

Сравнительные экспресс-испытания смазочных материалов на термостойкость по методике кафедры МТ-13 «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана

А.В. Бодарева

преподаватель каф. МТ-13
«Технологии обработки материалов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Э.Л. Мельников

д.т.н., проф. каф. МТ-13
«Технологии обработки материалов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Смазочные материалы широко используются в технике с целью уменьшения трения на контактирующих поверхностях узлов машин и механизмов. Наиболее часто смазочные материалы применяют в движущихся механизмах, к которым относятся двигатели, подшипники и редукторы, а также в механической обработке конструкционных материалов и композитов при точении, фрезеровании, шлифовании и т.п.

В зависимости от назначения и условий работы смазочные материалы подразделяются на твердые, полутвердые, полужидкие, жидкие и газообразные. Классификация этих материалов приведена на рис. 1.

Например, дисульфид молибдена наносят на трущиеся детали в виде порошка, который втирается в поверхность. Покрытия, полученные из порошка, имеют толщину около 1 мкм и имеют недолгий срок службы. В подшипниках качения такие покрытия применяют совместно с самосмазываю-

щимися материалами сепаратора, их наносят на дорожки качения, а иногда и на шары.

В зависимости от характеристик трущейся пары, таких как шероховатость и волнистость поверхности, а также микрогеометрические отклонения и отклонения от взаимного положения осей деталей, смазочные материалы могут быть жидкими либо твердыми [2]. По материалу основы они делятся на несколько типов (рис. 2).

Все жидкие смазочные материалы распределяются по классам вязкости. Вязкость – явление переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой [3], это одна из наиболее важных характеристик моторных масел. В основу российской системы обозначений моторных масел положены сведения о принадлежности масла к одному из классов вязкости и группе эксплуатационных свойств согласно ГОСТ [4]. Наиболее полное описание соответствия вязкостно-температурных свойств масел требованиям двигателей содержится в общепринятой на международном уровне классификации стандарта SAE J300 (*Society of Automotive Engineers* – Общество автомобильных инженеров) для моторных и трансмиссионных масел. Для двигателя, равно как и для любого другого механизма, необходимо применять масла с оптимальной вязкостью, величина которой зависит от конструкции узла трения, режима работы, срока службы и температуры окружающей среды. Существует аналогичная классификация для индустриальных масел



Рис.1. Классификация смазочных материалов по агрегатному состоянию и назначению

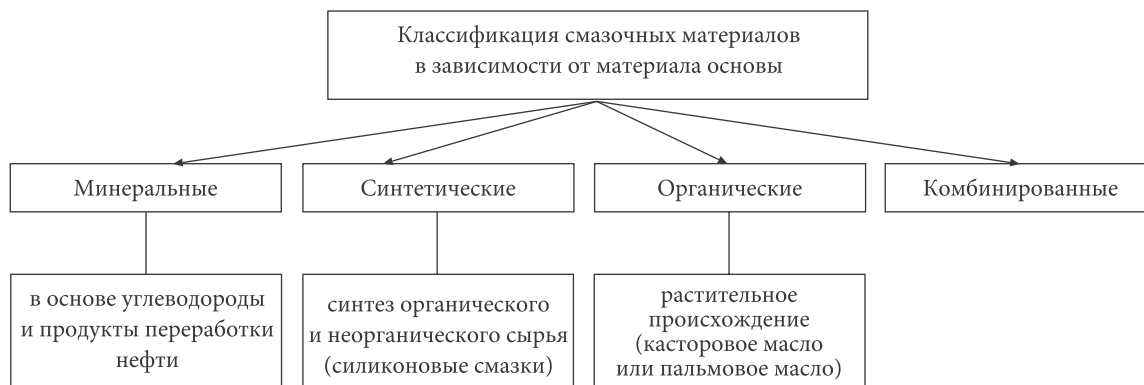


Рис. 2. Классификация смазочных материалов в зависимости от материала основы

ISO VG (*viscosity grade*) – международная система градации жидких смазочных материалов согласно классам вязкости.

Жидкие смазочные материалы имеют деление на группы по эксплуатационным свойствам. К таким группам относят:

1. API, создана в 1969 году Американским институтом топлива (*American Petroleum Institute*) – классификация по качеству моторных масел.

2. ACEA, создана Ассоциацией европейских производителей автомобилей (*Association des Constructeurs Europeens de L'Automobile*) – для моторных и трансмиссионных масел.

3. ISO, создана Международной организацией по стандартизации (*International Organization for Standardization*) – для промышленных масел.

По назначению все смазочные материалы также делятся на несколько групп (рис. 3).

Смазочные материалы проявляют ряд особенностей в процессе эксплуатации. При пополнении уровня твердых смазочных материалов возникают трудности конструктивного и эксплуатационного характера. Твердые смазочные материалы от-

личаются более низким отводом теплоты от поверхностей трения и малой долговечностью по сравнению с жидкими маслами. Смазочные масла имеют ряд преимуществ и недостатков по сравнению с пластичными смазочными материалами. К положительным свойствам смазочных масел относится высокая стабильность, более низкий коэффициент внутреннего трения, высокая работоспособность при высоких скоростях скольжения, возможность фильтрации, простота добавки и смены, а также охлаждающее действие. В качестве недостатков смазочных масел отмечают повышенные утечки через зазоры в уплотнениях корпусов и соединений маслопроводов и повышенную пожароопасность. Пластичные смазочные материалы имеют хорошую работоспособность при малых скоростях скольжения и высоких давлениях, при действии ударных нагрузок, при частых остановках и пусках и хорошее заполнение зазоров в узлах трения [5].

Выбор смазочных материалов проводится в основном для вновь проектируемых машин и машин после модернизации. Зависит он от многих условий, в том числе от рабочей нагрузки



Рис. 3. Классификация смазочных материалов по назначению

в узле трения, скорости, температуры саморазогрева смазочного материала и конструкции.

При выборе смазочных материалов для узлов трения ключевыми факторами являются стендовые и эксплуатационные испытания. Стендовые испытания бывают двух видов: поузловые испытания машины или агрегата в составе технологического процесса для проверки правильности сборки и режимов работы и исследовательские испытания в лабораторных или близких к ним условиях. Стендовые испытания проводятся таким образом, чтобы характер изнашивания трущихся поверхностей был максимально приближен к характеру изнашивания деталей при длительной эксплуатации. Испытания на износостойкость поверхностей трения проводятся с добавлением масел, пластичных смазок и СОТС.

Кафедра «Технологии обработки материалов» МТ-13 МГТУ им. Н.Э. Баумана провела ряд исследований смазочных материалов согласно методике № 01-13-0Д-2011 экспериментальной оценки термостойкости СОТС, жидких и пластичных смазочных материалов [6]. Сущность методики заключается в триботехнических испытаниях сопряжений в соответствии с патентом № 2378637, при которых регистрируется температура саморазогрева окружающего их смазочного материала, по ее величине оценивают его температурную стойкость. Методика позволяет попутно сделать оценку пятна контакта, линейного, объемного и весового износа испытываемых образцов в смазочной среде.

Объектом испытаний были масла типа *Liqui Moly*, *Shell Helix*, *Castrol SLX Prof*, *Dexelra Ultra*, пластичные смазочные материалы с наполнителем типа Буксол, Атланта, фторированный графит, двойная соль меди, фторопласт и СОТС *Shell*, *Lenox*, Автокат-78.

Часто стендовые испытания проводятся в ускоренном режиме, что негативно сказывается на результате. Для того чтобы избежать большого расхождения в полученных данных, было проведено большое число однотипных испытаний масел при равных условиях и методах обработки данных. Подробные результаты таких исследований представлены в статье [7]. Испытания проводятся на машине трения Айшингера (рис. 4) [8] по схеме «ролик – ролик» (рис. 5).

Выбор такой схемы испытаний обусловлен тем, что контакт «ролик – ролик» максимально приближен к схеме «колодка – ролик», которая в свою очередь имитирует реальные условия в трибосопряжениях подшипников скольжения, обеспечивая оптимальный контакт трущихся тел.

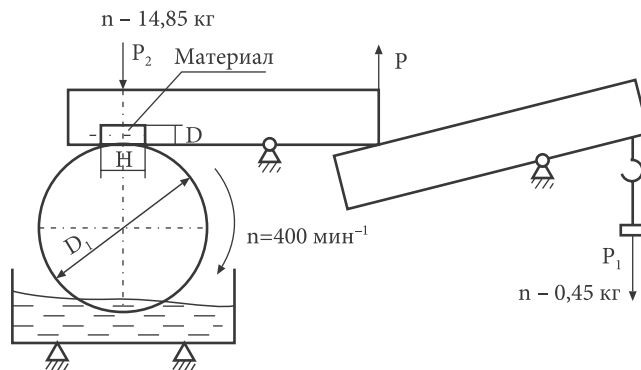


Рис. 4. Схема испытаний на износостойкость на машине трения



Рис. 5. Схема «ролик – ролик» на машине трения Айшингера

Испытания масел

Рассмотрим ключевые положения методики испытаний на нескольких марках масел одинаковой вязкости и SAE (классы вязкости трансмиссионных масел).

Испытания, проведенные в МГАУ им. В.П. Горячкина и в МГТУ им. Н.Э. Баумана, показали, что минимальное время, при котором начиналось дымление некоторых композиций, составило двадцать минут. Поэтому период испытания был выбран равным двадцати минутам с добавлением времени приработки пары трения «ролик – ролик» и «колодка – ролик».

Для масел нагрузка на контакт при сроке испытаний двадцать минут с двумя грузами составляет 280 Н и одна минута добавляется на приработку с одним грузом (140 Н).

Результаты испытаний показывают, что наибольшая температура саморазогрева у масла *Castrol SLX Prof*, а наибольший износ у масла *Dexelra Ultra* (рис. 6).

Испытания пластичных смазочных материалов с наполнителем типа Буксол, Атланта, фторированный графит, двойная соль меди, фторопласт также проводятся по схеме «ролик – ролик» (рис. 4). Особенностью таких испытаний является необходимость обеспечения постоянного нахождения

Таблица 1.

Результаты испытаний масел на износостойкость

№ образца	Смазочный материал	Максимальная температура, °С	Площадь пятна контакта в форме эллипса $S, \text{мм}^2$	Температура масла, °С								Оси эллипса износа, мм	
				Время испытания								длина	ширина
				1 минута	3 минуты	6 минут	9 минут	12 минут	15 минут	18 минут	21 минута		
1	<i>Liqui Moly</i> ,	112	9,37	21	86	103	104	104	103	104	112	4,97	2,40
2	<i>Shell Helix</i>	101	16,95	39	76	92	95	98	100	101	100	6,83	3,16
3	<i>Castrol SLX Prof</i>	127	23,75	45	106	118	121	123	124	126	127	8,00	3,78
4	<i>Dexelra Ultra</i>	118	26,18	18	87	102	107	112	115	117	188	8,19	4,07

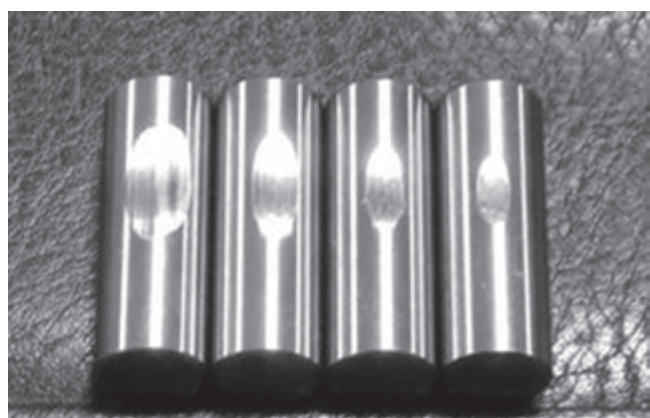


Рис. 6. Образцы со следами износа (слева направо *Dexelra Ultra*, *Castrol SLX Prof*, *Shell Helix*, *Liqui Moly*)

смазочного материала в зоне трения между роликами. В связи с этим время испытаний составляет двадцать одну минуту, но, в отличие от испытаний масел, нагрузка составила ноль грузов на этапе приработки и один груз в течение двадцати минут. Чем гуще смазочный материал, тем меньше нагрузка на контакт, а время выбирается в зависимости от основы материала. Тем не менее, испытать пластичный смазочный материал возможно и в течение двадцати одной минуты с двумя грузами в случае особо жидких пластичных смазочных материалов. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Результаты испытаний показывают, что наибольшая температура саморазогрева – у фторированного графита, но это не означает, что и износ

Таблица 2.

Результаты испытаний пластичных смазочных материалов на износостойкость

№ образца	Смазочный материал	Максимальная температура, °С	Площадь пятна контакта в форме эллипса $S, \text{мм}^2$	Температура масла, °С								Оси эллипса износа, мм	
				Время испытания								длина	ширина
				1 минута	3 минуты	6 минут	9 минут	12 минут	15 минут	18 минут	21 минута		
1	Атланта	80	4,8	39	41	44	50	56	60	74	80	3,02	1,58
2	Фторированный графит	101	4,0	45	50	56	68	76	85	93	101	2,4	1,6
3	Двойная соль меди	60	4,3	27	29	35	39	42	47	53	60	2,1	2,04
4	Фторопласт	59	3,6	25	29	31	34	36	45	50	59	1,9	1,84

Результаты испытаний СОТС на износостойкость

№ образца	Смазочный материал	Максимальная температура, °С	Площадь пятна контакта в форме эллипса S, мм ²	Температура масла, °С							Оси эллипса износа, мм	
				Время испытания							длина	ширина
				0 сек.	10 сек.	20 сек.	30 сек.	40 сек.	50 сек.	60 сек.		
1	Автокат - 78	45	7,8	22	29	31	33	36	40	45	3,1	2,5
2	Shell	50	13,6	22	25	31	37	42	47	50	4,72	2,88
3	Lenox	46	18,4	22	25	28	33	39	42	46	5,85	3,14

этого материала будет максимальным по сравнению с остальными. Наибольшей износостойкостью обладает фторопласт, у него же минимальная температура саморазогрева.

Испытания СОТС

Применение СОТС в процессах механической обработки сопряжено с кратковременным нахождением инструмента в контакте с обрабатываемой поверхностью, поэтому в данном случае выбрана схема испытаний «ролик – ролик» (рис. 5), а время испытаний – одна минута, включая пятнадцать секунд приработки с одним грузом и основной цикл трения с двумя грузами. Испытания показали, что увеличение времени испытаний и нагрузки нецелесообразны т.к. это вызовет большое расхождение с реальными условиями осуществления процесса трения.

Результаты испытаний показывают, что наибольшая температура саморазогрева наблюдается у СОТС Shell, а износ – у СОТС Lenox.

Проведение испытаний смазочных материалов позволяет определить тип и вид смазочного материала, который необходимо использовать в узлах машин и механизмов. От современного технолога, проектирующего технологический процесс, связанный, например, с пластическим деформированием металла, требуется уже на стадии предварительного проектирования выбрать наиболее оптимальный вариант технологии, конструкцию инструмента, параметры оборудования, а при дальнейшей промышленной реализации быстро и с малыми затратами уточнить наиболее рациональные параметры процесса, обеспечивающие эффективное получение изделий, удовлетворяющих всем предъявляемым требованиям [1]. В вопросе выбора смазочных материалов технолог может опираться на одну из трех методик экспресс-испытаний, разработанных в МГТУ им. Н.Э. Баумана и подходящих как для масел, так и для пластичных смазочных материалов и СОТС.

Сравнительные экспресс-испытания термостойкости и износостойкости многофункциональной смазочной композиции МСК «МЕГОС»

А.В. Бодарева

преподаватель каф. МТ-13
«Технологии обработки материалов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

На сегодняшний день существуют разные типы компрессорных станций – стационарные и подвижные. Такие установки, состоящие из самого компрессора и вспомогательного оборудования, используют для получения сжатых газов.