

*Прудников М.И., к.т.н., руководитель отдела разработки проектов
ЗАО «АТФ»*

*Гук В.О., к.т.н., технический директор
ООО «ТК Болт.Ру»*

*Сотсков Н.И., к.т.н., зав. лабораторией исследования коррозии стали и защиты крепежа
ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»*

*Горицкий В.М., д.т.н., зав. отделом экспертизы металлов
ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»*

КАК РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ ЗАЕДАНИЯ НЕРЖАВЕЮЩЕГО КРЕПЕЖА

Одним из эффективных способов обеспечения высокой стойкости стали против коррозии является легирование её хромом и никелем. Стали с повышенным содержанием этих элементов относят к группе коррозионно-стойких или нержавеющей. В настоящее время широкое распространение получил крепёж из аустенитной нержавеющей стали А2 и аустенитной нержавеющей кислотостойкой стали А4, отечественными аналогами которых являются стали 08Х18Н10 и 10Х17Н13М2 соответственно. Кроме коррозионной стойкости крепёж из них отличается достаточно высокой механической прочностью, нетоксичностью, маломанитностью и эстетичным внешним видом. Во многих случаях нержавеющие крепёжные изделия незаменимы в оборудовании пищевой, фармацевтической, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности, в приборостроении, электроэнергетике и транспортном машиностроении.

ПРОБЛЕМА ЗАЕДАНИЯ ПРИ СБОРКЕ И ЕЁ ПРИЧИНЫ

Особенность аустенитных нержавеющей сталей в том, что на поверхностях деталей из них не образуется достаточно плотных оксидных плёнок, уменьшающих силы адгезии и препятствующих чистому металлическому контакту. Высокая вязкость, низкие предел текучести и антифрикционные свойства коррозионно-стойких сталей в комплексе приводят к тому, что образование задиоров на витках резьбы может произойти уже при сравнительно невысоких нагрузках. Экспериментально установлено, что критическая нагрузка, при которой происходит заедание, для нержавеющей сталей в несколько раз ниже, чем для обычных конструкционных.

Практика эксплуатации нержавеющей крепежа показала, что зачастую в процессе затяжки резьбового соединения происходит заедание с последующей пластической деформацией витков резьбы. После этого при попытке открутить гайку происходит её полное

заклинивание на повреждённом участке. Разобрать такое соединение с помощью гаечного ключа уже невозможно. Ситуация усугубляется тем, что аустенитная нержавеющая сталь плохо поддаётся механической и газовой резке. Процесс демонтажа такого соединения путём распиливания исключительно трудоёмок.

Во многих случаях произвести качественную затяжку резьбового соединения не представляется возможным, поскольку при увеличении момента затяжки, начиная с некоторой величины, не происходит пропорционального роста растягивающего усилия. Приложенное усилие полностью расходуется на преодоление возрастающей силы трения, что в конечном итоге приводит к лавинообразному развитию процесса схватывания и повреждению резьбовых поверхностей с последующим заеданием.

МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАЕДАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВЕННОЙ ЗАТЯЖКИ

Для предотвращения повреждения нержавеющей крепежа при монтаже эффективно применение специальных резьбовых составов на основе твёрдых смазок в виде паст и антифрикционных покрытий. Твёрдые смазки присутствуют в них в виде композиций, как правило, содержащих высокодисперсные порошки графита, дисульфида молибдена и специальных наполнителей в оптимально подобранной концентрации. Обеспечение синергетического взаимодействия нескольких твёрдых смазок позволяет добиться высоких эксплуатационных свойств композиции при наименьшей её себестоимости.

Резьбовые пасты наносятся на поверхность резьбы болта и торцевую поверхность гайки с помощью кисти (рис. 1) или путём распыления из аэрозольного баллона.

Резьбовые пасты за счёт высокого содержания твёрдых смазок (до 60 %) образуют эффективный

разделительный слой между контактирующими металлическими поверхностями. Высокодисперсные частицы твёрдых веществ заполняют впадины микронеровностей поверхности, увеличивая её опорную площадь и несущую способность. Такой слой способен выдерживать значительные нагрузки, не нарушая своей сплошности и защищая детали крепежа от непосредственного контакта и схватывания.



Рис. 1. Применение резьбовой пасты Molykote P-74

Дисульфид молибдена и графит благодаря ярко выраженной слоистой структуре обладают уникальными антифрикционными свойствами в широком диапазоне нагрузок и температур. Применение паст позволяет снизить и стабилизировать трение при свинчивании резьбового соединения и обеспечить его качественную затяжку.

Кроме того, твёрдые смазки отличаются химической инертностью, термической и окислительной стабильностью. Они остаются эффективными после продолжительного простоя узла и позволяют при необходимости без повреждений разобрать резьбовое соединение с использованием стандартного инструмента.

Смазочные материалы Molykote производятся корпорацией Dow Corning. Композиции материалов Molykote отличаются высокой эффективностью благодаря использованию при их разработке оптимальных формул состава и синергетических эффектов, выявленных в результате исследований в собственных лабораториях.

Основные свойства некоторых резьбовых паст Molykote, которые могут применяться для нержавеющей крепежа, приведены в таблице 1.

Резьбовая паста Molykote 1000 на основе минерального масла и высокодисперсного медно-графитового порошка широко применяется в оборудовании различных отраслей промышленности. Один из примеров её использования — сборка резьбовых соединений из нержавеющей стали центробежных сепараторов в пищевой промышленности. Molykote 1000 обеспечивает затяжку соединения без повреждения с очень высоким и заданным моментом. Стабильный

Таблица 1. Свойства резьбовых паст Molykote

Наименование показателя / Наименование пасты	Molykote 1000	Molykote D Paste	Molykote P-37	Molykote P-74	Molykote P-1900
Цвет	Коричневый	Беловатый	Серо-чёрный	Серо-чёрный	Белый
Базовое масло	Минеральное	Минеральное	Полусинтетическое	Синтетическое	Минеральное
Твёрдые смазочные материалы	Графит, медь	Белые твёрдые смазки	Графит, специальные	Графит, специальные	Белые твёрдые смазки
Верхний предел рабочих температур, °С	+650	+250	+1400	+1500	+300
Несущая способность (нагрузка сваривания по DIN 51350 pt. 4), Н	4800	2600	4400	4800	3200
Особые свойства	Высокая несущая способность	Чистый светлый продукт	Высокая термостойкость	Высокая термостойкость	Пищевой допуск NSF H1

коэффициент трения позволяет точно контролировать усилие натяжения болтов. Благодаря устойчивости к вымыванию и агрессивному воздействию окружающей среды Molykote 1000 также с успехом применяется при монтаже фланцевых соединений трубопроводов различного назначения. Применение пасты позволяет обеспечить равномерную затяжку всех болтов соединения и предотвратить потерю герметичности из-за деформации стыка.

Резьбовая паста Molykote P-37 на основе полусинтетического масла, высокодисперсных порошков графита и специальных термостойких смазок благодаря особой чистоте компонентов совместима с жаростойкими сталями. Molykote P-37 является хорошим решением для высокотемпературных резьбовых соединений, поскольку её использование снижает риск межкристаллитной коррозии. Molykote P-37 широко применяется для резьбовых соединений шибберных затворов в металлургии, паровых и газовых турбин в энергетике, бурильных труб и геофизического оборудования в нефтегазовой отрасли, насосов в химической промышленности.

Резьбовая паста Molykote P-1900 изготовлена на основе минерального масла и белых твёрдых смазок, не имеет запаха и вкуса, не содержит токсичных веществ. Её ингредиенты соответствуют списку одо-

бранных для применения в пищевой промышленности 21 CFR 178.3750. Molykote P-1900 имеет пищевой допуск NSF H1 и может применяться на тех участках пищевых производств, где возможен её случайный контакт с продуктами питания.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАТЯЖКИ НЕРЖАВЕЮЩЕГО КРЕПЕЖА

В ЦНИИПСК им. Мельникова были проведены экспериментальные исследования резьбовых паст Molykote на болткомплектах M16x80 из нержавеющей аустенитной стали A2-70 (08X18N10), поставляемых ООО «ТК Болт.Ру». С применением прибора УТБ-40 и динамометрических инструментов определялись предельные моменты закручивания ($M_{кр}$) при заданных усилиях натяжения, при которых происходит заедание резьбы, и коэффициенты закручивания (K_3).

Эффективность применения резьбовых паст Molykote на крепёжных изделиях из A2-70 оценивалась предельной величиной отношения нормальных напряжений в теле болта σ к пределу его прочности σ_B , при которой возможен демонтаж гайки после её закручивания. Для каждого заданного усилия натяжения N или нормального напряжения σ , фиксировался крутящий момент $M_{кр}$, приложенный к гайке (рис. 2).

Коэффициент закручивания, являющийся обязательным показателем для работы монтажников на площадке, рассчитывался по формуле $K_3 = M_{кр}/N \cdot d$, где d — наружный диаметр резьбы болта.

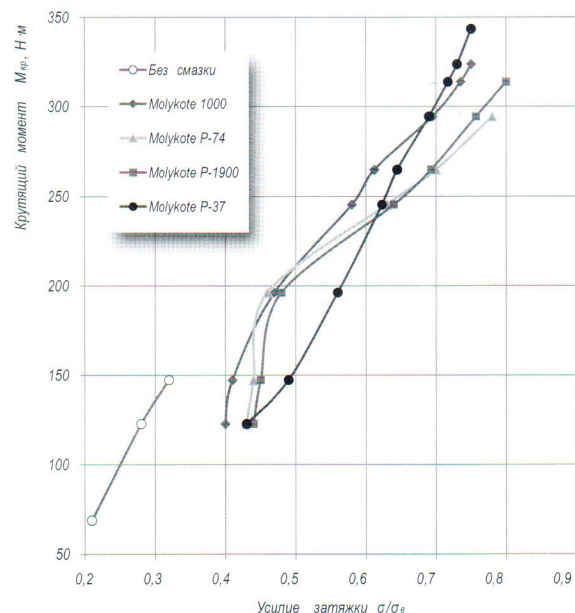


Рис. 2. Графики зависимостей крутящего момента $M_{кр}$ (Н·м) от усилия затяжки σ/σ_B резьбового соединения M16x80 из нержавеющей стали A2-70 «всухую» и с резьбовыми пастами Molykote

Читайте ранее
вышедшие номера
журнала, сохранив их
в формате PDF, или
в режиме online на
сайте www.fastinfo.ru

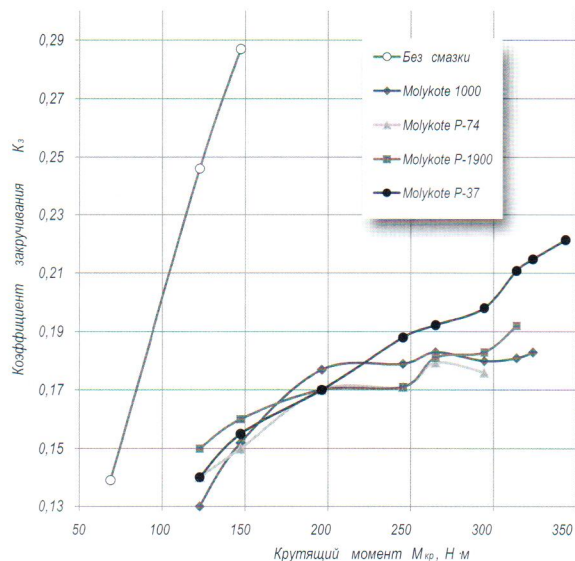


Рис. 3. Графики зависимостей коэффициента закручивания K_z болтокомплектов M16x80 из нержавеющей стали A2-70 при их затяжке «всухую» и с выбранными пастами Molykote

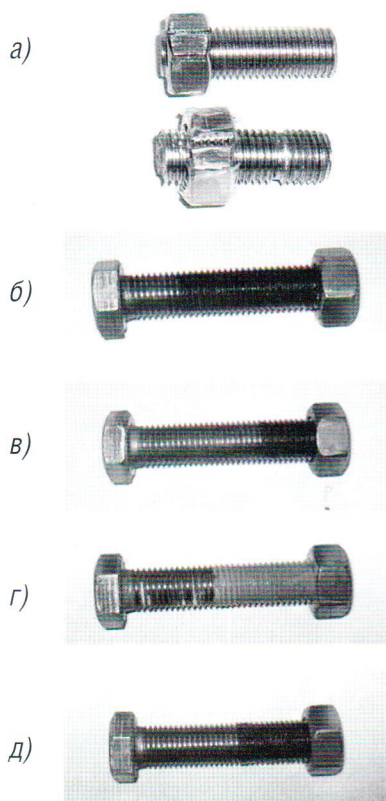


Рис. 4. Болтокомплекты после испытаний:
 а) — без смазки (произошло заедание резьбы и пластическая деформация витков);
 б) — с резьбовой пастой Molykote 1000;
 в) — с резьбовой пастой Molykote P-74;
 г) — с резьбовой пастой Molykote P-1900;
 д) — с резьбовой пастой Molykote P-37

В соответствии с графиками на рис. 2 заедание резьбы без смазки произошло уже при усилии затяжки $\sigma/\sigma_B = 0,32$, в то время как при использовании резьбовых паст заедания не происходило вплоть до нагрузок $\sigma/\sigma_B = 0,7...0,8$. Смазочный материал эффективно защищал резьбовое соединение от схватывания в процессе затяжки вплоть до нагрузок, сравнимых с прочностью материала болта.

Применение паст также позволило снизить и стабилизировать трение в резьбовом соединении. На рис. 3 представлены графики распределения коэффициента закручивания K_z исследуемых болтокомплектов при их затяжке «всухую» и с выбранными для испытаний пастами Molykote.

Из графиков на рис. 3 видно, что применение резьбовых паст позволило снизить коэффициент закручивания с $K_z = 0,26–0,29$ до $K_z = 0,18–0,22$. Кроме того, пасты позволяют поддерживать значение коэффициента закручивания стабильным в широком диапазоне нагрузок.

На рис. 4 приведены фотографии резьбовых соединений после испытаний. Резьбовое соединение без смазки в процессе затяжки было необратимо повреждено при заедании и пришло в негодность. На резьбовых поверхностях болтов, смазанных резьбовыми пастами Molykote, видимые повреждения отсутствуют. Они сохранили свою работоспособность и возможность сборки и разборки. Пасты покрывают рабочие поверхности равномерным тонким слоем и надёжно удерживаются на них.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторами статьи опробована технология подготовки и эксплуатации резьбовых соединений из нержавеющей стали, предохраняющая резьбу от схватывания и задиров при затяжке и демонтаже. Технология заключается в нанесении резьбовых паст Molykote на очищенные контактные поверхности крепёжных изделий перед сборкой. Эти пасты способны создавать устойчивый разделительный слой с высокой несущей способностью.

Экспериментальные исследования и практика эксплуатации показали их высокую эффективность для предотвращения заедания нержавеющей крепежа, снижения и стабилизации коэффициента закручивания до $K_z = 0,18–0,22$ и обеспечения качественной затяжки. Составы Molykote поставляются готовыми к применению в упаковках массой от 100 г до 180 кг. Предлагаемая технология экономична, поскольку позволяет избежать затрат на демонтаж крепежа путём резки, свести к минимуму число отказов, снизить трудоёмкость и затраты на обслуживание в целом.