

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 620.193

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-3-64-67

ЗАЩИТА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ОТ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОГО СХВАТЫВАНИЯ

ПИКИНА АННА МИХАЙЛОВНА, аспирант

lapsar.anna2013@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. Современная промышленность предъявляет ряд жестких требований к эксплуатационным свойствам крепёжных соединений. Все элементы крепления, изготовленные из металла, подвержены коррозионно-механическому изнашиванию, а разборка таких соединений – трудоемкий процесс, который часто сопровождается разрушением детали. Предотвратить повреждение резьбовых соединений можно с помощью нанесения на деталь специальной резьбовой смазки. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана рецептура высокотемпературной резьбовой смазки «Удар», содержащей компоненты: дисульфид молибдена (70 мас. ч.), диоксид титана (3 мас. ч.), смесь коллоидного графита (70 мас. ч.), алюминий (пудра) (5 мас. ч.), ОМИК «ТЕЛАЗ» (10 мас. ч.), загуститель (петролатум), индустриальное масло И-40 А. Проведены исследования эффективности смазки по защите крепёжных деталей от атмосферной коррозии и коррозионного схватывания на шести образцах, представляющих пару «Болт-гайка». Результаты сравнительных лабораторных испытаний разработанного состава с зарубежными смазками показали, что разработанная резьбовая смазка способна обеспечить защиту резьбовых соединений от термоокислительного схватывания изделий до 900°C. Применение данного состава позволит значительно уменьшить трудоемкость демонтажа оборудования за счет снижения абсолютной величины крутящего момента при разборке крепёжных изделий, а также исключить термохимическое и коррозионное «схватывание» резьбовых соединений.

Ключевые слова: защитные материалы, коррозия, резьбовая смазка, крепёжные детали, термоокислительное схватывание, техническое обслуживание.

Формат цитирования: Пикина А.М. Защита резьбовых соединений от термоокислительного схватывания // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 3. С. 64-67. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-3-64-67>.

© Пикина А.М., 2022



ORIGINAL PAPER

IMPROVING THE CORROSION RESISTANCE
OF THREADED JOINTS BY USING LUBRICANTS

ANNA M. PIKINA (Eng), postgraduate student

lapsar.anna2013@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Abstract. Modern industry places a number of stringent requirements to the performance properties of fasteners. All fastening elements made of metal are subject to corrosion-mechanical wear. Their disassembling is a time-consuming process which is often accompanied by destruction of the part. Damage to threaded connections can be prevented by applying a special thread lubricant to the part. Based on theoretical and experimental research, the authors have developed a formulation of high-temperature thread compound “Udar”, which contains the following components: molybdenum disulphide (70 wt.%), titanium dioxide (3 wt.%), colloidal graphite compound (70 wt.%), aluminium (powder) (5 wt.%), OMIK “TELAZ” (10 wt.%), thickener (petrolatum), and industrial oil I-40A. The lubricant efficiency in protecting fasteners against atmospheric corrosion and corrosion setting was tested on six specimens representing a pair of “bolt-nut”. The results of comparative laboratory tests of the developed composition with foreign-made greases have shown that the developed thread lubricant is able to protect threaded joints from thermal-oxidative setting occurring at up to 900°C. Application of this composition will considerably reduce the equipment disassembling time due to reduction of the absolute value of torque when disassembling fasteners, and prevent thermochemical and corrosion “seizure” of threaded joints.

Key words: protective materials, corrosion, thread lubricant, fasteners, thermal oxidation setting, maintenance.

For citation: Pikina A.M. Improving the corrosion resistance of threaded joints by using lubricants. Agricultural Engineering (Moscow), 2022; 24(3): 64-67. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-3-64-67>.

Введение. Резьбовые соединения используются в любой отрасли промышленности практически на любом оборудовании. Машины, механизмы и инструменты работают в различных условиях, поэтому резьбовые соединения

подвергаются широкому диапазону нагрузок, перепадам температур, воздействию агрессивных факторов окружающей среды и т.д. [1-3]. Чаще всего при эксплуатации резьбовых соединений под влиянием механических нагрузок и атмосферных факторов, способствующих процессам окисления и коррозии, возникает термическое и коррозионное схватывание [4]. Демонтаж такого соединения затруднен и, как правило, сопровождается разрушением всей детали. Внешний вид таких соединений представлен на рисунке 1. Решить данную проблему можно с помощью применения специальных резьбовых смазок [5, 6].

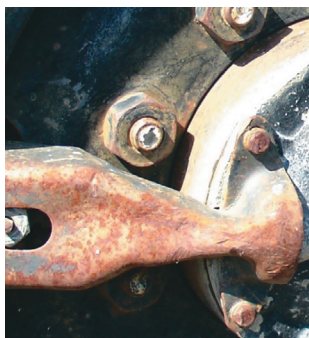


Рис. 1. Внешний вид резьбовых соединений сельскохозяйственной техники при эксплуатации и длительном хранении

Fig. 1. View of threaded joints of agricultural machinery during their operation and long-term storage

Цель исследования: повышение долговечности резьбовых соединений при эксплуатации и хранении сельскохозяйственной техники применением резьбовой смазки.

Материалы и методы. На основании теоретических и экспериментальных данных разработана рецептура защитной резьбовой смазки «Удар», содержащей следующие компоненты: дисульфид молибдена и диоксид титана, взятые в массовом соотношении 70:3; смесь коллоидного графита (70 мас. ч.), алюминий (пудра) (5 мас. ч.) и ОМИК «ТЕЛАЗ» (10 мас. ч.); загуститель (петролатум); промышленное масло И-40 А.

Технология приготовления смазки заключается в последовательном введении в подогретое до 60...70°C промышленное масло И-40А при постоянном перемешивании в указанном массовом соотношении петролатума, ОМИК «ТЕЛАЗ», дисульфид молибдена, графита, порошка алюминия и диоксида титана.

Нанесение резьбовой смазки осуществляется следующим образом. Крепежные соединения очищают от загрязнений и продуктов коррозии механическим способом (металлическими щетками, пескоструйной установкой и т.п.). При наличии консервационной смазки их промывают ацетоном или бензином. На очищенную поверхность крепежных деталей шпателем или кисточкой наносят небольшое количество резьбовой смазки, которое равномерно распределяют по резьбе, не допуская присутствия незащищенных участков. Избыток смазки, выдавленной при закручивании резьбовой пары, удаляют либо равномерно распределяют по защищаемой поверхности тонким слоем. При необходимости смазка может быть подогрета до получения требуемой вязкости. После нанесения смазки сборка и закрепление крепежных пар производится

в установленном инструкцией по эксплуатации агрегатов сельскохозяйственной техники порядке [7, 8].

Механизм защитного действия резьбовой смазки экспериментально исследован на шести образцах, представляющих пару «Болт-гайка».

Эффективность смазки по защите крепежных деталей от атмосферной коррозии и коррозионного схватывания исследована на образцах из стали 30ХГСА и на стальных резьбовых соединениях с гальваническим покрытием в соответствии с ГОСТ 9.054-80.

Резьбовую пару с нанесенным исследуемым составом собирали с помощью динамометрического ключа. Крутящий момент при сборке составлял 50 Нм. Величину крутящего момента при разборке определяли по показаниям шкалы динамометрического ключа.

Результаты и их обсуждение. Исследование влияния соотношения массы диспергированных твердых компонентов к общей массе состава показало, что при соотношении массы твердых компонентов к общей массе менее 0,8 происходит быстрая седиментация диспергированных компонентов.

Результаты сравнительных испытаний разработанного состава и зарубежных составов, предназначенных для защиты от термоокислительного схватывания, представлены на рисунке 2. Анализ данных показывает, что введение антифрикционных компонентов позволяет существенно снизить величину крутящего момента, необходимого для разборки крепежных деталей.

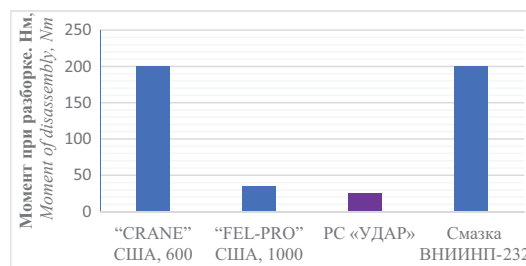


Рис. 2. Результаты сравнительных испытаний составов, предотвращающих термоокислительное схватывание

Fig. 2. Results of comparative tests of compositions preventing thermal-oxidative setting

Таким образом, разработанный состав резьбовой смазки «Удар» обеспечивает защиту от термоокислительного схватывания изделий при температуре до 900°C. Применение разработанного состава позволяет существенно снизить трудоемкость демонтажа оборудования за счет снижения необходимого для разборки крутящего момента.

Исследование механизма защитного действия резьбовой смазки «Удар» показало, что:

1. При нагревании состава, заполняющего зазор между крепежными деталями, ОМИК защищает от окисления графит и дисульфид молибдена, входящие в состав композиции. Правильность этого предположения подтверждается результатами термогравиметрического анализа состава в режиме продувки воздухом с расчетом кинетических параметров разложения ($K_{разд}$). Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Данные указывают на то, что в интервале температур 400...700°C скорость разложения состава (выгорание графита и дисульфида молибдена) в присутствии ОМИК

в несколько раз ниже, чем смеси, не содержащей ОМИК. Следовательно, в данном случае создаются условия, предотвращающие окисление графита и дисульфида молибдена.

В зазоре собранного резьбового соединения в условиях ограниченной диффузии кислорода скорость окисления этих компонентов в присутствии ОМИК является еще более низкой.

Таблица

Кинетические параметры разложения резьбовой смазки «Удар» на воздухе

Table

Kinetic parameters of the decomposition of the thread lubricant “Udar” in air

Т, °С	Состав без ОМИК / Composition without OMIK		Состав с 10 м.ч. ОМИК / Composition with 10 m.h. OMIK	
	Кинетический параметр разложения, $K_{\text{разл}}, \text{с}^{-1}$ Kinetic decomposition parameter, $K_{\text{разл}}, \text{с}^{-1}$	Время 95% конверсии, с Time of 95% conversion, s	Кинетический параметр разложения, $K_{\text{разл}}, \text{с}^{-1}$ Kinetic decomposition parameter, $K_{\text{разл}}, \text{с}^{-1}$	Время 95% конверсии, с Time of 95% conversion, s
400	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^5$
500	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^4$
550	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$0,6 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^4$
600	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$0,8 \cdot 10^4$
700	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^4$
720	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^4$
750	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^4$
800	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^3$	$5,9 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^3$

2. Введение в состав ОМИК позволяет без существенного разложения антифрикционных компонентов достичь температуры 650...700°C. В этом температурном интервале на границах зазора – области свободной диффузии кислорода – создается возможность окисления и оплавления алюминиевого порошка с увеличением объема и заполнением зазора оксидом алюминия. Это приводит к тому, что диффузия кислорода внутрь зазора еще более снижается, и тем самым создаются условия для сохранения в зазоре как графита, так и дисульфида молибдена.

Формирование «запирающего слоя» подтверждено экспериментально. На поверхность шести образцов пары «Болт-гайка М24» из стали 25Х2МФ наносили разработанный состав. Образцы подвергали термообработке на воздухе при 800°C в течение 16 час. В образцах 1, 2, 3 через каждые 4 час. термообработки для разрушения «запирающего слоя» проворачивали болт относительно гайки на 20...30° и возвращали в исходное положение. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

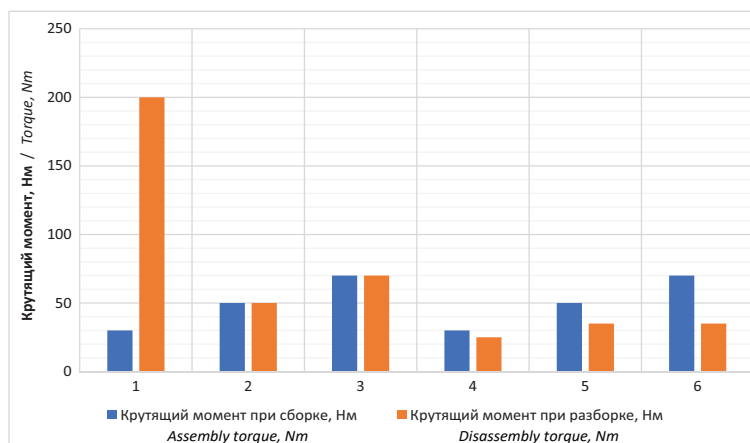


Рис. 3. Результаты эксперимента по исследованию формирования «запирающего слоя» на паре «Болт-гайка М24»

Fig. 3. Experimental results of studying the formation of a “barring layer” on a pair of bolt-nut M24

Результаты, представленные на рисунке 3, свидетельствуют о том, что на образцах, подвергнутых периодическому воздействию, моменты, необходимые для разборки, существенно выше. При разборке пар 1, 2, 3 в зазоре обнаружен порошок светло-желтого цвета, у пар 4, 5, 6 – порошок черного цвета. Это свидетельствует об образовании «запирающего слоя», разрушение которого в образцах 1, 2, 3 привело к полному выгоранию антифрикционных компонентов и термоокислительному схватыванию резьбы.

Для определения эффективности смазки при защите крепежных деталей от атмосферной коррозии и коррозионного схватывания были проведены исследования на образцах из стали 30ХГСА и на стальных резьбовых соединениях с гальваническим покрытием.

Первая группа образцов подвергалась испытаниям с нанесением резьбовой смазки «Удар», вторая – с нанесением смазки ЦИАТИМ-201, третья группа образцов – без защитных материалов.

Испытания проводились в камере соляного тумана в соответствии с ГОСТ 9.054-80.

Результаты коррозионных испытаний показали, что на пластинах из стали 30ХГСА на контрольном образце имеются значительные очаги коррозии; при нанесении ЦИАТИМ-201 присутствуют отдельные очаги коррозии; на образце с резьбовой смазкой «Удар» коррозия отсутствует. На резьбовой паре на контрольном образце имеется значительная коррозия, и проворачивание гайки с помощью ключа осуществить невозможно. На образце с ЦИАТИМ-201 присутствуют отдельные очаги коррозии, и проворачивание гайки с помощью ключа осуществляется со значительным усилием. У образца с резьбовой смазкой «Удар»

коррозия не наблюдается, и проворачивание гайки ключом осуществляется без усилия.

Таким образом, лабораторные исследования подтверждают защитные свойства резьбовой смазки «Удар» от термического, химического и коррозионного «схватывания» крепежных деталей.

Выводы

Применение разработанной резьбовой смазки «Удар» в резьбовых соединениях позволяет минимизировать абсолютную величину крутящего момента при разборке крепежных изделий, а также исключить термохимическое и коррозионное «схватывание» резьбовых соединений.

Библиографический список

1. Гайдар С.М., Быкова Е.В., Карелина М.Ю. Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностно-активными веществами, для защиты сельхозтехники // Техника и оборудование для села. 2015. № 7. С. 34-38.
2. Гайдар С.М. Применение нанотехнологий для повышения надежности машин и механизмов // Грузовик. 2010. № 10. С. 38-41.
3. Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Гайдар С.М. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии при консервации сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 23-25.
4. Петровская Е.А., Гайдар С.М., Петровский Д.И. Повышение коррозионной стойкости оборудования, работающего в агрессивных средах АПК, путем применения полифункциональных ингибиторов // Инновационные технологии и технические средства для АПК: Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов; Под общ. ред. Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, В.А. Гулевского. 2016. С. 74-77.
5. Кузнецова Е.Г., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Гайдар С.М. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии // Наука в центральной России. 2013. № 5. С. 43-47.
6. Гайдар С.М., Тарасов А.С., Лазарев В.А. Ингибитор коррозии металлов // Патент на изобретение RU2263160 C1, 27.10.2005. Заявка № 2004130182/02 от 12.10.2004 г.
7. Гайдар С.М., Низамов Р.К., Прохоренков В.Д., Кузнецова Е.Г. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии // Техника и оборудование для села. 2012. № 11. С. 40-43.
8. Консервационная консистентная смазка: патент на изобретение RU2553001 C1, 10.06.2015 / С.М. Гайдар, А.Л. Дмитриевский, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская. Заявка № 2014115955/04 от 22.04.2014 г.

Критерии авторства

Пикина А.М. выполнила теоретические исследования, на основании полученных результатов провела эксперимент и подготовила рукопись. Пикина А.М. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.03.2022

Одобрена после рецензирования 01.04.2022

Принята к публикации 04.04.2022

References

1. Gaidar S.M., Bykova E.V., Karelina M.Yu. Perspektivy ispol'zovaniya lakokrasochnykh materialov, modifitsirovannykh florsoderzhashchimi poverkhnostnoaktivnymi veshchestvami, dlya zashchity sel'khoztekhniki [Prospects for the use of paints and varnishes modified with fluorine-containing surfactants for the protection of agricultural machinery]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2015; 7: 34-38. (In Rus.)
2. Gaidar S.M. Primenenie nanotekhnologiy dlya povysheniya nadezhnosti mashin i mekhanizmov [Application of nanotechnologies to improve the reliability of machines and mechanisms]. *Gruzovik*, 2010; 10: 38-41. (In Rus.)
3. Kuznetsova E.G., Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Petrashev A.I., Gaidar S.M. Zashchitnaya effektivnost' vodorastvorimyykh ingibitorov korrozii pri konservatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Protective efficiency of water-soluble corrosion inhibitors used for the stand-by stowage of farm machinery]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 2012; 6: 23-25. (In Rus.)
4. Petrovskaya E.A., Gaidar S.M., Petrovsky D.I. Povyshenie korroziionnoy stoykosti oborudovaniya, rabotayushchego v agresivnykh sredakh APK putem primeneniya polifunktsional'nykh ingibitorov [Improving the corrosion resistance of equipment operating in aggressive agricultural environments by using polyfunctional inhibitors]. In: *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva dlya APK. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*. Ed. by N.I. Bukhtoyarov, N.M. Derkanosov, V.A. Gulevskiy, 2016: 74-77. (In Rus.)
5. Kuznetsova E.G., Knyazeva L.G., Prokhorenkov V.D., Gaidar S.M. Konservatsionnye sostavy na osnove vodorastvorimyykh ingibitorov korrozii [Preservative compositions based on water-soluble corrosion inhibitors]. *Nauka v tsentral'noy Rossii*, 2013; 5: 43-47. (In Rus.)
6. Gaidar S.M., Tarasov A.S., Lazarev V.A. Ingibitor korrozii metall-ov [Metal corrosion inhibitor]: Patent for invention RU2263160 C1, 27.10.2005. Application No. 2004130182/02 dated October 12, 2004. (In Rus.)
7. Gaidar S.M., Nizamov R.K., Prokhorenkov V.D., Kuznetsova E.G. Innovatsionnye konservatsionnye sostavy dlya zashchity sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ot korrozii [Innovative preservative compositions for the protection of agricultural machinery from corrosion]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2012; 11: 40-43. (In Rus.)
8. Gaidar S.M., Dmitrievskiy A.L., Petrovskiy D.I., Petrovskaya E.A. Konservatsionnaya konsistentnaya smazka [Preservative grease]: patent for invention RU2553001 C1, 10.06.2015. Application No. 2014115955/04 dated April 22, 2014. (In Rus.)

Contribution

A.M. Pikina performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. A.M. Pikina has author's rights and bears responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 15.03.2022

Approved after reviewing 01.04.2022

Accepted for publication 04.04.2022