

Депрессорные присадки

Краткий курс по характеристикам и выбору



Введение

Способность смазки течь при низкой температуре и с малым сопротивлением сдвигу имеет решающее значение для работы двигателей и оборудования, которое предназначено для использования в условиях холодного климата. Без правильного выбора и дозировки депрессорных присадок рецептура минеральной смазки будет иметь плохие характеристики при низкой температуре, что в худшем случае может привести к недостаточному смазыванию и отказу оборудования.

Практически все минеральные масла содержат небольшие количества парафинов. По мере понижения температуры масла некоторые парафины выпадают из раствора в виде мелких кристаллов, и раствор начинает мутнеть. Температура, при которой это происходит, называется точкой помутнения. По мере дальнейшего выпадения парафинов кристаллы разрастаются в пластины и, наконец, если температура снижается достаточно сильно, пластины начинают сращиваться вместе и образовывать трехмерную сеть, которая полностью лишает смазку подвижности. Этот процесс затвердевания иногда называют гелеобразованием. Минимальная температура, при которой смазка остается жидкой, называется температурой застывания.

Поскольку парафин обычно составляет лишь несколько процентов углеводородов в масле, парафиновые структуры содержат большое количество захваченной жидкости, в результате чего полученная матрица является довольно хрупкой. Эти парафиновые образования легко разрушаются при встряхивании или перемешивании, поэтому наличие парафина не является определяющим фактором для запуска двигателя при низкой температуре. Тем не менее, во многих применениях основная часть смазки находится в неподвижном состоянии, например, в масляном картере или резервуаре, и структурирование парафина очень сильно ограничивает прокачиваемость и фильтруемость смазки, определяя тем самым ее нижний температурный предел работы.

История депрессорных присадок

До 1930-х годов варианты для решения проблем с текучестью в холодном состоянии были очень ограничены. Тепло было очевидным решением, и каким бы глупым это не казалось сегодня, рассказы о кострах под картерами автомобилей являются подлинными историями. Более разумной альтернативой, по крайней мере, в некоторых случаях, было увеличение растворяющей способности жидкой части смазки путем добавления керосина. Это также уменьшало вязкость смазки при высокой температуре. Можно также добавлять один из нескольких природных материалов, таких как асфальтеновая смола или микрокристаллические воска, которые были удалены на различных этапах процесса очистки масла. К сожалению, несмотря на их достаточную эффективность, они широко не применяются.

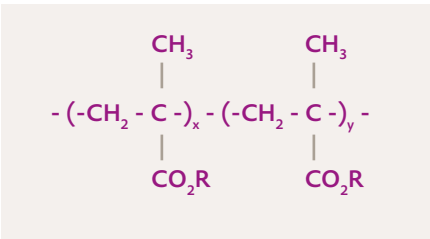
Поскольку эти материалы подавляют (депрессируют) застывание смазки, они стали называться депрессорными присадками. Существование этих естественных депрессорных присадок позволило предположить, что вполне могут существовать синтетические материалы, которые будут функционировать, по крайней мере, таким же образом или даже лучше. Структуры природных углеводородных депрессорных присадок, которые сами являются парафиновыми материалами, предоставили идею для создания синтетических присадок. В 1931 году были внедрены алкилированные нафталины, в которых содержались алкильные группы

с линейными парафиновыми структурами. Эта разработка способствовала рассмотрению в качестве кандидатов других парафиновых материалов, а в 1937 Rohm and Haas запатентовали первые полимерные депрессорные присадки, полиалкилметакрилаты (ПАМА), которые также были созданы на основе линейных алкильных групп.

В течение многих лет в продажу выпускались различные синтетические материалы, которые имели общее название депрессорных присадок. Хлорированный парафин является наиболее известным примером химических синтетических веществ, но большинство коммерческих продуктов относятся к средне- и высокомолекулярным полимерам, таким как полиметакрилаты, полиакрилаты, акрилатные сополимеры стирола, этерифицированные сополимеры малеинового ангидрида с олефинами или стиролом, алкилированный полистирол и фумаратные сополимеры винилацетата.

Химический состав депрессорных присадок

Несмотря на то, что полиалкилметакрилаты были первыми из полимерных депрессорных присадок, они и по сей день остаются, безусловно, лучшими присадками, производимыми в настоящее время, занимая такую долю мирового рынка, которая далеко опережает альтернативные продукты. Причины этого заключаются в молекулярной структуре полимеров и необычайной гибкости химической структуры. Базовая структура ПАМА депрессоров выглядит следующим образом:



где группы R и R' представляют собой смесь алкильных групп от C1 до C22. Продукты являются сополимерами, получаемыми свободно радикальной полимеризацией в растворе.

Активность депрессора лишь в малой степени зависит от молекулярной массы полимера, и степень полимеризации (X + Y) PPD может варьироваться от 200 до 2000. На самом деле, молекулярная масса присадок ПАМА не определяется их основной функцией, а скорее такими свойствами, как загущающая способность, стойкость к деструкции или даже особенности обращения. Большинство производителей смазок предпочитают использовать один продукт для всех типов смазок. Стандарт обычно устанавливают требования по стойкости к деструкции для самых ответственных применений, трансмиссионных масел. Таким образом, молекулярные массы большей части продуктовой линейки находятся в нижнем конце указанного диапазона.

Для того чтобы ПАМА могли эффективно взаимодействовать с парафином, R-группы должны быть линейными и содержать, по крайней мере, четырнадцать атомов углерода. Поскольку существует молекулярно-массовое распределение парафина в смазке, лучшее действие депрессорной присадки достигается в тот момент, когда есть также распределение R-групп. Обычно взаимодействие алкильной группы с парафином усиливается по мере увеличения ее длины, и оптимальное положительное взаимодействие с воском требует очень тщательного баланса линейных алкильных групп.

На рисунке 1 показана типичная кривая реакции для присадки ПАМА в зависимости от коэффициента взаимодействия с парафином (WIF) в конкретном базовом масле. Коэффициент взаимодействия с парафином учитывает количество каждой алкильной группы, которая может взаимодействовать с парафином, и относительную прочность взаимодействия. WIF относится конкретно к депрессору, а не к базовому маслу, и является полезным инструментом, чтобы различить депрессоры. Показанная здесь реакция является общей; характер кривой отклика зависит от того, что будет обнаружено при использовании различных методов испытаний на воздействие низких температур при малом сдвиге. Следует отметить, что существует достаточно определенный WIF для оптимального взаимодействия. Тем не менее, диапазон реакции расширяется, и реакция становится сильнее по мере возрастания концентрации депрессора. Реакция может выйти за допустимые пределы, но этот вопрос будет обсуждаться позже в разделе выбора депрессора и принципов дозировки.

Рисунок 1: Стандартная характеристическая кривая PPD

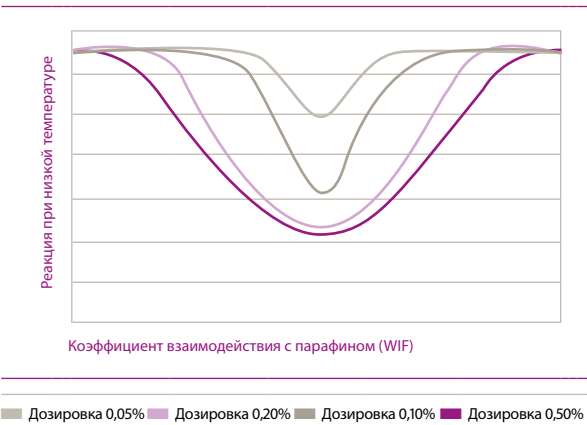
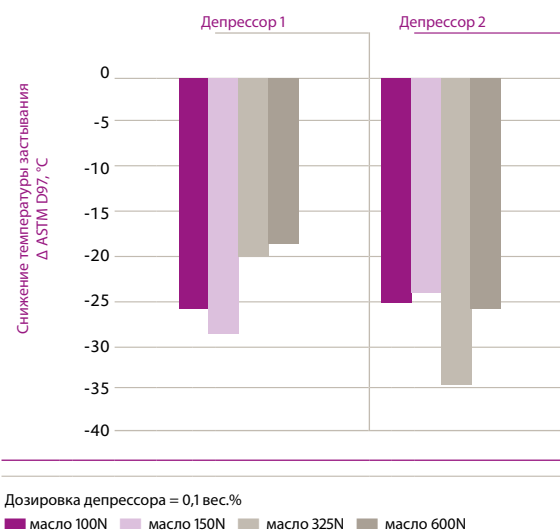


Рис. 2: Реакция базового масла при низкой температуре для различных депрессоров



На рисунке 2 показано снижение температуры застывания (Δ) по ASTM D97, проведенных для четырех базовых масел селективной очистки группы I с одного завода. В каждое масло были добавлены два депрессора с дозировкой 0,1% по весу, при этом депрессор 2 имел в два раза больше парафиновых боковых связей, чем депрессор 1. Для легких 100N и 150N с меньшим содержанием парафина депрессор 1 с более низким WIF склонен к лучшей регулировке температуры застывания. Для более тяжелых 325N и 600N с большим содержанием парафина депрессор 2 с большим количеством парафиновых боковых цепей и большим WIF обеспечивает лучшие характеристики по D97. Хотя депрессор 1 и депрессор 2 могут и не быть лучшими депрессорами для этих масел, их свойства показывают, что более тяжелые базовые масла лучше реагируют на депрессор с большим содержанием парафина, а легкие масла лучше реагируют на депрессор с меньшим содержанием парафина.

WIF депрессора регулируется средним числом атомов углерода в R-группах полимера ПАМА. R-группы с меньшим количеством атомов углерода позволяют получать депрессор с меньшим WIF, а также обеспечения широкого разброса значений R, который расширяет диапазон деятельности депрессора для более точного поддержания температурного диапазона, выше которого парафины в реальных смазочных маслах кристаллизуются.

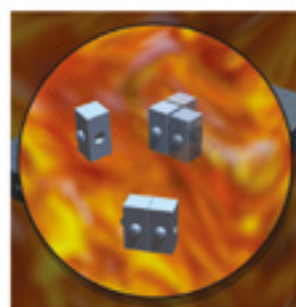
Механизм действия

Депрессорные присадки ни в коей мере не влияют ни на температуру, при которой парафин кристаллизуется из раствора, ни на количество парафина, который выпадает в осадок. Напротив, при образовании кристаллов парафина депрессорные присадки также кристаллизуются вместе с парафиновыми компонентами, присутствующими в масле. Кристаллы парафина удерживаются отдельно друг от друга с помощью главных цепей депрессора, в результате такого стерического затруднения кристаллы парафина больше не могут формировать трехмерные структуры, которые сдерживают течение. Несмотря на то, что предотвращение гелеобразования гарантирует то, что масло будет в состоянии текучести, по крайней мере, на базовом уровне, существует также широкий спектр поведения от полной текучести до границы с гелеобразованием. Очевидно, что желательно обеспечить полную текучесть, но это может быть достигнуто только в том случае, если структура депрессорной присадки обеспечивает оптимальное взаимодействие и парафин существует только в виде стабильной дисперсии крошечных кристаллов.

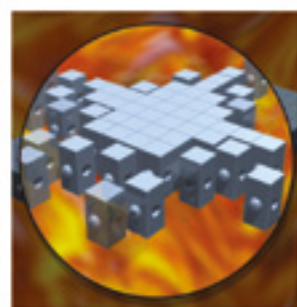
Следует отметить тот важный факт, что при понижении температуры все жидкости в конечном счете „отверждаются“ или, точнее, становятся неподвижными, независимо от проблем с парафином. Это связано с тем, что вязкость становится очень высокой и масло не будет течь под действием силы тяжести. Обычно это называется точкой потери вязкости. Вязкость, при которой достигается это состояние, как правило, превышает 100000 сП. Необходимо признать важность этого типа поведения, поскольку иногда депрессорные присадки обвиняют в том, что они неэффективны для тяжелых масел или теряют свою эффективность при низких температурах. Важно помнить об ограничениях вязкости в точке застывания, чтобы знать, может ли принести пользу изменение содержания парафина.

Как депрессоры VISCOPLEX® модифицируют кристаллы парафинов при низких температурах

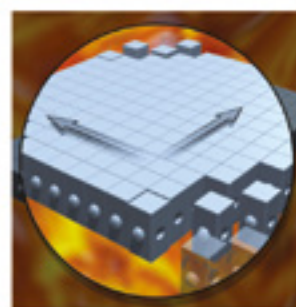
Без депрессора VISCOPLEX®



Кристаллизация молекул парафина при температурах ниже температуры помутнения



При слоистом росте в основном образуются иглы и пластины

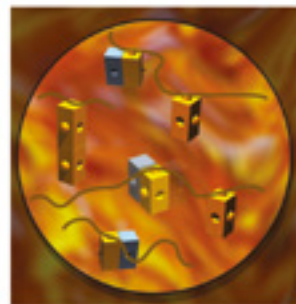


Кристаллы парафина продолжают расти

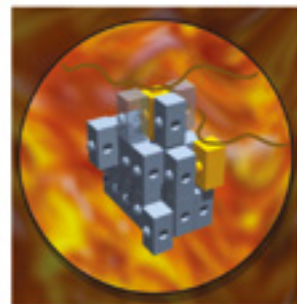


Формирование большой, структурированной трехмерной сети кристаллов с размерами > 100 мкм, течение масла прекращается

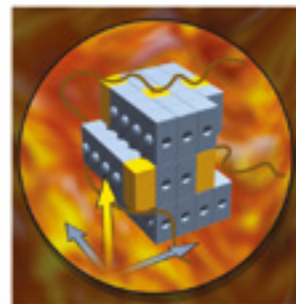
С депрессором VISCOPLEX®



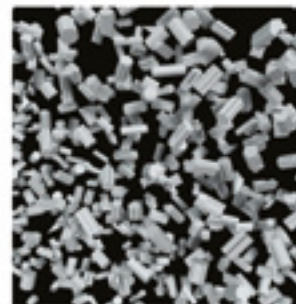
Происходит совместная кристаллизация молекул парафина и кристаллических элементов депрессора VISCOPLEX®



Депрессор VISCOPLEX® меняет морфологию кристаллов парафина

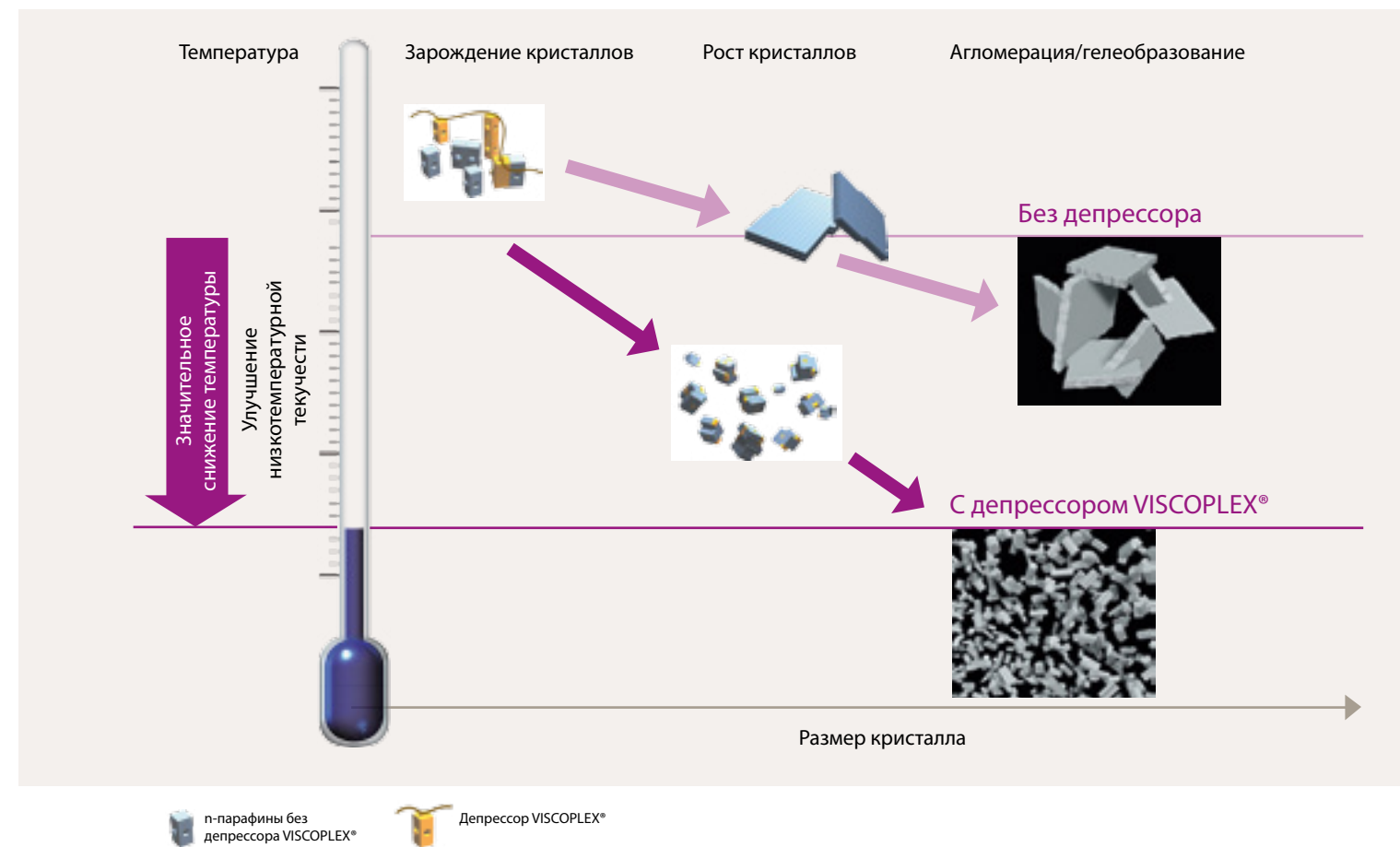


Сближение кристаллов парафина предотвращается, структуры становятся мельче и хаотичнее



Не происходит агрегирования гелеподобной парафиновой структуры, и масло продолжает течь без предела текучести

Формирование кристаллов парафина и взаимосвязь с низкотемпературной текучестью



■ n-парафины без депрессора VISCOPLEX®

■ Депрессор VISCOPLEX®

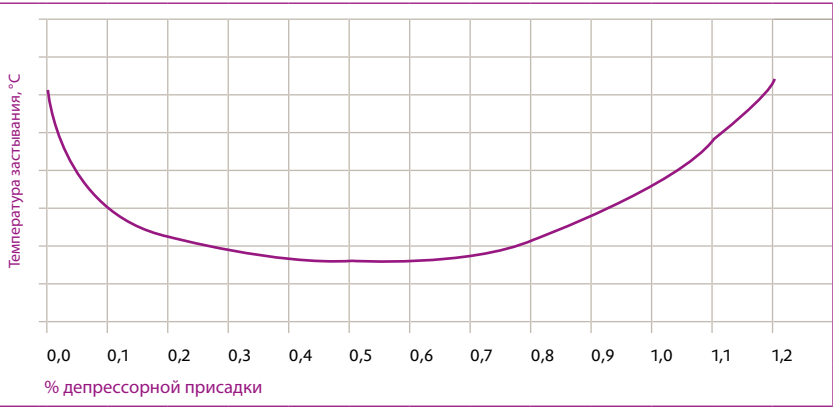
■ Кристаллический элемент, сформированный n-парафинами

■ Кристаллический элемент, сформированный депрессором VISCOPLEX®

— Основная цепь полимера VISCOPLEX®



Рис. 3: Влияние дозировки при испытаниях депрессорной добавки по ASTM D97



Обратите внимание на сходство между кривыми на рисунках 1 и 3. На рисунке 1 показана характеристика при низкой температуре в зависимости от химической структуры депрессорной присадки (ее WIF), а на рисунке 3 представлена та же характеристика в зависимости от ее концентрации. На самом деле, состав продукта и его концентрация в той или иной степени представляют компромисс. Зачастую недостаточное взаимодействие парафина может быть преодолено путем использования более высокой дозировки, и наоборот, можно уменьшить дозировку путем оптимизации состава парафина в депрессоре.

Движение в обратную сторону по кривой, возникающее при чрезмерной дозировке депрессора, как показано на рисунке 3, является довольно прямолинейным, это явление называется реверсом застывания. Но существует более неявный вид реверса. Многие явления, связанные с парафином, зависят от времени и термической истории. Таким образом, иногда можно получить приемлемую эффективность при низких температурах, а потом обнаружить, что это свойство теряется во время хранения. Раствор воска ведет себя как переохлажденная жидкость, в которой кристаллизации воска происходит в течение длительного периода времени, тем самым преобразуя жидкость в гель.

Выбор депрессора и принципы дозировки

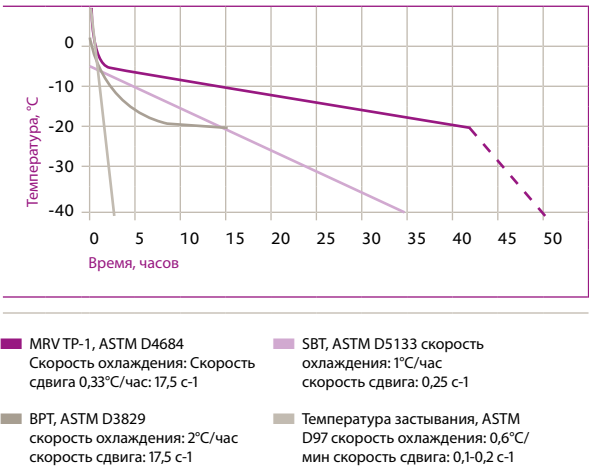
Когда кто-то разрабатывает новые депрессорные присадки или использует имеющиеся, важно понимать, что эти присадки сами по себе являются парафиновыми материалами, так что в процессе добавления присадки в смазку вы на самом деле добавляете в систему парафин. Поэтому необходимо тщательно подобрать дозировку, чтобы получить оптимальную реакцию депрессора и избежать чрезмерной дозировки, чтобы предотвратить утрату низкотемпературных свойств.

Типичная кривая отклика на концентрацию, которая может быть получена из вертикального среза, показанного на рис. 1, представлена на рисунке 3. Этот частный пример показан для температуры застывания по ASTM D97, но форма кривой отклика опять-таки носит общий характер. Правильно выбранная депрессорная присадка обеспечит резкое повышение низкотемпературных свойств даже при низких концентрациях. Повышение концентрации может обеспечить некоторое минимальное улучшение, но как только проблемы с парафином полностью решены, добавление депрессора не дает дополнительных преимуществ, и кривая реакции становится плоской. Дальнейшее увеличение концентрации присадки, по сути, только добавляет парафин в систему, что в конечном итоге приводит к потере прироста эффективности. В крайнем случае, чрезмерно обработанное масло может иметь худшие низкотемпературные свойства, чем необработанное.

Требования к низкотемпературным характеристикам

Регулирование низкотемпературных свойств смазочных материалов представляет собой невероятно сложное явление, и ни одно испытание не может гарантировать, что масло всегда будет свободно течь в широком диапазоне условий. Большинство моторных масел являются чрезвычайно неньютоновскими при низких температурах, а диапазон скоростей сдвига, участвующих в протекании масла, достаточно велик. Кроме того, термическая история, термоциклирование и скорости охлаждения также играют важную роль в низкотемпературной реологии. Таким образом, в течение многих лет разрабатывались различные методы испытаний, большинство из них было ответом на конкретный вопрос, возникший в этой области. Описания испытаний, имеющих и исторических, приведены ниже, визуальное сравнение различных температурных профилей для нескольких испытаний показано на рисунке 4.

Рис. 4: Сравнение скорости охлаждения для различных низкотемпературных испытаний



Испытания с очень высокими скоростями охлаждения, такие как точка застывания, часто не дают хороших показателей работоспособности при низких температурах. Высокая скорость охлаждения не дает парафину, содержащемуся в рецептуре, достаточно времени, чтобы полностью кристаллизоваться и образовать трехмерные структуры. Более сложные методы, такие как ASTM D4684 (вязкость и предел текучести по MRV TP-1), используют меньшие скорости охлаждения и более растянутые профили температуры для более точного прогнозирования текучести при низких температурах. Температурный профиль для MRV TP-1 основан на реальных условиях температуры, которые вызвали проблемы с моторным маслом в 1980 году. Принятие низкотемпературного режима, который отражает холодные погодные условия, позволяет провести испытание, которое действительно дает оценку способностей депрессора по регулированию кристаллизации парафина так, чтобы воспроизвести действительные суровые условия, с которым может столкнуться масло в процессе эксплуатации. Как правило, низкотемпературные свойства большинства смазочных материалов (например, жидкостей для автоматических коробок передач, трансмиссионных масел и гидравлических жидкостей) определяются с использованием

параметров точки застывания и вязкости по Брукфильду. Оценка моторных масел является гораздо более сложным процессом, с учетом общих требований, включая точку застывания, MRV TP-1, сканирование по Брукфильду и MRV TP-1 после того, как масло проходит последовательность испытаний двигателя IIIG или ROBO.

Точка застывания (ASTM D97)

Образец масла в небольшой цилиндрической стеклянной емкости подвергается быстрому охлаждению (0,5-0,6°C/мин). Емкость поворачивается на бок с интервалом в 3°C, чтобы определить текучесть масла. Самая низкая температура, при которой наблюдается движение жидкости, считается точкой застывания.

Вязкость по Брукфильду (ASTM D2983)

Образец масла охлаждают в стеклянной пробирке при желаемой температуре испытаний в течение шестнадцати часов. Затем измеряют вязкость с использованием вискозиметра для малой скорости сдвига, называемого вискозиметром Брукфильда. Шпиндель, погруженный в испытательную жидкость, вращается с заданной скоростью, в зависимости от вязкости, а крутящий момент, определяемый во время вращения шпинделя, преобразуется в показания вязкости.

Стабильная температура застывания (SAE J300, Приложение В; или FTM 791b, метод 203, цикл С)

Это также иногда называют Точкой застывания цикла С. Образец масла в стеклянном цилиндре, согласно ASTM D97, содержится в условиях сложного, семидневного цикла изменения температуры, который включает в себя три прохода через весь диапазон температур, типичный для точек помутнения большинства масел.

Предел текучести и эффективная вязкость моторных масел при низкой температуре

Вязкость прокачивания MRV, MRV TP-1 (ASTM D4684)

Образец масла помещают в ротационный вискозиметр, называемый ротационным минивискозиметром, и подвергают охлаждению с очень медленной скоростью ~ 0,33°C в час до температуры -20°C с последующим более быстрым остыванием до окончательной температуры испытания, как определено для степени вязкости SAE. Общее время испытания составляет от 45 до 53 часов. При конечной температуре испытания производится измерение вязкости и текучести.

Граничная температура прокачивания (ASTM D3829)

Предшественник ASTM D4684 - образец масла быстро охлаждают в ротационном минивискозиметре до желаемой температуры испытания в течение 10 часов и выдерживают при температуре испытания в течение оставшегося времени из 16-часового периода. Затем измеряется вязкость и процедура повторяется, по крайней мере, при трех температурах. Граничная температура прокачивания интерполируется, как температура, при которой вязкость равна 30000 сП. Также определяют предел текучести.

Динамическая вязкость по Брукфильду (ASTM D5133)
Вязкость измеряют непрерывно на вискозиметре Брукфильда при снижении температуры со скоростью 1°С/час, от -5°С до -40°С, или температуры, при которой вязкость достигает 40000 сП, в зависимости от того, что произойдет раньше. Получается непрерывная зависимость вязкости от температуры. Данные вязкости нанесены с использованием соотношения Walther-MacCoull-Wright; индекс гелеобразования является первой производной от этой кривой. Наиболее частым результатом такой обработки данных является максимальное значение индекса гелеобразования и температуры, при которой это происходит.

Низкотемпературная текучесть гидравлических жидкостей (ASTM D6351)
Образец масла содержится при выбранной температуре, соответствующей применению жидкости, в течение 7 дней, после чего сосуд наклоняют в горизонтальной плоскости, чтобы проконтролировать текучесть масла. Этот метод особенно полезен для смазочных материалов на основе растительного масла, которые имеют тенденцию затвердевать во время длительного хранения при пониженной температуре.

ROBO (ASTM D7528)
Контрольное окисление масла по методу Ромашевского (Romaszewski Oil Bench Oxidation - ROBO) представляет собой лабораторную процедуру, в которой имитируется условия окисления и испарения для последовательности двигателя IIIG. Образец масла выдерживают при 170°С в присутствии катализаторов в течение 40 часов, в течение которых происходит постоянное перемешивание, окисление, нитрование и испарение. Свойства окисленного масла, полученного в процедуре ROBO, измеряются с помощью MRV TP-1 (ASTM D4684), чтобы оценить характеристики масла при низких температурах после окисления. В процессе испытания также оценивается летучесть масла и увеличение вязкости.

Тенденции базовых масел

В настоящее время диапазон базовых масел на рынке становится все более сложным. Поскольку процесс депарафинизации является одним из наиболее капиталоемких процессов на нефтеперерабатывающем заводе, то перемены происходят достаточно медленно, и в производстве до сих пор используются старые классические масла, растворяющие парафин. Изменчивость сырья также представляет определенную проблему. Экономическое давление поощряет использовать несколько источников или местных поставщиков на открытом рынке, что приводит к постоянному изменению состояния сырой нефти, поступающей на НПЗ. Такая изменчивость приводит к различным параметрам воска базового масла и разному вложению депрессора.

На мировых рынках приходится сталкиваться с еще более сложными вопросами, такими как гидрокрекинговые масла. Масла API группы III и IV имеют растворяющую способность, которая разительно отличается от свойств масел селективной очистки, тем самым вводя свой собственный уникальный набор требований к составу. Базовые масла „газ в жидкость“ (GTL) представляют собой последние достижения технологий изготовления масла, где процесс Фишера-Тропша преобразует природный газ в базовое масло. Такие GTL, а также базовые масла высокой степени очистки группы III по-прежнему содержат парафин, который необходимо удалять с помощью депрессора, но при этом необходимо использовать депрессор другой технологии, чем продукты, используемые для базовых масел селективной очистки.

Начиная с ILSAC GF-5, ROBO является лабораторной альтернативой последовательности IIIGA, что позволяет сэкономить время и деньги. Компания Evonik Oil Additives разработала это испытание с учетом того, что низкая производительность окисленного масла при низкой температуре становится все более важным показателем моторного масла. Существуют и другие испытания при пониженной температуре, которые часто неверно истолковываются, как имеющие отношение к эффективности депрессора. Имитатор холодного запуска (CCS, ASTM D5293) является испытанием при низкой температуре, предназначенным для проверки того, как моторные масла обеспечивают запуск двигателя при пониженной температуре. Депрессоры актуальны только при низкой температуре и в условиях низкой скорости сдвига. Тем не менее, CCS выполняется при низких температурах, но при высокой скорости сдвига. Фактор высокой скорости сдвига в CCS нарушает любую структуру воска и делает испытание неприменимым для оценки явления кристаллизации воска и, соответственно, выбора депрессора.

Недавно введенное испытание эмульсионной пробы в соответствии с ASTM D7563 является еще одним примером методики, которую по ошибке связывают с депрессором. Несмотря на то, что диспергирующий депрессор может оказывать сильное влияние на эмульгирующие свойства масла, такое функциональное состояние находится за пределами области регулировки низких температур. Как правило, желательно использовать многофункциональные добавки, но депрессоры должны обеспечивать улучшение текучести только в холодном состоянии. Например, если при смешивании не было известно о диспергирующих свойствах депрессора, то использование такого диспергатора может легко нарушить гидравлическую рецептуру, в которой желательно разделять масло и воду.

Наконец, для некоторых применений существует небольшое, но развивающееся направление биоразлагаемых базовых масел (растительные масла). Эти растительные масла содержат триглицериды, вместо парафинового воска, но структура этих молекул подобна восковым. Таким образом, эффективная концентрация парафина чрезвычайно высока, и контроль низкотемпературной текучести представляет большую проблему. Соответственно вопросы, связанные с парафином, с которыми сталкивается химик при определении состава, становятся все более сложными. Все указывает на то, что эта тенденция будет продолжаться.

Рекомендации по выбору депрессора

Подбор депрессорных присадок лучше проводить среди смазочных материалов, которые полностью сформулированы, но до введения депрессора. Обычно базовое масло для смазки представляет собой сочетание двух или более базовых масел. Депрессорные присадки с одним уровнем WIF являются оптимальными для одной базовой составляющей, в то время как другой уровень WIF является предпочтительным для другого базового компонента. Ситуация может еще усложниться, если используется третий компонент, в частности, тяжелое масло или высоковязкое цилиндровое масло.

Возможно, наиболее важным фактором при выборе депрессорных присадок может стать роль других добавочных компонентов. Любая добавка, содержащая углеводородную структуру, подобную парафину, может оказать серьезное влияние на характеристики при низких температурах. Это связано с тем, что парафиновые структуры, образующиеся в смазке при низкой температуре, необязательно получают исключительно из базового масла. Эти другие „воскоподобные“ добавки могут способствовать формированию парафиновой структуры в большей или меньшей степени. Несомненно, самым драматичным примером стал регулятор индекса вязкости OCP (VII) с высоким содержанием этилена. Он содержит длинные цепочки этилена, которые могут оказывать сильное влияние на выбор депрессорных присадок. Из-за воздействия других добавок, входящих в состав, важно, чтобы депрессоры оценивались в полностью готовом масле, а не в отдельном базовом масле. На рисунке 5 показаны последствия выбора депрессора, основанные на реакции только базового масла. депрессор 1 в масле 150N обеспечивает прохождение по результатам предела текучести MRV TP-1, в то время как депрессор 2 не прошел такую проверку. Тем не менее, когда то же самое 150N используется для составления моторного масла SAE 10W-40, содержащего загуститель (VII) и пакет присадок (DI), то теперь депрессор 1 не проходит тест MRV TP-1 в составе полностью готового моторного масла, а депрессор 2 позволяет регулировать вязкость (как показано SBT) и предел текучести. Сочетание VII и компонентов, повышающих эффективность,

Рис. 5: Эффективность депрессора в базовых маслах и в готовых маслах

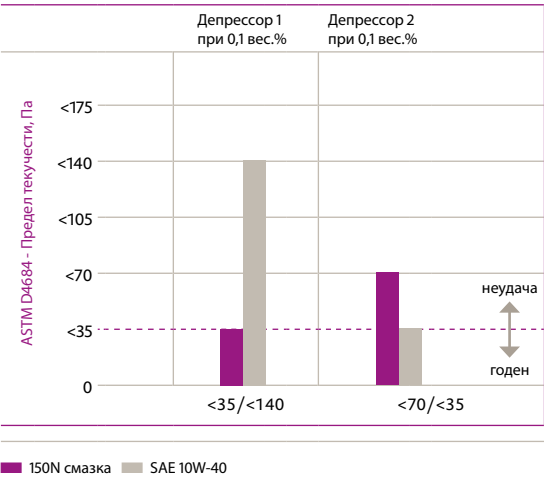
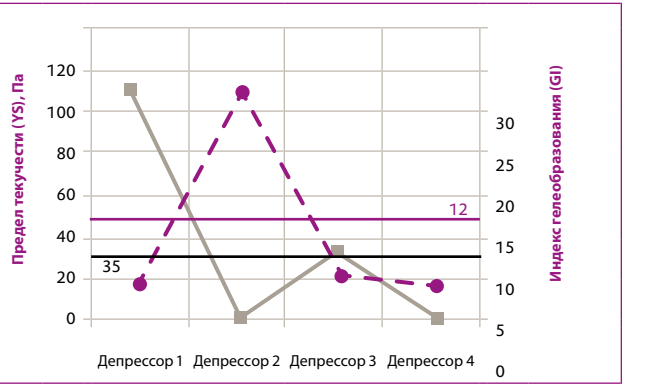


Рис. 6: ASTM D4684 YS, ASTM D5133 GI



Депрессор 4 проходит испытания по пределу текучести и индексу гелеобразования. Линия 35 представляет максимальные пределы для испытания на предел текучести. Линия 12 представляет максимальные пределы для испытания на индекс гелеобразования

способствует росту парафиновых компонентов в масле, и правильно подобранный депрессор должен скомпенсировать их влияние на низкотемпературные свойства состава.

При выборе депрессорных присадок одним из самых сложных вопросов является некоторое противоречие в требованиях испытаний на воздействие низких температур. Депрессорная присадка может быть просто не выбрана на основе любого отдельного испытания. Например, на рисунке 6 показан индекс гелеобразования при сканировании по Брукфильду и проверка вязкости MRV TP-1 для одного моторного масла SAE 5W-30. Черная линия показывает предел текучести по MRV TP-1, а фиолетовая линия показывает индекс гелеобразования при сканировании по Брукфильду (GI). Горизонтальные линии показывают максимальные пределы для каждого испытания, поэтому идеальный депрессор будет обеспечивать надлежащий контроль содержания парафина, если его результаты будут ниже этих линий. Из-за различий в профиле скорости охлаждения, скорости сдвига и времени, каждый депрессор демонстрирует определенный отклик в двух испытаниях. Депрессор 1 имеет очень хороший показатель GI, но не проходит MRV TP-1 в связи с высоким пределом текучести. С другой стороны, депрессор 2 проходит MRV TP-1 по пределу текучести, но не может обеспечить адекватную регулировку при низкой температуре при сканировании по Брукфильду, где масло демонстрирует высокий GI. Только депрессор 4 сбалансирован правильно и позволяет контролировать кристаллизацию парафина при низкой температуре, в условиях низкой скорости сдвига, которую представляют оба испытания. Поэтому очень важно учитывать все требования к смазке, предъявляемые низкими температурами, поскольку прохождение одного испытания при низкой температуре не гарантирует успеха в другом.

В дополнение к компромиссу между испытаниями в рамках одной конкретной области применения, следует также учитывать требования внутри классов вязкости продуктовой линейки, а также требования по всей линейке продуктов. Определение оптимальной депрессорной присадки для каждого продукта практически невозможно. Обычно не

получается оптимизировать одну, “универсальную” присадку для всех продуктов в смесительной установке. Тем не менее, иногда одна депрессорная присадка при соответствующей дозировке может удовлетворять всем потребностям установки для определенных продуктов. Производитель рецептур должен оценить такую возможность в сравнении с логистическими проблемами использования второй депрессорной присадки для части ассортимента продукции.

Другим серьезным фактором при выборе депрессора, важность которого за последнее десятилетие значительно изменилась, являются низкотемпературные характеристики моторных масел после окисления, из испытания двигателя последовательности IIIG или испытания ROBO. Начиная с GF-4, моторные масла с классификацией ILSAC после окислительного загущения обязаны пройти MRV TP-1. Таким образом, депрессор должен не только обеспечить адекватный контроль кристаллизации воска в свежем масле, но и правильно управлять низкотемпературными свойствами окисленного масла. Поскольку окисленное масло содержит полярные молекулы, которые могут образовывать структуры при низких температурах, то депрессор должен обрабатывать кристаллы парафина и агломерацию полярных молекул. Подобно сценарию, описанному на рисунке 5, депрессор, который хорошо действует в свежем масле, не всегда гарантирует успех для окисленного масла. Например, на рисунке 7 показана реакция трех депрессоров с дозировкой 0,3 вес.% в свежем и окисленном вариантах одного и того же моторного масла SAE 5W-30. Все три депрессора обеспечивают прохождение испытания MRV TP-1 в свежем масле, поскольку эти депрессоры также прошли другие требуемые низкотемпературные испытания, то один из этих депрессоров (1, 2 или 3) может подойти для состава масла.

Однако депрессоры сильно различаются по своей способности обеспечить эффективность при низкой температуре для окисленного масла. Окисленное масло с добавкой депрессора 1 полностью замерзает при проведении MRV TP-1, а использование депрессора 2 демонстрирует высокую вязкость. Только депрессор 3 имеет правильно сбалансированный состав, чтобы пройти испытания при низкой температуре для свежего и окисленного масла.

Депрессорные присадки компании Evonik Oil Additives

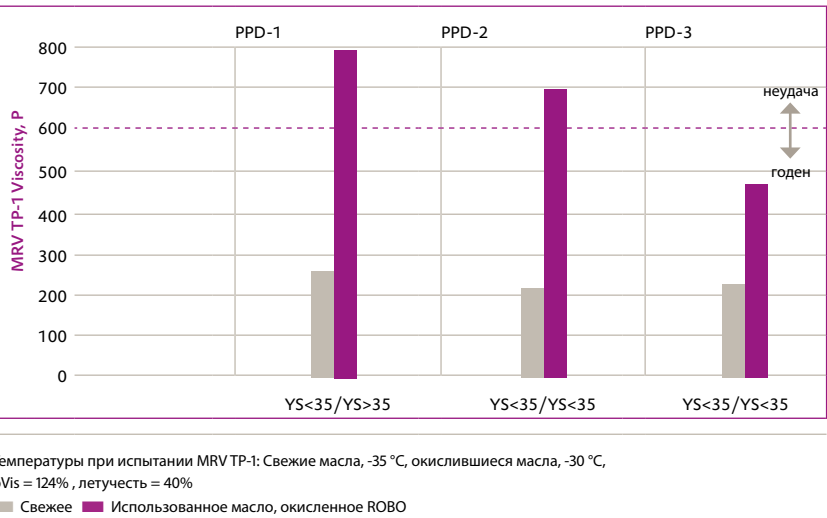
Evonik Oil Additives предлагает несколько линий депрессорных присадок, которые основаны на химии ПАМА. Большинство продуктов из этих серий имеют отличную устойчивость к сдвигу, обеспечивая тем самым их применимость для всех смазочных приложений. Некоторые из них, с большей молекулярной массой, также вносят определенный вклад в вязкость смазочного материала.

Продукты VISCOPLEX® серии 1 представляют собой депрессоры, которые имеют долгую историю применения во всех смазочных рецептурах. В большинстве случаев они являются прекрасным и экономичным вариантом для выбора:

Серии VISCOPLEX® 1-100 и 1-200

Депрессоры серии VISCOPLEX® 1-100 и 1-200 являются обычными депрессорными присадками, особенно эффективными в смазках, основанных на базовых маслах селективной очистки, и применяемых для промышленных или трансмиссионных применений, где необходимо масло, имеющее базовые характеристики застывания или эффективность по Брукфильду.

Рис. 7: Выбор депрессора: свежее и окислившееся масло



Серия VISCOPLEX® 1-300

депрессоры серии VISCOPLEX® 1-300 разработаны для предоставления заказчикам надежных и нестандартных решений в применениях при низких температурах. Они особенно эффективны в регулировании предела текучести в MRV TP-1 и индекса гелеобразования при сканированию по Брукфильду. Как правило, применимость серии VISCOPLEX® 1-300 шире, чем серий 1-100 и 1-200.

Серии VISCOPLEX® 1-400, 1-600 и 1-700

Депрессоры серии VISCOPLEX® 1-400, 1-600 и 1-700 являются модифицированными присадками, предназначенными для повышения эффективности моторного масла, включая требования к окисленному маслу для ILSAC PCMO GF-категории. Эти депрессоры особенно эффективны в составах PCMO и HDMO с использованием современных базовых масел и регуляторов индекса вязкости OCP с высоким содержанием этилена.

Серия VISCOPLEX® 1-800

Депрессоры серии VISCOPLEX® 1-800 состоят из депрессорных присадок с более высокой молекулярной массой, которые обеспечивают эффективность при низкой температуре и одновременно повышают индекс вязкости обработанного масла.

Серия VISCOPLEX® 10

Депрессоры серии VISCOPLEX® 10 предназначены для использования в экологически чистых смазочных материалах, обеспечивая улучшенные характеристики при застывании и стабильность во время хранения при пониженных температурах для биоразлагаемых смазочных материалов, изготовленных из различных растительных масел или других биологических компонентов. Эта серия депрессоров использует минеральное масло, растительное масло, или эфир в качестве жидкостей-носителей, присадки эффективны в применениях, начиная от масла для бензопилы до трансформаторных масел. Одним из основных преимуществ депрессоров серии 10 является их способность обеспечивать длительную текучесть смазочного материала при низкой температуре. Пример показан на рисунке 8, где используемый депрессор поддерживает текучесть смазки на основе растительного масла более пятнадцати дней, в то время как необработанный образец замерзает через 24 часа.

Примеры использования

Поскольку моторные масла уровня ILSAC и API приспособлены для низкотемпературных требований окисленных масел, то программы выбора депрессора становятся все более сложными. Следующие данные показывают низкотемпературную реакцию полностью готовых ILSAC GF-5 уровня SAE 5W-30, в которых использованы базовые масла североамериканской группы II с высоким содержанием этилена OCP VII. Испытания по MRV TP-1, точке застывания, сканированию по Брукфильду и показателям ROBO были проведены для трех вариантов состава: необработанного и с добавкой 0,4 вес.% двух разных депрессоров. Данные ниже разделены на испытания свежего масла при низких температурах (PP, MRV, SBT) и для окисленного масла (ROBO).

Сначала обратите внимание на хорошие низкотемпературные характеристики необработанного образца 5W-30 при испытаниях MRV TP-1. Без какого-либо депрессора масло не имеет предела текучести и вязкость ниже 20000 сП при -35°C. Такой результат здесь связан с высококачественным базовым маслом Группы II и влиянием компонента GF-5. Как уже говорилось ранее, химический состав пакета присадок может влиять на свойства при низких температурах и часто содержит вещества, очень похожие на активные компоненты депрессора. Балансировка этого влияния DI становится определяющей для выбора соответствующего депрессора и его дозировки.

Рис. 9: Исследование по выбору депрессора для масла ILSAC GF-5

Свежее масло		SAE 5W-30 с использованием пакета GF-5 Группа NAR II, базовые масла	
Депрессор	—	A	B
дозировка депрессора, %	без обработки	0,4	0,4
ASTM D97			
Температура застывания, °C	-18	-33	-30
ASTM D4684			
MRV TP-1, -35 °C			
Вязкость, сП	17 600	16 900	16 700
Предел текучести, Па	<35	<35	<35
MRV TP-1, -40 °C			
Вязкость, сП	134 000	60 000	59 000
Предел текучести, Па	<105	<35	<35
ASTM D5133			
Сканирование по Брукфильду			
Индекс гелеобразования	5,2, -11,2° C	5,1, -37,7° C	5,6, -37,7° C
Окисленное масло			
ASTM D7528			
ROBO			
Летучие вещества, %	47		
Увеличение вязкости, 40°C	113		
PPD	—	A	B
дозировка депрессора, %	без обработки	0,4	0,4
MRV TP-1, -30 °C			
Вязкость, сП	твердый	127 900	43 600
Предел текучести, Па	—	<105	<35

* после ROBO образец 5W-30 был подвергнут последующей обработке с депрессорами A и B

При добавлении в 5W-30 0,4 вес.% депрессора A или депрессора B низкотемпературная реакция свежего масла является одинаковой. Все испытания, MRV TP-1, точка застывания и сканирование по Брукфильду, демонстрируют, что оба депрессора обеспечивают превосходную эффективность при низких температурах. Даже при температуре -40°C в ходе MRV TP-1, обычно используемой для масел 0W-XX, эти образцы 5W-30 не имеют предела текучести и продолжают поддерживать хорошую вязкость прокачивания.

С другой стороны, после обработки масел в ROBO, депрессор A показывает эффективность, которая резко отличается от показателей депрессора B. После ROBO, масло 5W-30 с 0,4 вес.% дозировкой депрессора A имеет высокую вязкость и предел текучести при испытаниях MRV TP-1 на уровне -30°C. Однако депрессор B продолжает регулировать содержание парафина и полярных частиц, присутствующих в окисленном масле. Хотя оба депрессора обеспечивают отличные результаты для свежего масла, депрессор B явно лучше подходит для окисленного масла. Эти результаты подчеркивают важность балансировки всех необходимых низкотемпературных испытаний и того, что не следует принимать решение о выборе депрессора на основании характеристик только для свежего масла.

Эта информация и все последующие технические рекомендации основаны на наших знаниях и опыте. Тем не менее, они не подразумевают каких-либо обязательств или юридической ответственности с нашей стороны, в том числе, по отношению к существующим правам третьих лиц на объекты интеллектуальной собственности, в частности, патентным правам. В частности, не предполагается и не подразумевается никаких гарантий, явных или подразумеваемых, или гарантий свойств продукта в юридическом смысле. Мы оставляем за собой право на внесение любых изменений, связанных с техническими улучшениями или дальнейшими разработками. Заказчик не освобождается от обязанности проведения тщательной проверки и испытаний поступающей продукции. Заказчик несет исключительную ответственность за проверку характеристик описанного здесь продукта путем испытаний, которые должны проводиться только квалифицированными специалистами. Упоминание торговых марок, используемых другими компаниями, не является рекомендацией, а также не предполагает, что подобные продукты не могут быть использованы.

VISCOPLEX® является зарегистрированной торговой маркой
Evonik Oil Additives GmbH.
©02/2014 Evonik Industries AG - v2a



EVONIK
INDUSTRIES

Европа, Африка, Ближний Восток:

Evonik Industries AG
Kirschenallee
64293 Дармштадт
Германия

телефон +49 6151 1809
факс +49 6151 18 4100

oil-additives@evonik.com
evonik.com/oil-additives

Северная и Южная Америка

Evonik Oil Additives USA, Inc.
723 Electronic Drive
Horsham, PA 19044-4050
США

Телефон: +1 215 706-5800
Факс: +1 215 657-9241
Бесплатно +1 888 876-4629

Азиатско-тихоокеанский регион

Evonik Oil Additives
Asia Pacific Pte. Ltd.
3 International Business Park
07-18 Nordic European Centre
Singapore 609927
Сингапур

Телефон: +65 6809-6571
Факс +65 6809-6707

Эвоник. Создавая новое.