

Рабер Л. М. /к. т. н./, Червинский А. Е.
НМетАУ

Совершенствование методов контролируемого натяжения высокопрочных болтов

Показана целесообразность совершенствования существующих методов контролируемого натяжения высокопрочных болтов. Одним из перспективных направлений в решении этой проблемы является использование разработанного авторами способа, не зависящего от применяемого механизированного или ручного инструмента. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: высокопрочные болты, натяжение, испытания, угол поворота гайки

Reasonability of high-strength bolts control-stretch existing methods improvement is shown. One of this problem solving promising directions is using of the method developed by authors, which does not depend on applied power hand or hand-held tools.

Keywords: high-strength bolts, stretch, testing, nut rotation angle

Состояние вопроса

На металлургических предприятиях высокопрочные болты, как правило, используют для устройства фрикционных соединений, в которых действующие усилия в элементах стыка или прикрепления полностью передаются силами трения по соприкасающимся поверхностям соединяемых элементов под действием контролируемого натяжения высокопрочных болтов. Очевидно, что для обеспечения требуемой несущей способности соединения болты должны иметь предусмотренное проектом усилие натяжения. При этом затяжку можно обеспечить различными способами. Первоначально широкое распространение получила полумеханизированная технология с регулированием усилий по величине момента закручивания. При этом болты сначала затягивают до $80\div 90\%$ от расчетного момента закручивания с помощью механизированного инструмента, а затем окончательную подтяжку осуществляют ручными динамометрическими или предельными ключами. Эта технология отличается высокой трудоемкостью и использованием тяжелого ручного труда.

На современном этапе к числу наиболее эффективных методов относятся полностью механизированные технологии, осуществляемые гайковертами часто- или редкоударного действия. Затяжку болтов часто- или редкоударными гайковертами производят путем регулирования усилий по углу поворота гайки.

Известны различные подходы к назначению величины угла поворота гайки, при которых болты работают в упругой или в упругопластической стадии. Первый подход [1] состоит в назначении угла в зависимости от толщины паке-

та деталей, сжимаемых болтами. При большом количестве типоразмеров пакетов деталей с использованием болтов различных диаметров и длин такой метод оказывается малоэффективным и нетехнологичным.

Практический опыт свидетельствует, что более технологичным и эффективным является второй подход [2], т. е. метод, при котором болты затягивают до перевода их в упругопластическую область. Согласно этому методу, независимо от диаметра болта и толщины пакета, гайку поворачивают на $180^\circ (\pm 30^\circ)$ от условного начального положения, соответствующего ликвидации неплотностей между деталями сжимаемого болтом пакета. При этом усилия натяжения болтов оказываются близкими к разрывным, определяемым временным сопротивлением материала при растяжении. Недостатком метода является отсутствие в нем четких критериев, с помощью которых можно было бы оценить запас прочности болтов при их натяжении и эксплуатации конструкций в зависимости от толщины пакета, диаметра и прочности болтов. На это обстоятельство обращено внимание специалистов различных стран. Существенным шагом в создании нормативной базы, на основании которой могут совершенствоваться технологии выполнения сборочных и монтажных работ с регулированием усилий в болтах по углу поворота гайки, является выход в 2005 г. европейского стандарта [3], в котором, наряду с другими видами испытаний, предусмотрено испытание болтов на установление предельного угла поворота гайки. Этим стандартом регламентированы лабораторные испытания, которые не связаны с технологией производства сборочных и монтаж-

ных работ и конструктивными особенностями соединений. Как известно, при монтаже различных металлоконструкций (рудно-грейферные краны, наклонные мосты доменных печей, бункерные и поездные эстакады, мостовые краны, промышленные здания, мосты и т. д.) широко применяются высокопрочные болты. Количество болтов колеблется обычно от 20 до 500 тыс. В зависимости от конструктивных особенностей используют 3-8 типоразмеров болтов по диаметрам и длинам. При таком многообразии типоразмеров невозможен индивидуальный подход к затяжке каждой группы болтов.

Перспективное направление

В результате проведенных исследований авторами разработан новый способ контролируемого натяжения высокопрочных болтов, свободный от указанного недостатка [4].

Способ состоит в том, что болты разбивают на группы по нормированному усилию натяжения с максимальным разбросом в группе 25 %. Затем из каждой группы отбирают две выборки. В первую выборку отбирают болты наименьших, во вторую – наибольших диаметров и длин. После такого отбора болты первой выборки затягивают до разрушения, а второй выборки – до перевода их в упругопластическую область работы.

Для болтов первой выборки в качестве оценочного количественного показателя принимают минимальное значение угла поворота гайки (α_{min1}), при достижении которого болт разрушается.

Для болтов второй выборки в качестве оценочного количественного показателя принимают максимальное значение угла поворота гайки (α_{max2}), при достижении которого болт переходит в упруго-пластическую область.

Вычисляют коэффициент запаса прочности m как отношение минимального значения угла поворота гайки для болтов первой выборки к максимальному значению угла поворота гайки для болтов второй выборки. Значение этого отношения должно быть больше или равно значению нормированного коэффициента запаса.

Возможность разбивки болтов на группы объясняется таблицей нормируемых усилий натяжения для различных диаметров высокопрочных болтов.

Таблица

Нормируемые усилия натяжения для различных диаметров высокопрочных болтов

Диаметр резьбы, мм	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
Нормируемое усилие натяжения, кН	121	147	188	233	271	355	372	430	508	618

Как видно из таблицы, нормируемые усилия для смежных диаметров болтов отличаются не более чем на 25 %. Для наиболее распространенных групп болтов (M22-M24) и (M27-M30) это отличие еще меньше. Такой разброс дает возможность комплектации наиболее применяемых болтов в группы, а также обеспечивает минимальную разницу в коэффициентах запаса прочности болтов в пределах группы после затяжки. Количество болтов в выборке определяется принятой доверительной вероятностью и доверительной оценкой точности измерения угла поворота гайки. Причем, если при натяжении болтов первой выборки достижение предельного состояния (разрушение болта) очевидно, то для болтов второй выборки, т. е. переход их в упругопластическую область, требуется достоверная оценка. Установить достижение упругопластической области возможно любым общеизвестным способом. Наиболее эффективным является способ, когда при затяжке после каждой ступени угла поворота гайки (например, через каждые 30°, т. е. полграницы шестигранной гайки) измеряют с помощью динамометрического ключа крутящий момент, которым затянута гайка. Вычисляют приращение момента и отношение приращения момента последней ступени к предыдущей. Это отношение для упругопластической области составляет 0,7÷0,9.

После проведения таких испытаний, а следовательно, установления угла поворота гайки для группы болтов, из которой отобраны две выборки, производят натяжение всех болтов. Для этого может быть принят любой известный способ контролируемого натяжения болтов с регулируемым усилием по углу поворота гайки, при котором болты затягивают до перевода их в упругопластическую область. При этом, как свидетельствует опыт, наиболее совершенным является полностью механизированный способ. Он может быть осуществлен протарированным гайковертом с пневмо-, гидро-, или электроприводом. Тарировка таких гайковертов состоит в регулировании соответствующих энергосиловых параметров. Например, для пневмогайковерта тарировка состоит в подборе давления и расхода сжатого воздуха, необходимого для поворота гайки на заданный угол.

Пример. Натяжение болтов группы M22-M24. Нормируемый коэффициент запаса прочности $m = 3$.

Экспериментально установлено, что болты M22 наименьшей длины (первая выборка) разрушаются при достижении угла поворота гайки 720°÷780° ($\alpha_{min1} = 720^\circ$).

Вторая выборка (болты M24 наибольшей длины) затягиваются в упругопластическую об-

ласть работы поворотом гайки на угол $150^\circ \div 210^\circ$ ($\alpha_{\max 2} = 210^\circ$).

Коэффициент запаса прочности

$$m = \frac{\alpha_{\min 1}}{\alpha_{\max 2}} = \frac{720^\circ}{210^\circ} = 3,43 > 3$$

Натяжение болтов всей группы производят поворотом гайки на угол $\alpha_{\max 2} = 210^\circ$.

Выводы

Таким образом, предложенный способ позволяет производить натяжение болтов до перевода их в упругопластическую область независимо от применяемого инструмента, преимущественно механизированного.

Способ прошел лабораторные и промышленные испытания на монтаже металлоконструкций различного назначения.

Библиографический список

1. Чесноков А. С., Княжев А. Ф. Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах. – М.: Стройиздат, 1974. – 121 с.

2. Рабер Л. М. Соединения на высокопрочных болтах. Диагностика. Ремонт. Повышение надежности конструкций. – Днепропетровск: Системные технологии, 2008. – 124 с.

3. NF EN14399-2. European standard. High-strength structural bolting assemblies for preloading. Part 2. Suitability test for preloading. (Classification index: E25-801-2). AFNOR2005 – p. 13.

4. Патент № 93136. Україна, АПК В25В21/2(2006.01). Спосіб затягування різьбових з'єднань / Л. М. Рабер, А. Є. Червінський; заявник і патентовласник Національна металургійна академія України – № 201401794; (заявл. 24.02.2014; опубл. 25.09.2014, бюл. № 18).

Поступила 05.03.2015



Metallurgical and Mining Industry

www.metaljournal.com.ua

