

УДК 629.4.083

Федірко П.П.¹

к.т.н., доцент

E-mail: rmeo.pdatu@gmail.com**Кроль В.О.¹**

старший викладач

E-mail: rabbit50@gmail.com**Бончик В.С.¹**

к.т.н., доцент

E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net¹кафедра ремонту машин та енергообладнання,

Інженерно-технічний факультет

Подільський державний аграрно-технічний університет

Кам'янець-Подільський, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІКСАЦІЇ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ АНАЕРОБНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Анотація

У статті наводяться результати дослідження впливу анаеробних матеріалів на міцність різьбових з'єднань при ремонті машин і устаткування. На відміну від механічних способів фіксації і відновлення, анаеробні матеріали повністю заповнюють простір між витками різьби. Завдяки цьому значно підвищується тертя між деталями з'єднання, покращується захист металу спряження від корозії, збільшується крутний момент при відкручуванні по відношенню до моменту затягування, підвищується стійкість з'єднання до дії вібрації, струсу, ударних навантажень.

Для проведення дослідження були придбані анаеробні фіксатори різьби, які випробовувалися за єдиною методикою і після 24-годинної витримки при кімнатній температурі кожне з'єднання по черзі затискалось в лецатах так, щоб головка тарованого динамометричного ключа захоплювала тільки верхню гайку, яку і треба було відкрутити. На швидкість затвердіння анаеробних адгезивів впливають величини зазорів між сполучуваними поверхнями, температура, якість очищення, характер покриття і т.д.

Встановлено, що присутність в зоні контакту деталей полімеризованих анаеробних матеріалів істотно збільшує міцність з'єднань. Проведені дослідження дозволили перевірити на практиці відповідність випробуваних анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань заявленим параметрам, окреслити сферу їх застосування.

Отже, анаеробні клеї для фіксації різьбових з'єднань дозволяють фіксувати гвинти, гайки, болти і штифти для захисту від ослаблення і розкручування внаслідок вібрації.

Ключові слова: анаеробні матеріали; нарізні з'єднання; адгезія; ремонт; відновлення; фіксація; зазор.

Вступ. Велика кількість різьбових з'єднань у сільськогосподарській техніці не дозволяє в повному обсязі проконтролювати їх технічний стан. Так, у сучасних зернозбиральних комбайнах число різьбових з'єднань сягає понад 5000 одиниць. Біля 25–30% з них є недоступними для перевірки їх моменту загвинчування та регулювання. Згідно з нормами складально-розбиральних робіт час, необхідний для проведення регулювання моменту загвинчування різьбового з'єднання, складає 50 % часу загвинчування. Враховуючи кількість різьбових з'єднань кожного типорозміру, загальний час регулювання усіх з'єднань для зернозбирального комбайна (при середній довжині різьби 30 мм) становитиме 2266,1 хв., або 37,76 год. Такі витрати часу під час збирання врожаю — не припустимі [1].

Основними факторами, що впливають на працездатність різбових з'єднань при дії вібрацій є ослаблення зусилля затягування, самовідгвинчування, пошкодження різі та утворення втомних тріщин. Виникнення дефектів пов'язано зі змінами температурного режиму, осьового навантаження на болт, деформацією прокладок, фретинг-корозією.

Забезпечення характеристик якості різбових з'єднань у даний час здійснюється в більшості випадків за допомогою конструкторських методів. Це застосування пружинних і сферичних шайб, збільшення відношення довжини болта до діаметра, використання фланцевих болтів і гайок разом із загартованими шайбами, які знижують тиск на поверхню і тим самим виключають можливість просідання на опорні поверхні. Щоб знизити і виключити самовідгвинчування, використовують пружинні шайби Гровера, корончаті гайки, дротові фіксатори, самостопорні гайки з поліамідними вставками.

Часто конструктивними методами вирішити задачу підвищення якості з'єднань неможливо. У той же час існують ефективні технологічні методи забезпечення експлуатаційних властивостей з'єднань, серед яких найбільш перспективним, простим і економічним способом, є введення в зону контакту деталей анаеробних матеріалів фірм Abbro, Chester Molecular, Holdtite, Loctite, Permabond та ін. Використання цих складів дає змогу якісно виконувати кріпильні роботи з найменшими затратами робочого часу та коштів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Анаеробні матеріали (АМ) являють собою рідкі склади різної в'язкості, здатні тривалий час залишатися в початковому стані без зміни властивостей і швидко тверднути у вузьких зазорах між поверхнями без контакту з киснем повітря, утворюючи при цьому міцний полімерний шар [2, 3]. Основою анаеробних складів є полімеризаційні з'єднання акрилового ряду, найчастіше діметакрілові ефіри поліалкіленгліколю, для яких характерна висока швидкість перетворення в просторово зшиті полімери. До складу АМ входять інгібуючі і ініціюючі системи, що забезпечують тривале зберігання анаеробних матеріалів і швидке затвердіння в виробі, а також згущувачі, модифікатори, барвники та інші добавки.

Анаеробні матеріали в рідкому стані після складання заповнюють порожнечі зони контакту, де полімеризуються без доступу кисню повітря протягом 1...20 год. Міцність на зсув у полімеризованому стані $t_{zc} = 10...30$ МПа. Проведені експериментальні дослідження впливу складів на міцність з'єднань з натягом дозволили отримати модель впливу натягу N і шорсткості Ra на зусилля T_e^{am} початкового зсуву при розпресуванні з'єднань у вигляді [3]:

$$T_e^{am} = (4,06 + 0,17N - 0,61R_a - 0,03NR_a + 0,28R_a^2) \cdot 10^4, \text{ Н.}$$

На рисунку 1 представлені результати експериментальних досліджень впливу анаеробних композицій на міцність з'єднання з натягом. З графіка видно, що зусилля початкового зсуву має найбільше значення при шорсткості $Ra=0,8$ мкм. Аналіз отриманих результатів показує, що застосування АМ дозволяє підвищити міцність з'єднання з натягом у 2-5 разів (у залежності від рівня натягу і шорсткості поверхні). Особливо ефективно використання АМ в малонавантажених з'єднаннях. Причому, якщо при складанні без АМ найбільша міцність досягається при $Ra = 0,8$ мкм, то при складанні з АМ - при $Ra = 4,8$ мкм [4]. Таким чином, можна спростити процес обробки поверхонь деталей.

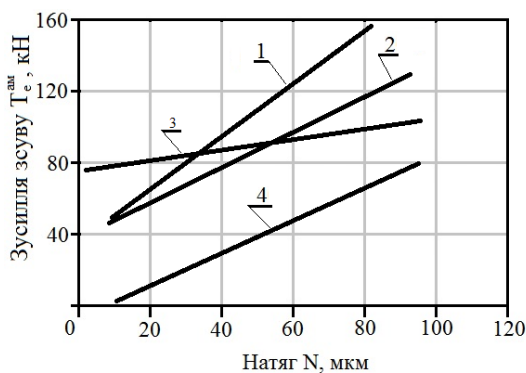


Рис. 1. Криві експериментальних досліджень: 1, 2, 3 - відповідно шорсткість Ra , рівна 0,8; 2,8; 4,8 мкМ; 4 - з'єднання, зібране без анаеробних матеріалів

Механізм стопоріння нарізного сполучення за допомогою АМ можна представити таким чином (рис. 2) [1].

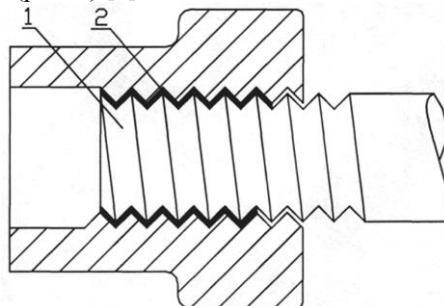


Рис. 2. Механізм стопоріння нарізного з'єднання за допомогою анаеробних матеріалів

При закручуванні нарізного елемента 1 з попередньо нанесеним на нього рідким герметиком 2 відбувається видалення повітря з простору утвореного різьбовими поверхнями та заповнення його АМ, який тверднучи, утворює плівку певної механічної міцності. Плівка створює значний момент опору, в результаті чого нарізні сполучення стають стійкими до вібрацій та ударних навантажень [5].

Мета. Підвищення ефективності технічного сервісу машин і устаткування в агропромисловому комплексі за рахунок використання анаеробних матеріалів для забезпечення характеристик якості різьбових з'єднань при ремонті машин і устаткування.

Методологія дослідження. Для випробування анаеробних фіксаторів були підготовлені однотипні кріпильні елементи з різьбленням $M10 \times 1,5$. Для кожного з'єднання, що перевірялося, брали болт з гайкою (рис.3), і після попереднього очищення та знежирювання обробляли різьбову частину болта фіксатором, після чого накручували на неї другу гайку з невеликим фіксованим моментом затяжки ($0,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$). Мала величина моменту затягування обрана для того, щоб вона не чинила впливу на підсумкове вимірювання, метою якого є визначення моменту відкручування на незатягнутому різьбовому з'єднанні. Іншими словами, ми перевіряли виключно дію фіксаторів. Кожне з різьбових з'єднань було промарковане згідно з умовним номером фіксатора, яким воно оброблялося.



Рис. 3. Зразок різьбового з'єднання, підготовлений до випробувань

Для проведення дослідження були придбані анаеробні фіксатори різьби, доступні на вітчизняному ринку. Всі вибрані препарати випробовувалися за єдиною методикою. Після 24-годинної витримки при кімнатній температурі кожне з'єднання по черзі затискалось в лещатах так, щоб головка тарованого динамометричного ключа захоплювала тільки верхню гайку, яку і треба було відкрутити. Початковий момент, встановлений на ключі, дорівнює 5 Н·м, що менше ніж 10% від максимального моменту затягування такого кріплення (на з'єднаннях М10 в автотракторній техніці момент доходить до 80 Н·м [6]. Якщо з'єднання витримувало задане зусилля, момент послідовно збільшували з кроком 5 Н·м. Чим вищий момент, при якому різьбове з'єднання починало розкручуватися, тим вища фіксує здатність досліджуваного фіксатора.

Результати. З одинадцяти випробуваних препаратів тільки чотири змогли витримати початковий момент 5 Н·м і два подолали межу у 20 Н·м.

Таблиця 1. Випробування анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань

№ препарату	Назва препарату	Прикладений момент, Н·м					
		5	10	15	20	25	30
1.	Abrolok Threadlok TL-342-R. Видаляємий фіксатор різьбових з'єднань середньої міцності синій, США	-					
2.	Abrolok Threadlok TL-371-R. Видаляємий фіксатор різьбових з'єднань, США	+	-				
3.	DoneDeal DD6670. Анаеробний фіксатор різьби роз'ємний, США	+	-				
4.	DoneDeal DD6673. Анаеробний фіксатор різьби роз'ємний, США	-					
5.	DoneDeal DD6684. Анаеробний фіксатор різьби високоміцний, США	-					
6.	IMG MG-414 High Strength. Фіксатор різьбових з'єднань надміцний червоний, США	+	+	+	+	+	-
7.	IMG MG-415 Medium Strength. Фіксатор різьбових з'єднань середньої міцності синій, США	-					
8.	Permatex 24024. Low Strength Threadlocker Purple, США	-					
9.	Permatex 24026. High Temp Threadlocker Red, США	+	+	+	+	-	
10.	Permatex 24200. Medium Strength Threadlocker Blue, США	-					
11.	Permatex 27100. High Strength Threadlocker Red, США	-					

Висновки і перспективи. Проведені дослідження дозволили перевірити на практиці відповідність випробуваних анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань заявленим параметрам, окреслити сферу їх застосування.

Встановлено, що анаеробні клеї для фіксації різьбових з'єднань дозволяють

фіксувати гвинти, гайки, болти і штифти для захисту від ослаблення і розкручування внаслідок вібрації. Використання досліджуваних складів дозволяє запобігати «зварювання» гайки і болта за рахунок іржі. Запропоновані клеї різної міцності: низької міцності - для великих деталей, при потребі подальшого демонтажу; середньої і високої міцності - для довгострокових фіксаторів і запірних пристроїв, призначених для запобігання крадіжок і вандалізму. Вказані препарати економічно більш вигідні, ніж механічні фіксатори: змащуючи різьблення, вони полегшують складання, дозволяють збільшити допуск на механічну обробку, забезпечують герметизацію, усувають протікання. Болти і гайки перестають розкручуватися в процесі роботи внаслідок вібрації.

Отримані результати відносяться до конкретної вибірки фіксаторів різьби й не можуть служити характеристикою всієї продукції фірми в цілому.

Список використаних джерел

1. Михайлович Я. М., Рубець А.М. Обслуговування нарізних з'єднань зернозбиральних комбайнів. *Пропозиція*. 2006. № 9. С. 106–107.
2. Воячек И. И. Применение анаэробных материалов при сборке неподвижных соединений типа вал-втулка. *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2003. № 9. С. 33-37.
3. Фофлин Ю. А. Ускоренный ремонт деталей и узлов с использованием новых композиционных материалов. *Машиностроитель*. 1997. № 2. С. 14–16.
4. Воячек И. И. Управление качеством неподвижных соединений деталей. *Машиностроитель*. 1997. № 5. С. 17–18.
5. Бойко Н. И., Зиновьев В. Е. Ресурсосберегающая технология ремонта транспортных средств анаэробными материалами и металлополимерными композициями. Ростов н/Д: РГУПС, 2000. 164 с.
6. Calculation of force and tightening torque of threaded joints assembled using anaerobic material G. V. Malysheva, O. A. Ryakhovskii *Polymer Science. Series D*, 2014. Vol. 7 , No 4. С. 306–309.

Дата надходження статті до редакції: 16.09.2018

Рецензування: 04.10.2018 Прийняття в друк: 24.11.2018

Fedirko P.P.¹

Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department

E-mail: rmeo.pdatu@gmail.com

Krol V.O.¹

Senior Lecturer

E-mail: rabbit50@gmail.com

Bonchuk V.S.¹

PhD (Engineering), Associate Professor

E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net

¹Department of repair of machinery and energy equipment, Engineering Faculty, State Agrarian and Engineering University in Podilya, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

STUDY OF THE FIXING PROCESS OF THREADED CONNECTIONS BY ANAEROBIC MATERIALS

Abstract

The article presents the study results of the anaerobic materials effect on the strength of threaded connections in the repair of machinery and equipment. Their use is the simplest, most economical and reliable

method of fixing and restoring threaded connections. The basis of the anaerobic compositions is polymerization compounds of the acrylic series, most often dimethacrylic and polyalkylene glycol ethers, which are characterized by a high conversion rate into spatially cross-linked polymers.

Unlike mechanical methods of fixation and recovery, anaerobic materials completely fill the space between the threads of the spiral. This significantly increases the friction between the parts of the connection, improves the protection of the metal of the interface against corrosion, increases the torque when unscrewing in relation to the tightening torque, increases the resistance of the connection to the action of vibration, shock, shock loads. For the research, anaerobic thread locks were purchased, which were tested according to the same procedure and, after 24 hours at room temperature, each connection was clamped in a vice in turn so that the head of the torque wrench captures only the top nut, which had to be unscrewed. The rate of hardening of anaerobic adhesives is influenced by the size of the gaps between the combined surfaces, temperature, cleaning quality, the nature of the coating, etc.

It has been established that the presence of polymerized anaerobic materials in the contact zone of parts significantly increases the strength of the joints. The conducted studies allowed to verify in practice the conformity of the tested anaerobic clamps of threaded connections to the stated parameters, to delineate the scope of their application.

So, anaerobic adhesives for fixing threaded connections allow you to fix screws, nuts, bolts and pins to protect against loosening and loosening due to vibration.

Keywords: anaerobic materials; threaded connections; adhesion; repair; recovery; fixation; gap.

References

1. Mykhailovych, Ya. M. & Rubets A. M. (2006) Obsluhovuvannia nariznykh ziednan zernozbyralnykh kombainiv [Service of threaded connections of combine harvesters]. *Propozytsiia [Proposition]*, 9, 106–107. [In Ukrainian].
2. Voyachek, I. I. (2003). Primenenie anaerobnykh materialov pri sborkе nepodvizhnykh soedineniy tipa val-vtulka [The use of anaerobic materials in the assembly of fixed joints of the shaft-sleeve type]. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii [Assembly in mechanical engineering, instrument making]*, 9, 33-37. [In Russian].
3. Foflin, Yu. A. (1997). Uskorennyy remont detaley i uzlov s ispolzovaniem novykh kompozitsionnykh materialov [Accelerated repair of parts and assemblies using new composite materials]. *Mashinostroitel [Machine builder]*, 2, 14–16. [In Russian].
4. Voyachek, I. I. (1997). Upravlenie kachestvom nepodvizhnykh soedineniy detaley [Quality management of fixed joints of parts]. *Mashinostroitel [Machine builder]*, 5, 17–18. [In Russian].
5. Boyko, N. I. & Zinovev, V. E. (2000). *Resursosberegayuschaya tehnologiya remonta transportnykh sredstv anaerobnyimi materialami i metallopolimernymi kompozitsiyami. [Resource-saving technology of vehicle repairs by anaerobic materials and metal-polymer compositions]*. Rostov on Don: RGUPS. [In Russian].
6. Malysheva, G. V. & Ryakhovskii, O. A. (2014). Calculation of force and tightening torque of threaded joints assembled using anaerobic material. *Polymer Science. Series D.* 7(4), 306 – 309.

Received: September 16, 2018

Revision: October 10, 2018 Accepted: November 24, 2018