

N – 7034 Тронхейм – NTN, Норвегия

телефон: (+ 47 7) 59 30 00

телекс: 55 620 SINTEF N

факс: (+ 47 7) 59 24 80

Название доклада Тестирование AFMT - присадки против трения марки Пролонг	Кол-во страниц/ приложений - 19
Авторы Ларс Эрик Бона, Тронд Мури	Руководитель проекта Р. Оствик
Отделение Машинный дизайн	№ проекта 180847
№ ISBN	Ценовая группа

Клиент/спонсор Пролонг	Представитель клиента Эд Аулд
---------------------------	----------------------------------

О правовом титуле:

Данный доклад описывает тестирование на трение и износ присадки против трения марки Пролонг. Для теста использовалась [испытательная машина с блок-механизмом](#). Было проведено около 110 тестов. Было обнаружено, что продукт имеет эффект существенного уменьшения износа – предполагаются дальнейшие тесты на предмет.

Результаты тестов относятся только к тестируемым предметам. Данный доклад должен приводиться только целиком и любое упоминание SINTEF должно происходить с письменного согласия SINTEF.

Группа 1	машиностроение
Группа 2	теротехнология
Ключевые термины, выбранные авторами	Тест на износ
	трибология
	Масляная присадка

Конспект

Данный доклад отражает исследование воздействия на трение и износ AFMT присадки против трения марки Пролонг. Для теста использовалась [испытательная машина с блок-механизмом](#). Были выбраны типичные протоколы для тестирования, подходящие для гарантии пограничного смазывания.

Тестирования проводились на комбинации сталь-сталь и бронза-сталь. Использовались минеральные моторные масла, два различных синтетических машинных масла, и трансмиссионное масло.

При добавлении в масло примерно 15% продукции Пролонг достигаются наилучшие результаты, в среднем уменьшают износ на 50%. Благодаря позитивным результатам теста, в дальнейшем предполагается изучать влияние на вязкость и длительное воздействие на машины в обычных условиях. Дальнейшие детали теста описаны отдельно в приложении.

Вступление

В отделении машинного дизайна SINTEF проведен тест на воздействие трения и на износ с использованием продуктов марки Пролонг, присадка против трения для смазочных веществ.

Поставщик утверждает, что данный продукт, при смешивании в определенной пропорции со смазочным веществом/ маслом, уменьшает износ и увеличивает полезные свойства лубриканта.

Целью этого теста было выявить, отвечает ли продукт данному утверждению поставщика, и установить оптимальное количество продукта для добавления в масло. Для первоначальной оценки продукта мы используем стандартную машину для теста на износ. В зависимости от результата теста, а также нужд и пожеланий клиента, мы можем предвидеть необходимость более детальных исследований на износ и даже тесты на двигателях, трансмиссиях и гидравлическом оборудовании.

Для настоящего теста мы применяем контактное давление, которое выше обычного для подшипника из подобного материала, чтобы получить приграничное смазывание и ускорить износ. При выбранных условиях давление в два раза выше рекомендованного на стадии, когда ширина следа изнашивания – 0,5 мм.

Проблема, возникшая во время тестов – усиление гидродинамического эффекта, вызванное увеличением контактной поверхности в процессе изнашивания. Используя этот метод, мы начинали с нуля, что следует принять во внимание, сравнивая результаты.

Процедура тестирования

Для теста использовалась испытательная машина с блок-механизмом. Механизм этой машины показан на Рис. 1 на странице 3.

Кольцо (1) – стандартный роллерный подшипник с наружным кольцом с диаметром 40 мм 20 мм в ширину. Кольцо зафиксировано на хорошо укрепленном стержне, вращающемся в буксовых подшипниках на скорости до 1700 оборотов в мин. Для этого теста было выбрано 800 оборотов в мин для финального тестирования, из-за высоких температур при больших скоростях. Охлаждающих веществ, помимо лубриканта, не было.

Образец для тестирования (2), в данном случае металлический блок, помещается в держатель (3), который может вращаться вокруг стержня, поддерживая линейный контакт между кольцом и блоком. Образец находится под давлением с силой P , приложенной пневматическим цилиндром (5), действующим по системе рычага. Сила P может увеличиваться постепенно или постоянно от 0 до 110 N через определенный временной период. Нагрузка избирается в зависимости от материала образца.

Пока кольцо вращается, сила трения F между кольцом и образцом будет воздействовать на держатель, поддерживаемый **рукояткой (6) через шаровой контакт**. Сила трения будет воздействовать на **рукоятку** и сгибать её. В момент, когда **рукоятка** приводит в действие датчик деформаций (7) и переключатель преобразовывается под действием силы трения, данные распечатываются в виде ленточной диаграммы. Ненужные шумы отфильтровываются.

Температура образца измерялась при помощи термоэлемента, установленного между образцом и держателем. Различные смеси смазочных масел добавлялись через трубку из контейнера к контактному участку между образцом и кольцом. Поток поддерживался постоянный около 50 мл/мин.

Материал вращающегося кольца стандартен для роллерного подшипника – сталь AISI 52100. Материалы тестовых образцов были белый металл, бронза и сталь 2510 AFNOR 90 MCW5 (C 0.9, Mn 1.2, Cr 0.5, W 0.5, V 0.1), корпус утяжелен до 58 HRC.

Груз P , приложенный к блоку и кольцу, был следующий:

Сталь-сталь	$P = 1075 \text{ N}$
Бронза-сталь	$P = 358 \text{ N}$
белый металл-сталь	$P = 179 \text{ N}$

Рутинная испытание

Первым ускорялся стержень и устанавливались обороты в минуту. Далее обеспечивался поток смазывающего вещества и опускался блок. Затем постепенно увеличивалась нагрузка до разрешенного максимума в течение пяти минут. Каждый тест затем проходил в течение получаса.

По распечатанным результатам были получены:

Максимальная сила трения

Минимальная сила трения, когда устанавливался минимум

Сила трения после периода приработки, стабильное искривление в конце теста

Максимальная температура

Ширина следа изнашивания была измерена микроскопом, и объем изношенного материала подсчитан. Для некоторых тестов, отмечалась неровность следа изнашивания, для некоторых других использовался сканирующий электронный микроскоп.

Теория

Кольцо и блок формируют элементарный ровный подшипник с гидродинамической смазкой. Масляный клин, образующийся в таком подшипнике, имеет функции скорости N (оборотов в мин), нагрузки P и масляной вязкости Z . При гидродинамических условиях, усиление масляной вязкости или скорости увеличит толщину масляной пленки и коэффициент трения, тогда как увеличение нагрузки уменьшает эти явления.

Рассматривание всех этих эффектов по отдельности формирует довольно сложную картину. Для упрощения вязкость Z , скорость N и нагрузка P комбинируются в общий отвлеченный фактор, именуемый ZN/P фактор. Хотя нет простого уравнения,

выражающего коэффициент трения или силу трения для любого подшипника под воздействием ZN/P , отношение можно показать с помощью кривой, как на рис. 2 внизу.

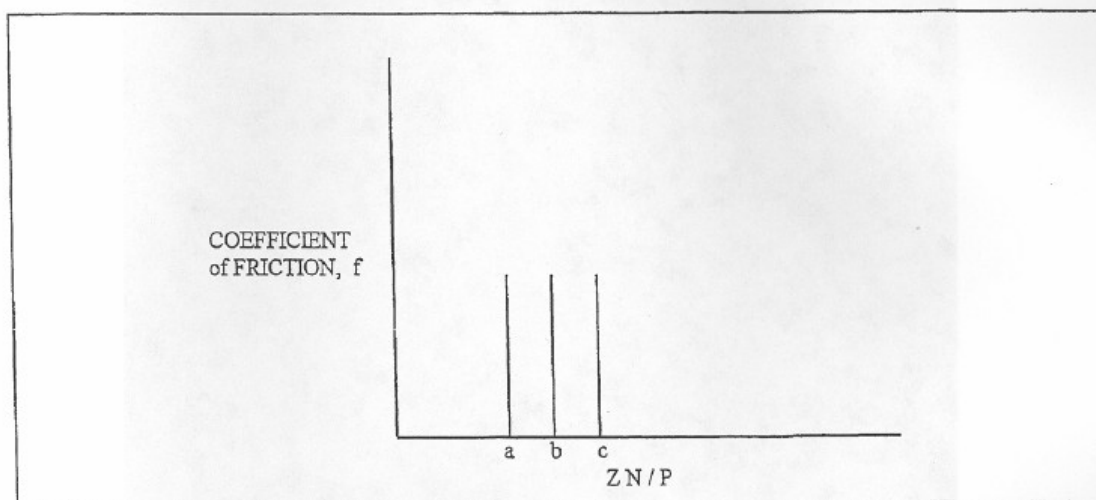


Fig. 2. Typical effect on bearing friction caused by viscosity Z , speed N , and load P .

Коэффициент трения, f

Рис. 2 Типичный эффект на трение подшипника, вызванное вязкостью Z , скоростью N и нагрузкой P .

На Рис. 2, приграничное смазывание существует в зоне слева от a , тогда как полное гидродинамическое смазывание происходит в зоне справа от c . Приграничное смазывание означает, что условия не позволяют осуществиться полному гидродинамическому смазыванию. Произойдет некоторый контакт с металлом, вызывающий трение и изнашивание, и могут возникнуть высокие коэффициенты трения. В следующем тесте на износ мы работаем в зоне приграничного смазывания.

Зона между a и c называется зоной смешанного смазывания. В этом участке можно выявить минимальное трение, как указано b . Для уменьшения потерь трения, желательно работать со значением ZN/P на участке от a до c . Хотя на данном участке минимальное изменение условий, как снижение скорости или чрезмерная нагрузка, может привести к обрыву пленки. Подшипники изготовлены для работы при ZN/P в зоне справа от c . Обычно подшипники изготавливаются для воздействия ZN/P с пятикратным значением по отношению к минимальному от b . Этот фактор называется защитным фактором подшипника.

Искривление, подобное показанному на Рис. 2, может развиваться в результате эксперимента для любого гидродинамического подшипника, включая подшипник из данного исследования, сформированный кольцом и блоком. Однако, геометрия блока изменится довольно быстро во время движения, хотя N и P постоянны, и Z меняется, в связи с повышением температуры. Из-за увеличения контактной площади, давление на поверхность уменьшается. Потенциально обеспечивающая износостойкость присадка против трения AFMT попытается замедлить процесс. Давление на поверхность может быть сложно контролировать. Следовательно, типичное ZN/P искривление следует чертить после стабилизации геометрии.

В данном тесте концентрировалось внимание на силе трения и измерении температуры, а также на изучении следов изнашивания.

Результаты теста.

Оптимальная смесь Пролонг

Различные смеси Пролонг в универсальном, коммерческом минеральном моторном масле тестировались по схеме сталь-сталь. Для каждой смеси тест повторялся один раз.

Скорость вращения поддерживалась 700 оборотов в мин. Результаты выражены на Рис.3 Коэффициенты трения даются в конце каждого теста. 0% смеси Пролонг – чистое моторное масло без использования продукции Пролонг. 100% смеси Пролонг – чистая продукция марки Пролонг.

Во время этого теста температура не измерялась. Кривая показывает, что 15% смеси Пролонг создает оптимальный эффект для минерального моторного масла.

Неровность поверхности следов изнашивания показана на Рис.4 Изначальная неровность образца Ra, как указано перед тестированием, 0,5 – 0,6. Изначальная неровность не стирается полностью для любого образца. То есть, большая степень неровности следов указывает на меньший износ, так как сохраняется больше изначальной неровности.

6

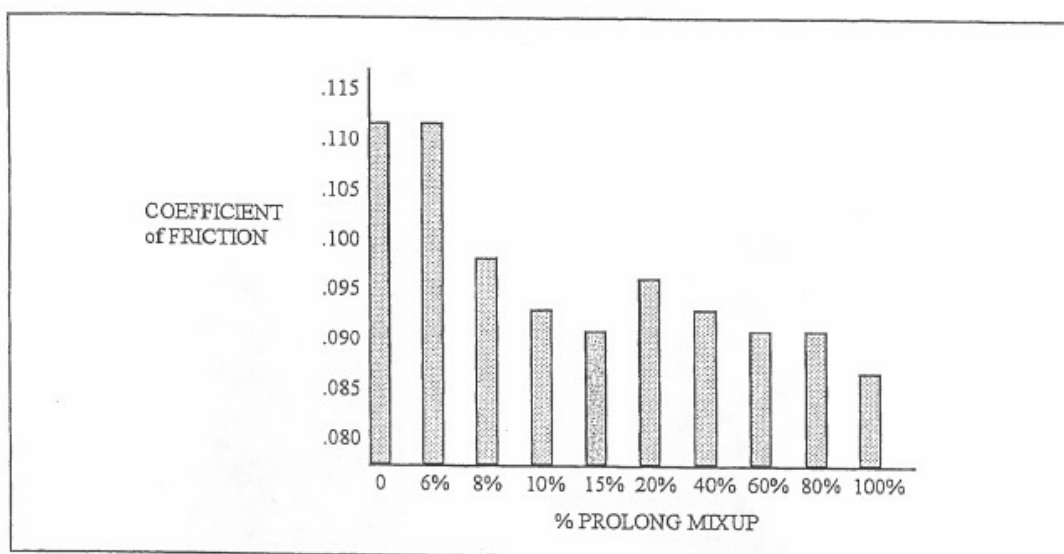


Fig. 3. Friction Coefficient Related to ProLong Blend in Mineral Engine Oil.

Коэффициент трения
% Смеси Пролонг

Рис. 3 Коэффициент трения в соотношении со смесью Пролонг в минеральном моторном масле.

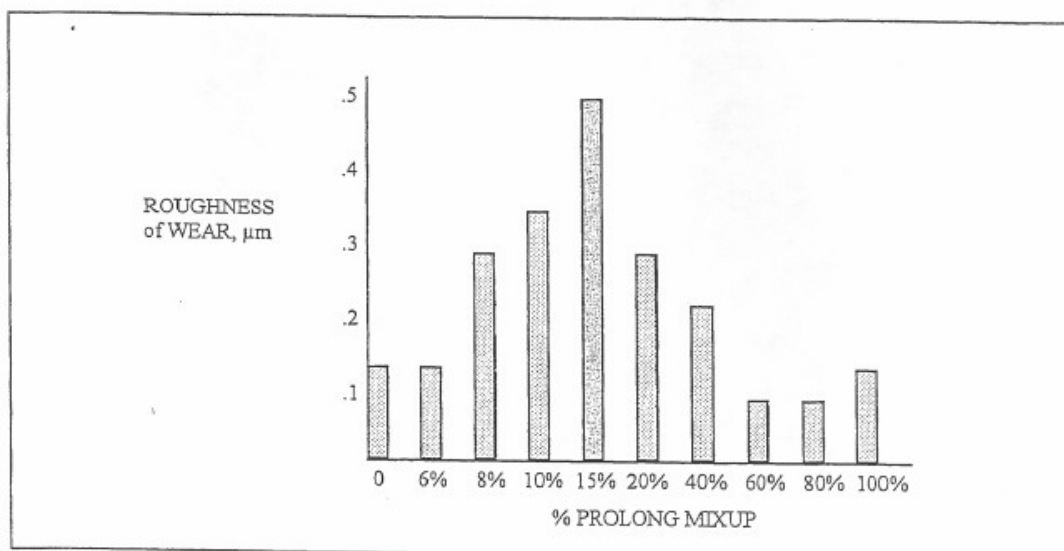


Fig 4. Surface Roughness of Wear Track With Different ProLong Blends in Mineral Engine Oil.
Material: Steel vs Steel

Неровность износа
% смеси Пролонг

Рис.4 Неровность поверхности следов изнашивания с различными смесями Пролонг в минеральном моторном масле. Материал: сталь-сталь

Как можно увидеть из расчетов, неровность, также как и коэффициент трения, указывает на оптимальный эффект при добавлении 15% смеси Пролонг. При более высоком проценте смесей Пролонг, степень неровности показывает степень износа или смягчение поверхности на том же уровне, что для чистого масла, тогда как коэффициент трения в конце теста ниже.

Оптимальное количество смеси может быть другим для других материалов и/или других смазочных масел. Для дальнейшего тестирования выбрано добавление в масло 10% и 15% продукции Пролонг.

Эффект для стали.

Измерения во время тестирования.

Воздействие Пролонг на сталь измерялось для 4 различных смазочных масел.

Температура образцов фиксировалась в дополнение к силе трения. Скорость стержня была увеличена до 800 оборотов в мин для всех последующих тестов.

Поскольку одна и та же шкала подходит для температуры (градусах С) и силы трения (в Ньютонах), силу трения не преобразовывали в коэффициент трения. Если бы это было сделано, кривая осталась бы той же, изменилась бы только шкала.

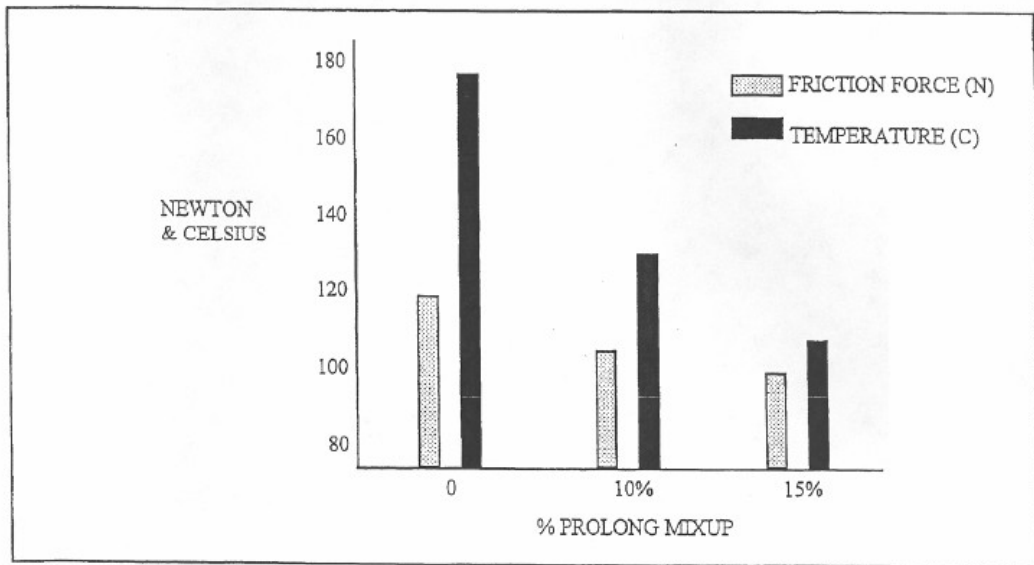


Fig. 5. Friction Force and Temperature (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Mineral Engine Oil

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 5 Сила трения и температура (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в минеральном моторном масле.

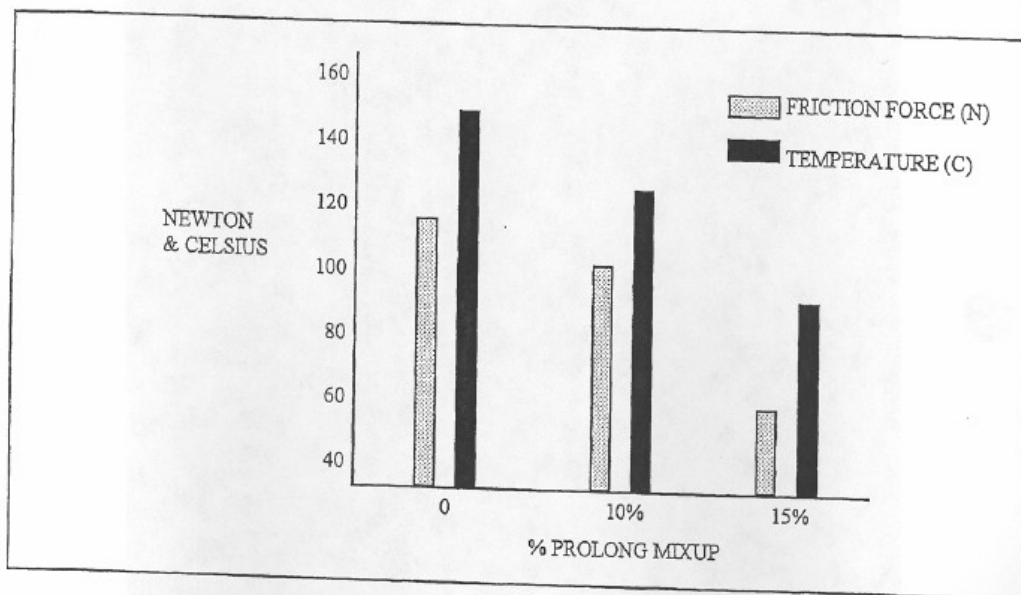


Fig. 6. Friction Force and Temperature (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial Synthetic Engine Oil No.1.

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 6 Сила трения и температура (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном синтетическом моторном масле №1.

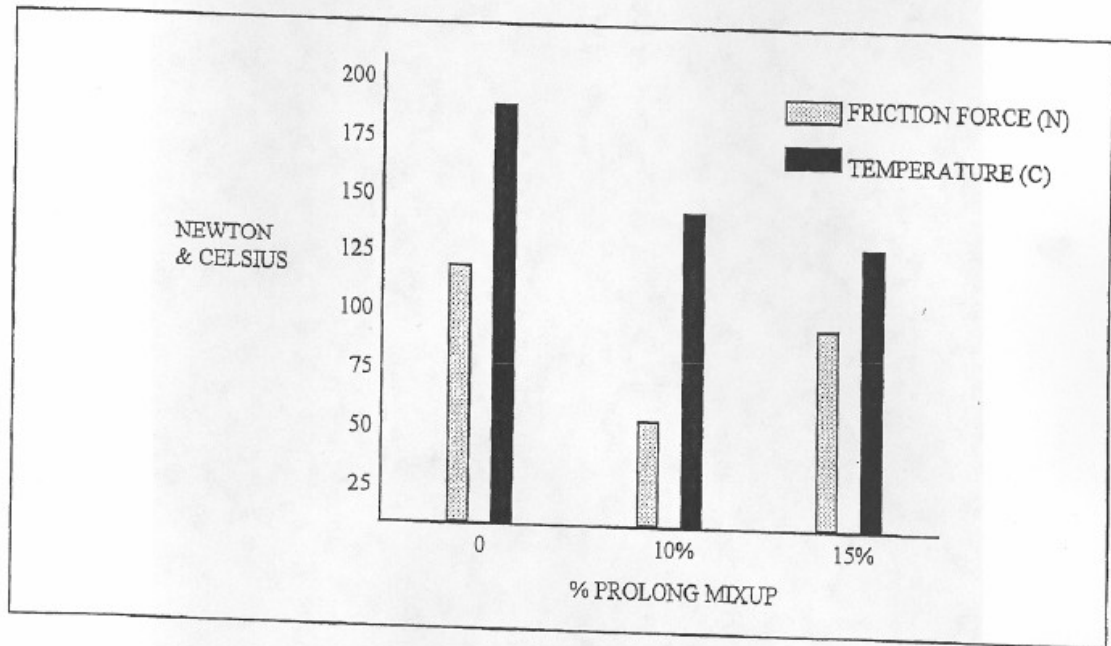


Fig. 7. Friction Force and Temperature (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial Synthetic Engine Oil No. 2.

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 7 Сила трения и температура (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном синтетическом моторном масле №2.

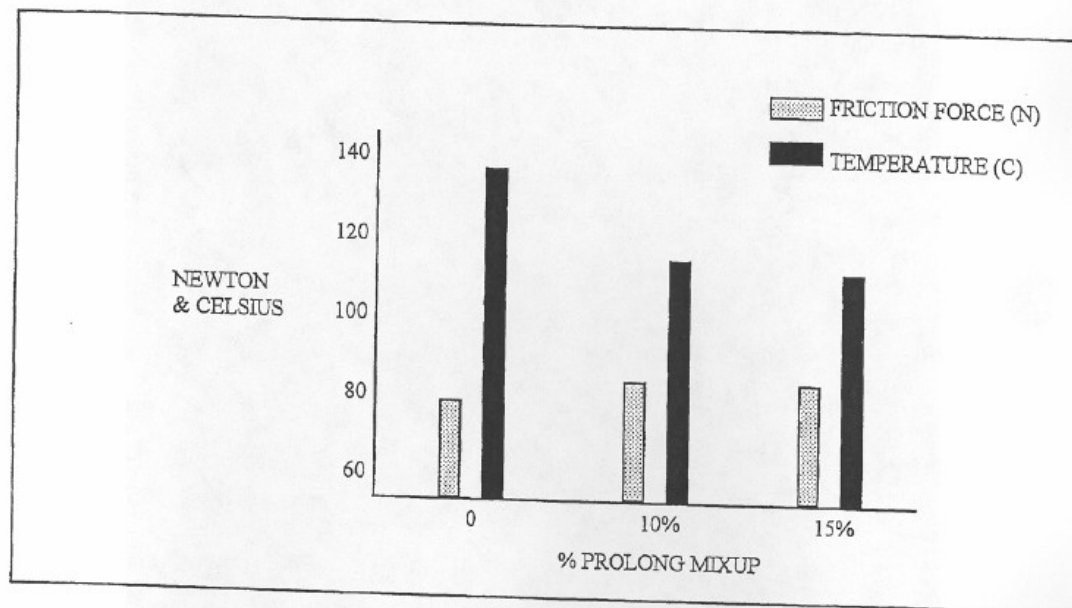


Fig. 8. Friction Force and Temperature (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial EP Gear Oil.

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 8 Сила трения и температура (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном синтетическом трансмиссионном масле.

Для промышленного минерального моторного масла и синтетического моторного масла №1, наблюдается существенное снижение трения, как и температуры, при использовании Пролонг и смесь в количестве 15% дает наилучший результат. Лучший результат для синтетического масла.

Для промышленного синтетического моторного масла №2, наименьшее трение возникало при добавлении 10% смеси Пролонг. Однако, температура снижалась больше при 15%.

Для трансмиссионного масла, температура снижалась при смешивании с продукцией Пролонг, но подобный эффект с силой трения не наблюдался. Наоборот, сила трения несколько увеличилась при добавлении Пролонг. Благодаря этому, снижение температуры не столь велико, как с моторными маслами.

Можно увидеть, что температура не столь хорошо сочетается с силой трения, как предполагалось. Таким образом, мы делаем вывод, что этот продукт несет охлаждающий эффект либо путем конвекции, либо путем испарения некоторых летучих веществ, либо путем локального плавления вещества в результате эвтектического действия продукта.

Измерения износа.

Износ образца определяется шириной следа изнашивания, который измеряется с помощью микроскопа. Глубину следа измерить сложнее, но можно судить по ширине и диаметру

кольца. Изношенный материал затем можно рассчитать для единицы по длине следа по $w^3/32$, где w – ширина следа. Изношенный материал из теста сталь-сталь показан на Рис.9 для всех протестированных смазочных масел.

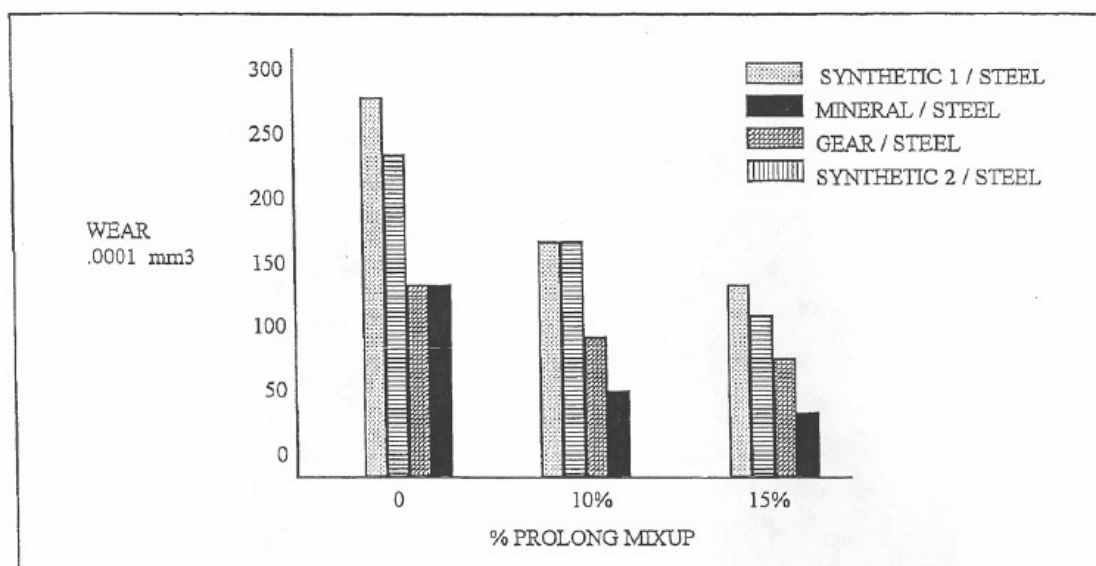


Fig. 9. Worn off material as a function of ProLong Blend.

Износ .0001 мм³
 Синтетическое 1/ сталь
 минеральное/ сталь
 трансмиссионное/ сталь
 синтетическое 2/ сталь
 % смеси Пролонг

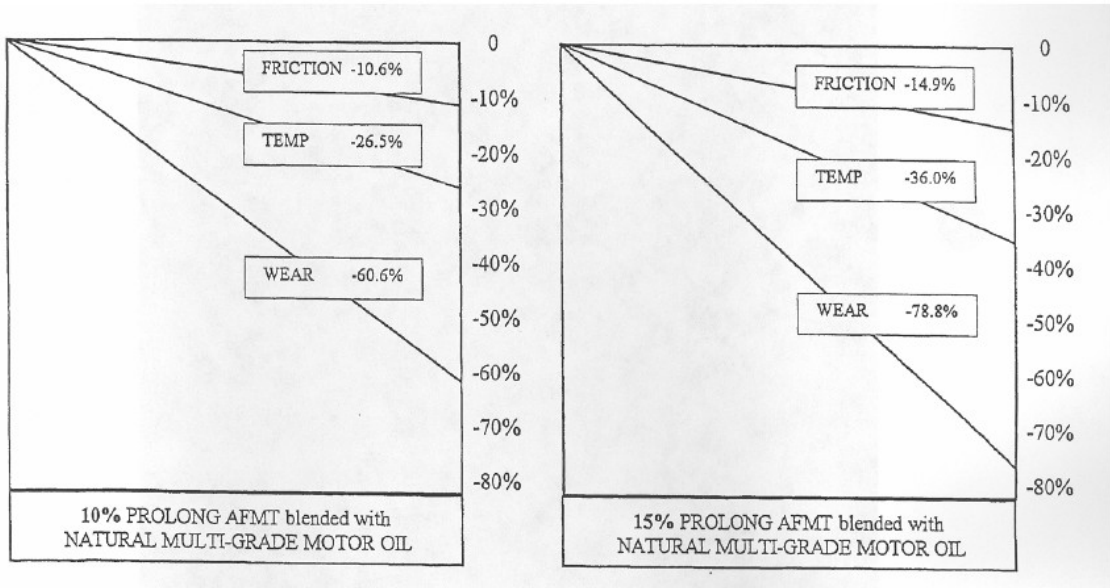
Рис.9 Износ материала под воздействием смеси Пролонг

Минеральное моторное масло и минеральное трансмиссионное масло показывают одинаковую степень износа без добавления Пролонга. Есть эффект уменьшения износа до 45% при добавлении 15% смеси Пролонг в трансмиссионное масло, и дальше больше для моторных масел. **Стоит отметить, что синтетические масла показывают высокий уровень износа в сравнении с минеральными.**

При добавлении 15% смеси Пролонг степень износа для синтетических масел снижается до уровня минеральных масел без использования Пролонг. Снижающий эффект для трансмиссионных масел может быть связан с уже добавленными в такие масла присадками.

Обзор результатов теста.

Рис. 10 дает общий вид на результаты тестов сталь-сталь. Таблица показывает процентное изменение трения, температуры и износа. Процентные значения были высчитаны на основе данных тестов с добавлением 10% и 15% смеси Пролонг.



Трение

Температура

Износ

10% AFTM Пролонг добавлено в натуральное универсальное моторное масло

Трение

Температура

Износ

15% AFTM Пролонг добавлено в натуральное универсальное моторное масло

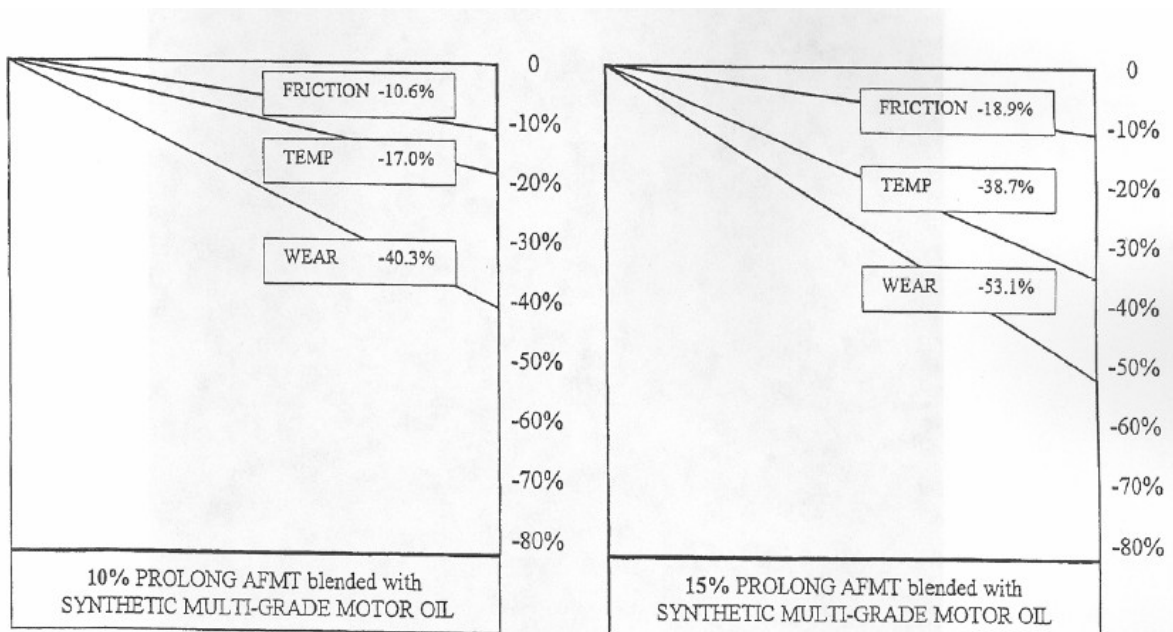


Fig. 10. An Overview of the Results From Steel vs Steel Tests

Трение

Температура

Износ

10% AFTM Пролонг добавлено в синтетическое универсальное моторное масло
Трение
Температура
Износ
15% AFTM Пролонг добавлено в синтетическое универсальное моторное масло

Рис. 10 Обзор результатов тестов сталь-сталь

Исследования с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Исследования проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа:

- материал образца для справки

- след изнашивания после теста с минеральным маслом
 - след изнашивания после теста с минеральным маслом с добавлением 6% Пролонг
 - деформированная зона следа изнашивания после теста с 6% Пролонг
- В следе изнашивания после теста с чистым минеральным маслом найдены кальций, медь, цинк, и сера, для сравнения со справочным материалом и анализа.

Эффект для бронзы

Измерения во время теста.

Бронза тестировалась так же, как и сталь, за исключением величины нагрузки, установленной максимум 358 N. Использовались три различных смазочных масла. Следующие расчеты показывают силу трения и температуру, записанные по итогам тестов, каждый длился в течение получаса.

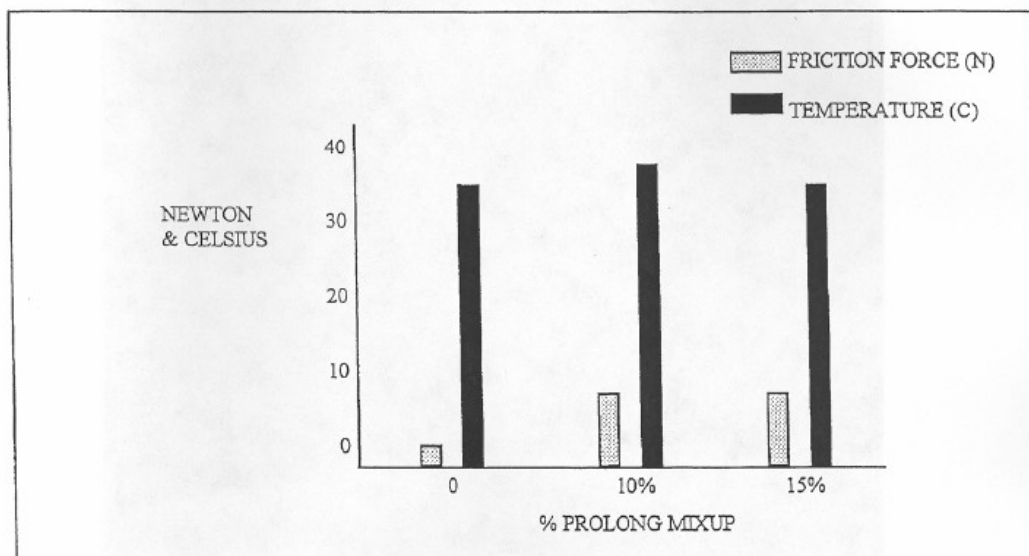


Fig. 11. Friction Force (N) and Temperature (°C) (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial Mineral Engine Oil

Ньютон
и

Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 11 Сила трения (N) и температура © (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном минеральном моторном масле.

После теста с тем же маслом с 6% смеси Пролонг остался след износа с добавлением никеля, тогда как содержание меди и цинка уменьшилось. Другие элементы были те же, что при испытании с чистым минеральным маслом.

В деформированной зоне после теста с 6% смеси Пролонг содержание хрома, железа и никеля было таким же, как на следе износа вне зоны, тогда как количество силикон, марганца и серы уменьшилось. В этой зоне, общее процентное соотношение элементов снизилось до 80% в сравнении с 88%.

Зоны деформации в следах износа возникали только при добавлении Пролонга в масло. Такие зоны чаще образовывались при низком или высоком содержании Пролонга, и меньше для 10-15% смесей.

Деформации выглядят как холодная сварка, что означает наличие локального плавления. Причиной может быть неоднородное вещество, содержащее компоненты иных структур, имеющих точку плавления ниже, чем основное вещество. При условии, что Пролонг обладает эвтектической функцией, это может снизить точку плавления вещества достаточно, чтобы спровоцировать локальное плавление в некоторых зонах при применении нагрузки, что было бы слишком для обычных подшипников. Объяснением, почему подобные деформации не случаются при добавлении 10-15% смеси Пролонг может быть большой охлаждающий эффект таких смесей. Измеренная твердость следов износа показывает, что благодаря Пролонгу твердость несколько увеличивается. Исследования с помощью сканирующего электронного микроскопа проводились в дополнение к основным тестам, для показаний. Чтобы сделать окончательные выводы из этого исследования, необходимо большее количество тестов с использованием микроскопа.

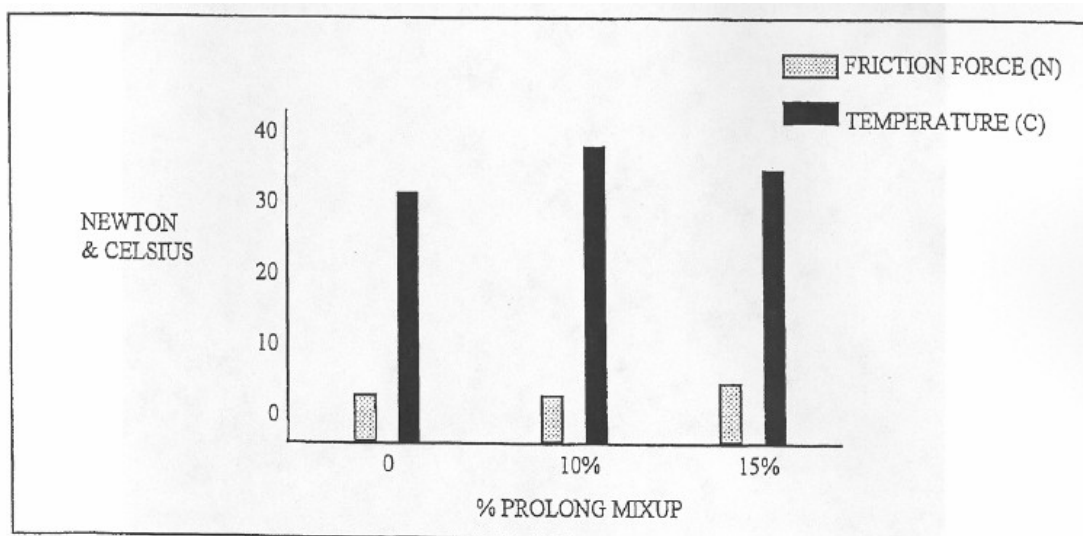


Fig. 12. Friction Force (N) and Temperature (°C) (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial Synthetic Engine Oil No. 1.

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 12 Сила трения (N) и температура © (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном синтетическом моторном масле №1.

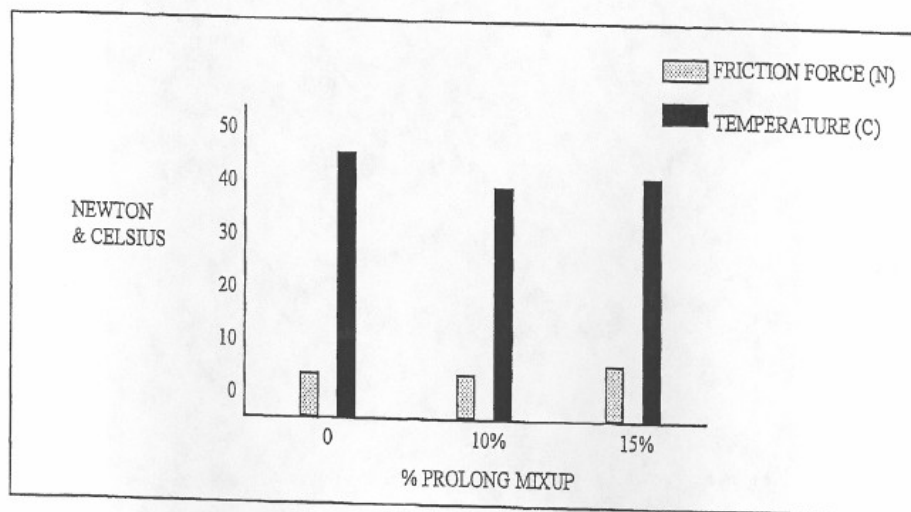


Fig. 13. Friction Force (N) and Temperature (°C) (Same Scale)
Related to ProLong Blend in Commercial EP Gear Oil

Ньютон
и
Цельсий
Сила трения (Н)
Температура (С)
% смеси Пролонг

Рис. 13 Сила трения (N) и температура © (одна шкала) в соотношении со смесью Пролонг в промышленном трансмиссионном масле.

Следует заметить, что значения трения и температуры в тестах с бронзой довольно низкие по сравнению с тестами со сталью. Нельзя сделать строгих выводов по неустойчивым небольшим искривлениям, поскольку в таких измерениях необходимо стремиться к точности.

Как можно увидеть из расчетов, есть небольшое увеличение силы трения для контакта бронза-сталь для всех масел при добавлении Пролонга. Причиной такого результата может являться воздействие Пролонга на вязкость. Хотя вязкость напрямую не измеряется в данном исследовании, замечено, что Пролонг имеет тенденцию уменьшать вязкость. Удерживая скорость вращения N и нагрузку P постоянными, вязкость Z – единственный фактор, который может уменьшиться в значении ZN/P фактора на Рис. 2, и снизить коэффициент трения в приграничной смазочной зоне.

Измерения изнашивания

Повышение силы трения, как показано в тесте с бронзой, обычно способствовало бы большему износу. Однако, в данном случае все тесты ясно показывают значительное уменьшение износа в результате использования Пролонга, как показано на Рис. 14. Для синтетического масла, тест с 10% смеси Пролонг показал наибольшее уменьшение износа.

Некоторые структурные изменения вещества наблюдаются, как для стали, этим объясняется большая износоустойчивость. Исследования со сканирующим электронным микроскопом для данных образцов не проводились, так как не входили в проект.

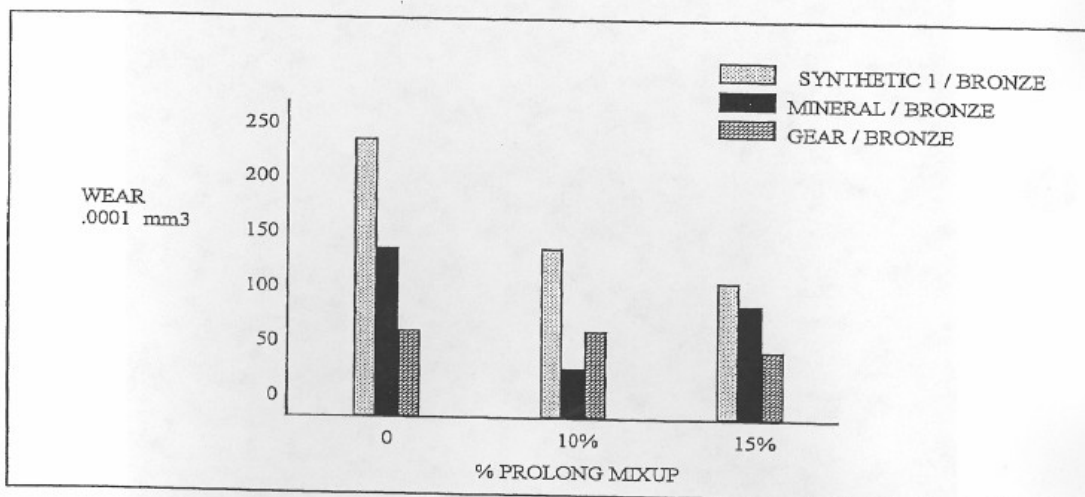


Fig. 14. Worn Off Bronze Material Related to ProLong Blend In Mineral and Synthetic Engine Oils and in EP Gear Oil.

Износ .0001 мм³

Синтетическое 1/ бронза

минеральное/ бронза

трансмиссионное/ бронза

% смеси Пролонг

Рис.14 Износ бронзового материала под воздействием смеси Пролонг в минеральном и синтетическом моторных маслах и трансмиссионном масле.

Обзор результатов теста

Рис. 15 дает общий вид на результаты тестов бронза-сталь. Таблица показывает процентное изменение трения, температуры и износа. Процентные значения были высчитаны на основе данных тестов с добавлением 10% и 15% смеси Пролонг.

Эффект на белый металл

Поскольку белый металл - сравнительно мягкий материал, нагрузка была снижена. При 180 Н, что дважды приемлемо для подобного подшипника, проявилась тенденция полного гидродинамического смазывания, см Рис. 3. Как только нагрузка была увеличена до перехода фактора ZN/P в приграничную смазывающую зону, часть материала было изношено, что привело к увеличению площади и дальнейшему гидродинамическому смазыванию.

С небольшой нагрузкой, данный образец проявлял тенденцию держаться на поверхности турбулентного масляного потока, и сравнительные измерения были невозможны.

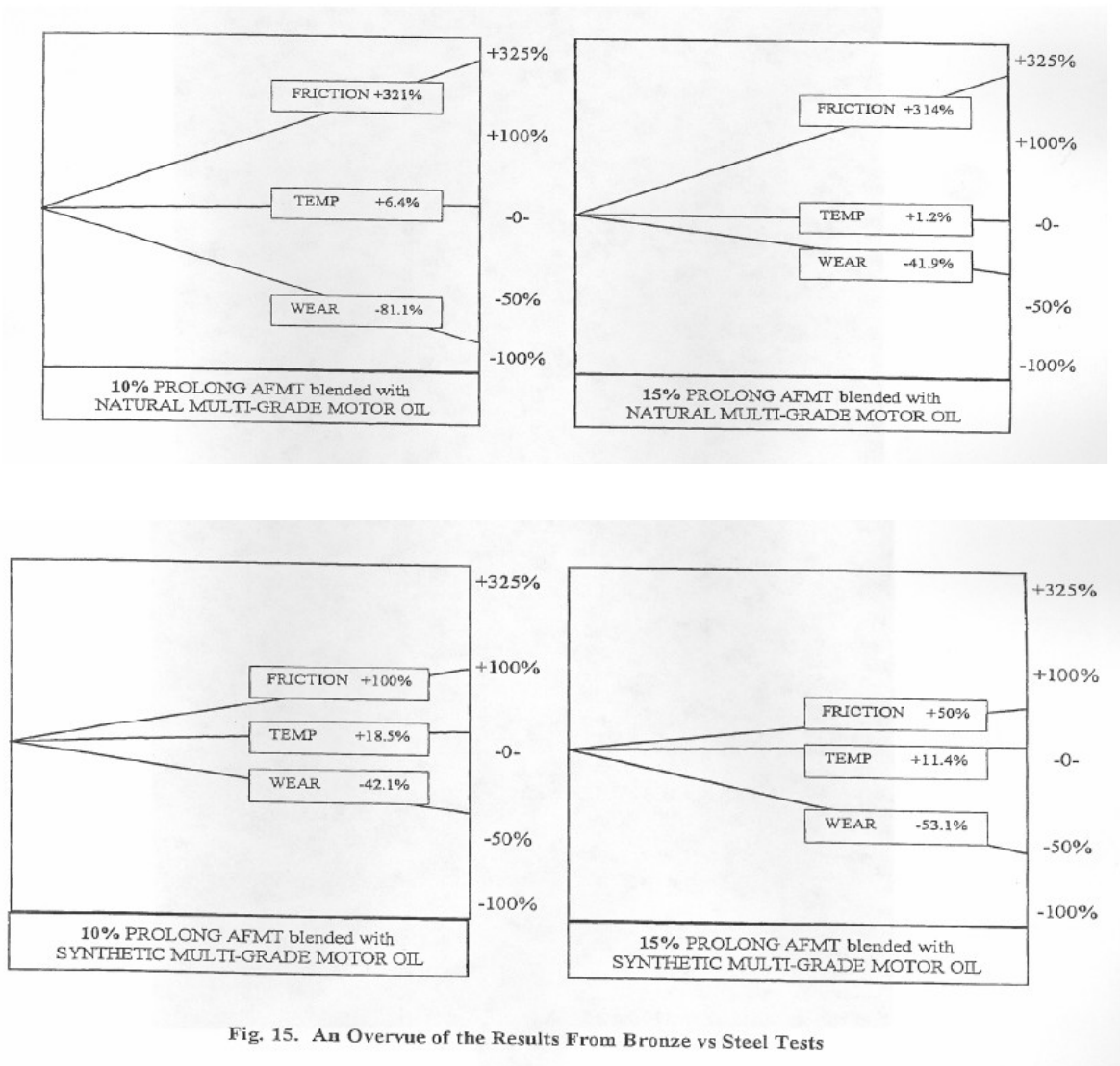


Fig. 15. An Overview of the Results From Bronze vs Steel Tests

Трение

Температура

Износ

10% AFTM Пролонг добавлено в натуральное универсальное моторное масло

Трение

Температура

Износ

15% AFTM Пролонг добавлено в натуральное универсальное моторное масло

Трение

Температура

Износ

10% AFTM Пролонг добавлено в синтетическое универсальное моторное масло

Трение

Температура

Износ

15% AFTM Пролонг добавлено в синтетическое универсальное моторное масло

Рис. 15 Обзор результатов тестов бронза-сталь

Другие измерения и ограничения.

Удельная масса присадки против трения Пролонг AFMT составляет 1,15, что отвечает данным производителя. Достаточно большое значение, в сравнении с обычными маслами, и соединения следует в дальнейшем изучить.

Пролонг проанализировали на предмет содержания серы, поскольку продукция с высоким содержанием серы не рекомендуется для двигателей. Содержание серы по объему - 0,1%, что также указано производителем. Таким образом содержание серы в Пролонге признано незначительным.

Вязкость Пролонга во время тестов не измерялась. Однако, производитель утверждает, что она составляет 10-15 W. Как видно из тестов, вязкость более тяжелых масел уменьшается при добавлении большого количества Пролонга. Для данных тестов влияние вязкости не критично, поскольку тестируемые подшипники работают в приграничной смазочной зоне. Меньшая вязкость оказывает влияние на фактор ZN/P, и, следовательно, ожидается большее уменьшение трения при измерениях, при условии сохранения вязкости.

CONCLUSIONS

Results from these tests should be used as an indication only. Measurements are taken from specified laboratory tests without simulation of any actual machinery situation. Real machines may have variable temperature ranges and loading conditions which may result in other findings. Other material combinations than the tested ones will also exist.

These tests have revealed a significant wear reducing effect from the ProLong Anti-Friction Metal Treatment for lubricating oils.

In total, 110 tests were run. Averages for these tests show that for Steel vs Steel, friction, temperature, and wear were reduced by approximately 20%, 30%, and 55% respectively at a 15% ProLong blend in the oil (Fig. 16).

Заключение.

Результаты данных тестов следует использовать только как показания. Измерения проводились в специализированной лаборатории без стимуляции реальной машинной деятельности. Реальные машины могут иметь различные температурные режимы и условия нагрузки, что может привести к иным результатам. Другие комбинации материалов, помимо протестированных, тоже возможны.

Данные тесты выявили эффект существенного уменьшения износа при применении присадки против трения AFMT марки Пролонг для смазочных масел.

Итого, было проведено 110 тестов. Средние значения, полученные в результате тестов сталь-сталь, показывают, что трение, температура и износ уменьшились примерно на 20%, 30% и 55% соответственно при добавлении в масло 15% смеси Пролонг. (Рис. 16).

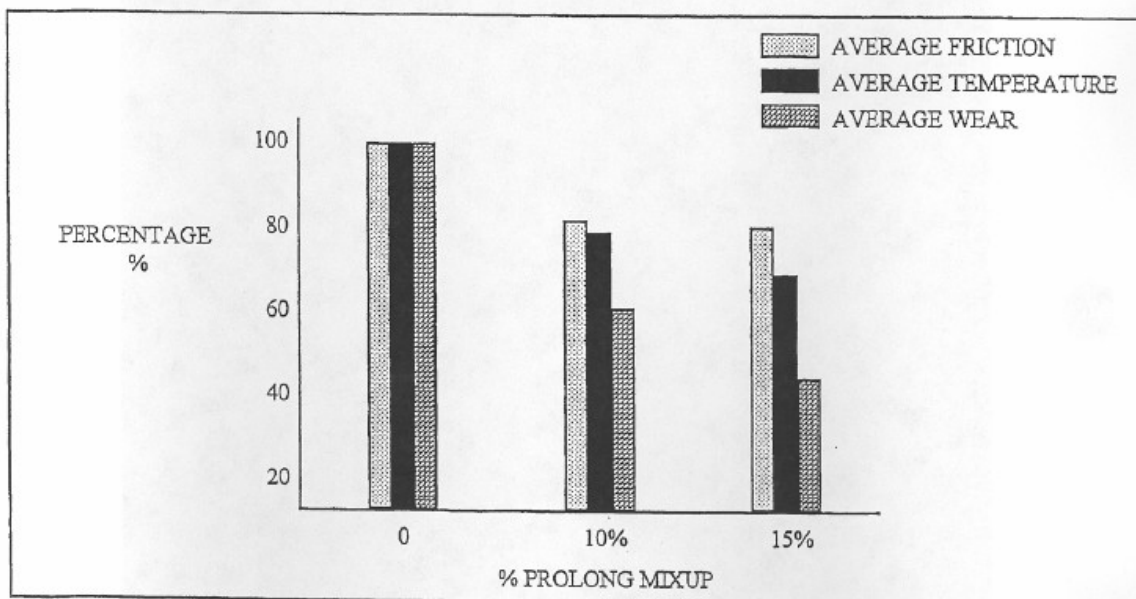


Fig. 16. Average Friction, Temperature, and Wear from All Steel vs Steel Tests.

Процентное соотношение %

Среднее трение

Средняя температура

Средний износ

% смеси Пролонг

Рис 16 Среднее трение, температура и износ для тестов сталь-сталь

Для тестов бронза-сталь средние величины показывают, что трение увеличилось примерно до 75%, температура практически не изменилась, а износ уменьшился примерно до 45% при добавлении 15% смеси Пролонг в масло (Рис. 17).

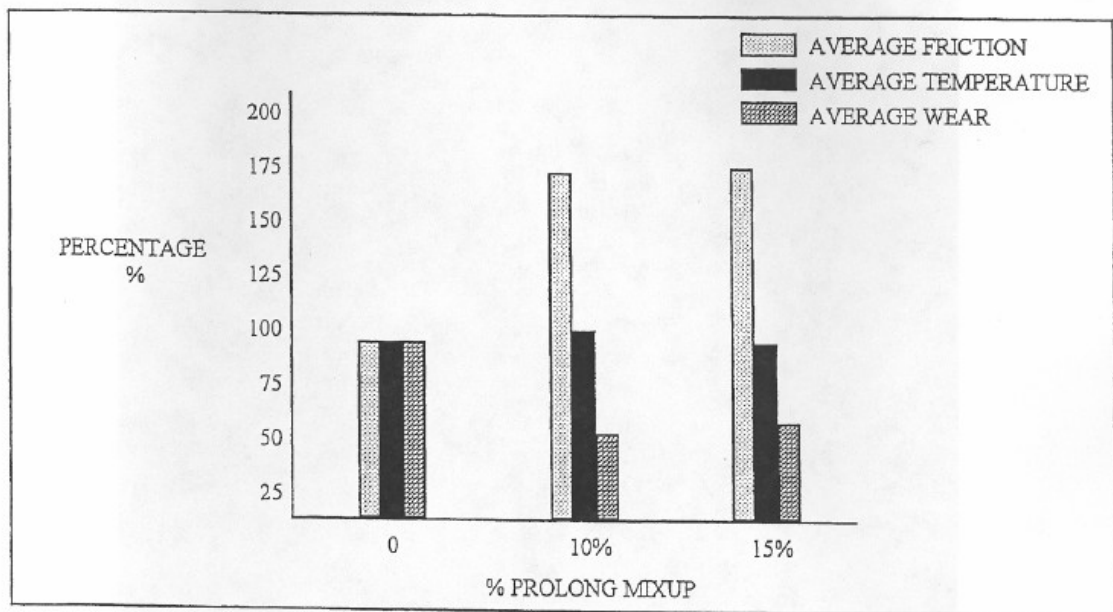


Fig. 17. Average Friction, Temperature, and Wear from All Bronze vs Steel Tests.

Процентное соотношение %

Среднее трение

Средняя температура

Средний износ

% смеси Пролонг

Рис 17 Среднее трение, температура и износ для тестов бронза-сталь

Следует отметить, что, хотя трение повышается примерно до 75% в тесте бронза-сталь при использовании Пролонга, трение по-прежнему невелико в сравнении со значением трения для тесте сталь-сталь в 25 раз выше, где Пролонг демонстрирует существенно снижающий трение эффект.

Несколько раз выполненный анализ следа изнашивания на стальном бруске с помощью сканирующего электронного микроскопа показывает возможное воздействие на поверхность и увеличение твердости благодаря Пролонгу. Это требует дальнейшего исследования.

Удельная масса и содержание серы отвечают данным, полученным от производителя, 1,15 и 0,1%, соответственно. Нет ограничений по использованию в связи с содержанием серы. В связи со значительными результатами данных тестов, предлагается дальнейшее тестирование продукции на реальных машинах. Возможное воздействие на поверхность и общее длительное влияние на температуру в связи с возможным испарением минеральных частиц нуждается в дополнительном изучении.

Анализ сходства присадки против трения AFMT марки Пролонг со смазочными маслами, особенно учитывая эффект на вязкость и размер частиц, также предлагается.

Справочная литература

1. Прикладные научные данные по трибологии
2. Различные доклады SINTEF о тестировании износа
3. Барвелл: Использование побежалых цветов в феррографии. Износ 44/1977
4. TPC навыки, методичка

SINTEF Доклад об исследованиях.

SINTEF - фонд научного и промышленного исследования в норвежском техническом институте. SINTEF работает с крупнейшими нефтяными компаниями по нефтяным операциям Северного моря, включая Shell Oil, Mobil, State Oil, Phillips и др.

Prolong SuperLubricants заключил контракт с SINTEF на тестирование присадки против трения AFMT с металлами в сочетаниях сталь-сталь и бронза-сталь. Должны были проводиться тесты на изменения трения, температуры и на износ. Для сравнений SINTEF были выбраны четыре различных масла, два синтетических, одно минеральное моторное масло и одно трансмиссионное масло. (Минеральные масла были основой для моторных масел)

Максимальные результаты были выявлены при использовании 10-15% смесей Пролонг. Присадка против трения AFMT марки Пролонг добавлялась при использовании всех четырех масел. Крупнейшим преимуществом было снижение износа. Тесты проводились в соотношении от 5 до 15 %

Результаты 110 тестов на каждый материал были следующими:

Снижение в средних значениях для теста сталь-сталь

20% - коэффициент трения

55% - износ

30% - температура

Снижение в средних значениях для теста сталь-бронза

Менее яркое снижение коэффициента трения и температуры.

Однако, наблюдается уменьшение износа на 45%.

Соотношения до 15% рекомендуются для использования в тяжелой промышленности.

Соотношения для общего использования основаны на экономике и производительности.

Проанализировав эти и другие отчеты, Prolong SuperLubricants рекомендует для общего использования 6-10% смеси. Обратитесь к справочным материалам и спецификациям.

Обзор доклада SINTEF

SINTEF Group – крупнейшая организация по техническим исследованиям в Северной Европе. Организация состоит из четырех отдельных: SINTEF - фонд научного и промышленного исследования в норвежском техническом институте. IKU – исследовательский институт континентального шельфа и нефтяных технологий A/S. EFI – норвежский исследовательский институт энергоснабжения A/S. MARINTEK – норвежский исследовательский институт морских технологий A/S.

Обзор доклада SINTEF STF-18-F87013

Данный доклад описывает исследования на износ и трение продукции Prolong SuperLubricants AFMT присадки против трения для смазочных масел. Для теста использовалась [испытательная машина с блок-механизмом](#).

Типичные данные теста основаны на приграничном смазывании.

Использовались такие комбинации веществ, как сталь-сталь и сталь-бронза. Для тестов использовались минеральное моторное масло, два разных синтетических и одно трансмиссионное.

Примерно 15% смеси Prolong SuperLubricants AFMT присадки против трения в масло нужно для достижения лучшего результата – со средним сокращением износа на 50%.

Кроме повышения трения в тесте сталь-сталь с трансмиссионным маслом и низкого трения при контакте сталь-бронза, наблюдалось значительное снижение трения и температуры.

В связи с позитивными результатами предлагаются дальнейшие исследования. Prolong SuperLubricants поддерживают политику использования новых технологий в исследованиях.

Следующие табличные данные показывают тип смазочного вещества, процентные соотношения присадки AFMT и процентные соотношения: трения - 17,5% среднее сокращение температуры - 25,0% среднее сокращение износа - 47,5% среднее сокращение

Lube oil	Friction		Temperature		Wear		% Pro-Long
	Mineral	Synthetic Multigrade	Mineral	Synthetic Multigrade	Mineral	Synthetic Multigrade	
Multigrade synthetic engine oil no. 1	% -10.6 -14.9	% -10.6 -48.9	% -26.5 -36	% -17 -38.7	% -60.6 -78.8	% -40.3 -50.7	10 15
Multigrade Synthetic engine oil no. 2		-51.6 -16.7		-21.3 -30.3		-29.8 -53.1	10 15
EP gear oil	+6.3 +6.3		+15.3 -19.5		-34.8 -48.5		10 15
Average value from 65 STEEL/ STEEL tests	-15 -20		-20 -30		-40 -55		10 15

	трение	трение	температура	температура	износ	износ	
Машинное масло	минеральное	Синтетическое универсальное	минеральное	Синтетическое универсальное	минеральное	Синтетическое универсальное	% Пролонга
Универсальное синтетическое моторное масло №1	% -10,5 -14,9	% -10,5 -48,9	% -26,5 -36	% -17 -38,7	% -60,6 -78,8	% -40,3 -50,7	10 15
Универсальное синтетическое моторное масло №2		-51,6 -16,7		-21,3 -30,3		-29,8 -53,1	10 15
Трансмиссионное масло	+6,3 +6,3		-15,3 -19,5		-34,8 -48,5		10 15
Среднее значение для тестов сталь-сталь	-15 -20	-15 -20	-20 -30	-20 -30	-40 -55	-40 -55	10 15

TEST RESULTS

SETA-SHELL FOUR BALL EXTREME PRESSURE TEST (A.S.T.M. D-2783-82)					
PRODUCT	LOAD	TIME	TEMP.	Avg. Scar Size mm.	
	KGf	SECONDS	°F	LENGTH	WIDTH
A Texaco Havoline 10W30	780	10.0	65	2.94	2.44
B Texaco Havoline 10W30 plus 10% AFMT Concentrate	780	10.5	66	2.16	2.02
A Esso Pro Tec 10W30	780	10.05	65	2.91	2.51
B Esso Pro Tec 10W30 plus 10% AFMT Concentrate	780	10.01	65	2.21	2.16
A Mohawk Hydraulic-AW46	500	10.1	72	2.90	2.32
B Mohawk Hydraulic-AW46 plus 15% AFMT Concentrate	500	10.0	72	1.24	1.22
A Mohawk Winter Chain Oil	780	10.0	67	6.00	4.50
B Mohawk Winter Chain Oil plus 10% AFMT Concentrate	780	10.0	67	3.00	2.44
A Mohawk All Season Hydraulic	500	10.0	72	6.00	6.00
B Mohawk All Season Hydraulic plus 10% AFMT Concentrate	500	10.05	72	1.36	2.03

Результаты теста

Тест с четырехшариковым экстремальным давлением SETA-SHELL (A.S.T.M. D-2783-82)

Продукт	Нагрузка (кг-сила)	Время (сек)	Температура (F)	Средняя длина следа (мм)	Средняя ширина следа (мм)
A Texaco Havoline 10W30	780	10,0	65	2,94	2,44
B Texaco Havoline 10W30+ 10% AFMT	780	10,5	66	2,16	2,02
A Esso Pro Tec 10W30	780	10,05	65	2,91	2,51
B Esso Pro Tec 10W30+ 10% AFMT	780	10,01	65	2,21	2,16
A Mohawk Hydraulic-AW46	500	10,1	72	2,90	2,32
B Mohawk Hydraulic-AW46+ 15% AFMT	500	10,0	72	1,24	1,22
A Mohawk Winter Chain Oil	780	10,0	67	6,00	4,50
B Mohawk Winter Chain Oil + 10% AFMT	780	10,0	67	3,00	2,44
A Mohawk All Season	500	10,0	72	6,00	6,00

Hydraulic B Mohawk All Season Hydraulic- + 10% AFMT	500	10,05	72	1,36	2,03
---	-----	-------	----	------	------