. Головка устанавливалась в стойке тяжелого типа, ролик помещался на призме, закрепленной на столе стойки. С помощью микровинта наконечник измерительной головки перемещался по рабочей поверхности ролика строго параллельно его образующей.

В процессе перемещения наконечника через каждые 0,5 мм подачи микровинта фиксировались значения показаний головки, т. е. снималась своего рода профиллограмма. Такие замеры производились по четырем диаметрально противоположным образующим, и подсчитывалось их среднее значение. Благодаря тому, что в наших опытах колодки были уже роликов, на рабочей поверхности последних в итоге износа образовывалась выработка, глубину которой и фиксировал наконечник прибора при перемещении по образующей ролика.

Величина момента трения фиксировалась после пуска машины и доведения нагрузки до 120 кг, а затем через 10, 20 и каждые последующие 30 мин.

Температура поверхностного слоя измерялась с помощью гальванометра и термопары, предварительно протарированных по ртутному термометру. Горячий спай термопары, вставленный в чугунную колодку, от ее рабочей поверхности находился на расстоянии 0,3 мм. Показания гальванометра записывались одновременно с моментом трения и по тарировочной таблице переводились в градусы ($^{\circ}\text{C}$).

Шероховатость рабочей поверхности роликов определялась до и после испытания с помощью прибора типа ИПШ (по ГОСТ 2789—59). Замер шероховатости производился по четырем диаметрально противоположным образующим рабочей поверхности, затем подсчитывалось среднее значение.

Степень прилегания рабочей поверхности колодок к роликам перед опытом определялась на краску и доводилась шабрением до 20%. Для определения фактической площади прилегания использовали миллиметровую координатную сетку, нанесенную на поверхность тонкого плексигласа.

Микротвердость поверхностных слоев определялась на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г. Замер микротвердости производился в 4—6 точках по окружности, затем высчитывалось среднее арифметическое значение.

По описанной методике исследовался процесс приработки чугунных образцов на масле АС-8 без присадок и с присадками: рас-

творенной и коллоидной серы в количестве 1%, «Моликот А» (фирмы ФРГ) в количестве 3% и 8,3% (что дает концентрацию MoS_2 0,18 и 0,5%), ДФ-11 в количестве 1, 3 и 6%, а также 3% присадки ЛЗ-28, разработанной на Ленинградском нефтемаслозаводе им. Шаумяна и рекомендуемой в качестве приработочной.

Установлено, что при смазке прирабатываемых образцов маслом АС-8 с добавкой 1% серы момент трения ($M_{\text{тр}}$) и температура поверхностных слоев образцов приблизительно через 2 ч работы,

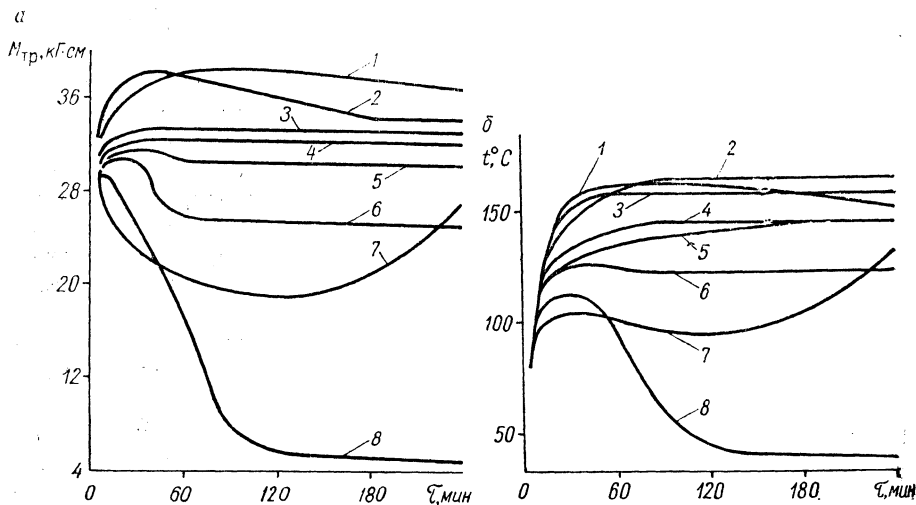


Рис. 1. Изменение момента трения ($M_{\text{тр}}$) и температуры поверхностных слоев колодок (t) в зависимости от времени (τ) приработки чугунных образцов на масле АС-8 с присадками:

1 — на АС-8 + 6% ДФ-11; 2 — на АС-8 + 3% ДФ-11; 3 — на АС-8 + 1% ДФ-11; 4 — на масле АС-8; 5 — на АС-8 + 3% «Моликот А»; 6 — на АС-8 + 8,3% «Моликот А»; 7 — на АС-8 + 3% ЛЗ-28; 8 — на АС-8 + 1,0% растворенной и коллоидной серы

снижались до своих минимальных значений (4,3 $\text{кГ}\cdot\text{см}$ и 40°C) и оставались стабильными до конца опыта. Площадь прилегания рабочих поверхностей образцов при этом достигала 85—90% (см. рис.1).

Приработка на масле АС-8 с присадкой 8,3% «Моликот А» за это же время дает незначительное снижение момента трения (с 31 до 25 $\text{кГ}\cdot\text{см}$), а при добавке 3% «Моликот» момент трения достигал своей максимальной величины (на 0,7 $\text{кГ}\cdot\text{см}$ меньше, чем при работе на масле АС-8 без присадок) и не изменялся до конца испытания. Площадь прилегания после приработки на масле с присадкой 8,3% «Моликот» достигает 45—50%.

В опытах с добавкой 1,3 и 6% ДФ-11 момент трения и температура поверхностных слоев были даже выше, чем при работе на

масле без присадок, и существенно не изменялись. Это, очевидно, следует объяснить антиокислительными, в данном случае вредными свойствами присадки, в силу которых она препятствовала образованию окисных пленок на металлических поверхностях.

При добавке 3% присадки ЛЗ-28 к маслу АС-8 момент трения в первые же минуты опыта начинал резко падать, достигая своего минимального значения (19—20 кг·см), но затем приблизительно после 2 ч работы наблюдалась картина повышения величины $M_{тр}$, притом не плавного, а с периодическими пиками и спадами.

Рабочая поверхность колодок имела при этом неоднородные по цвету участки. Такое поведение присадки ЛЗ-28, очевидно, можно объяснить образованием на поверхностях трения непрочных химических соединений, которые в наиболее напряженных точках разрушаются, приводя во второй половине опыта к повышению момента трения. Этим же следует объяснить и то, что в опытах с указанной присадкой не выявлено снижение износа по сравнению с опытами на чистом масле (рис. 2).

Снижает начальный износ по сравнению с маслом без присадки добавка 1% коллоидной серы и 8,3% «Моликот». Это объясняется в первом случае сульфидированием поверхностных слоев, образованием на трущихся поверхностях сульфидной пленки, которая благодаря своей гексагональной решетке обеспечивает резкое снижение коэффициента трения, пластическое течение поверхностного слоя, что способствует интенсивному сглаживанию неровностей и увеличению фактической площади контакта. Кроме того, пленка разделяет металлические поверхности, предохраняя их от непосредственного соприкосновения.

Во втором случае, т. е. при работе с «Моликот А», это можно объяснить способностью MoS_2 к адгезии на металлических поверхностях, что приводит к некоторому увеличению фактической площади контакта. Следует подчеркнуть, однако, что MoS_2 меньше влияет на приработочные свойства смазки, чем присадка 1% растворенной и коллоидной серы.

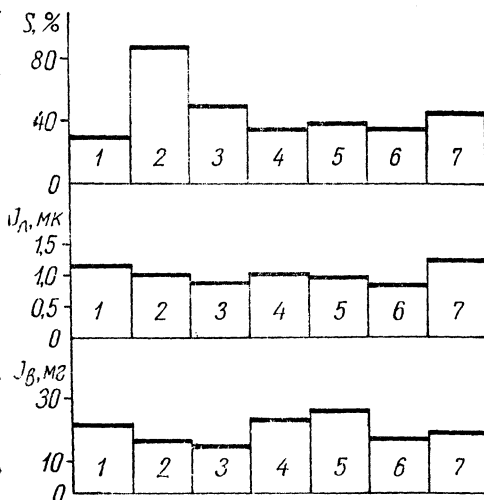


Рис. 2. Начальные линейный I_d и весовой I_w износы чугунных образцов и степень прилегания их рабочих поверхностей после 4 ч опыта на масле АС-8 с присадками:

1—на масле АС-8; 2—на АС-8 + 1,0% S; 3—на АС-8 + 8,3% «Моликот А»; 4—на АС-8 + 1% ДФ-11; 5—на АС-8 + 3% ДФ-11; 6—на АС-8 + 6% ДФ-11; 7—на АС-8 + 3% ЛЗ-28

Из исследованных концентраций ДФ-11 только добавка 6% присадки несколько снижает износ образцов.

Приработка на масле с присадкой 1% растворенной и коллоидной серы дает чистоту поверхности в пределах 10в—11а класса, в то время как другие исследованные присадки обеспечивают лишь 9б—9в класс чистоты.

Из исследованных присадок только 1% растворенной и коллоидной серы дает уменьшение микротвердости поверхностного слоя благодаря образованию сульфидной пленки с пониженной по сравнению с основным металлом твердостью. В опытах с остальными присадками получено повышение микротвердости, особенно значительное при работе с присадками ДФ-11. Это объясняется созданием больших остаточных напряжений в поверхностных слоях трущихся образцов, поскольку на них практически отсутствует образование защитных пленок и поверхности трения подвергаются значительным воздействиям сил трения. В результате этого наблюдается интенсивное дробление кристаллов, искажение их формы, что обычно приводит к повышению микротвердости поверхностных слоев.

Выводы

1. Присадки 3 и 8,3% «Моликот» (что соответствует концентрации 0,18 и 0,5% MoS_2 в масле), 1,3 и 6% ДФ-11, а также 3% ЛЗ-28 не обеспечивают необходимого снижения момента трения и температуры поверхностных слоев, обеспечивают площадь прилегания рабочих поверхностей лишь 35—50%, почти не улучшают чистоту рабочих поверхностей по сравнению с работой на масле без присадок.

2. Присадка к маслу АС-8 1% растворенной и коллоидной серы за 1,5—2 ч опыта обеспечивает снижение момента трения и температуры поверхностных слоев до их минимальных стабильных значений, уменьшение начального износа, дает степень прилегания трущихся образцов 85—90%, 10в—11а класс чистоты поверхностей, является эффективной приработочной присадкой.

Литература

1. Величкин И. Н., Набиев И. Н., Нисневич А. И. Изучение динамики изнашивания деталей тракторных двигателей в эксплуатационных условиях. Сб. тр. НАТИ, вып. 94, 1959. 2. Гурвич И. Б. и др. Улучшение приработки автомобильных двигателей за счет присадок к обкаточному маслу. «Автомобильная промышленность», 1966, № 2. 3. Казарцев В. И., Гусейнов И. М. Установление времени приработки деталей цилиндра-поршневой группы. Зап. ЛСХИ, т. XII, 1956. 4. Облеухова О., Прогасов В. Об эффективности присадки «Моликот». «Автомобильный транспорт», 1962, № 2. 5. Гурвич И. Б. и др. Обкатка автомобильных двигателей на масле с присадкой ДФ-11. Технический листок № 129 (2013). Волго-Вятское ЦБТИ. 6. Сова И. П. Исследование приработываемости двигателей мик-

ролитражного автомобиля «Запорожец» на масле с присадкой дисульфида молибдена. «Автомобильная промышленность», 1965, № 7. 7. *Сова И. П.* Влияние различных присадок на процесс приработки деталей двигателей автомобиля «Запорожец». В сб.: «Автомобильный транспорт». Вып. I. Киев, 1965. 8. *Сова И. П.* Исследование влияния присадок на процесс приработки двигателя «Запорожец». Автореф. дисс. Киев, 1966. 9. *Шаронов Г. П.* Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей. М.—Л., 1965.