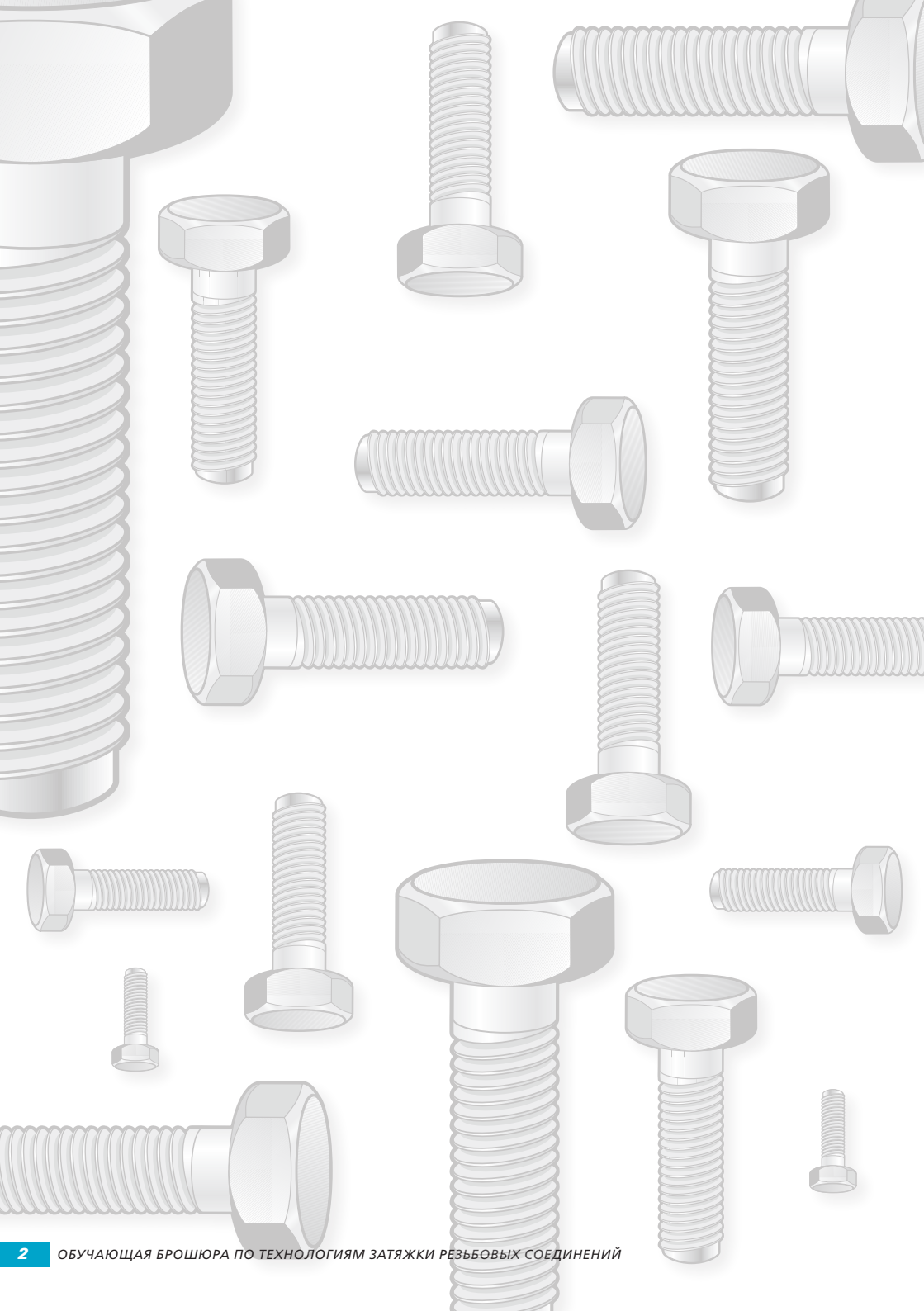


The Atlas Copco logo, consisting of the company name in a serif font between two horizontal lines, is positioned in the top right corner of the page. The background of the entire page is a high-contrast, black and white photograph of a large industrial screw, showing its complex threads and the precision of its manufacturing. The lighting creates strong highlights and deep shadows, emphasizing the metallic texture and the three-dimensional form of the screw. In the bottom left corner, there is a blue triangular graphic element containing a white technical drawing of a screw, showing various dimensions and cross-sections, which serves as a visual link between the physical part and its engineering specifications.

Atlas Copco

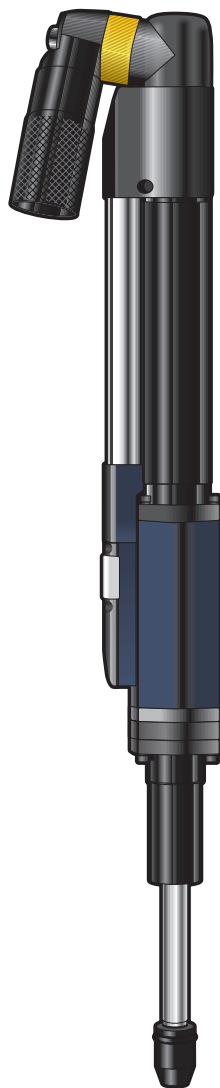
Технология затяжки резьбовых соединений

Обучающая брошюра



ОБУЧАЮЩАЯ БРОШЮРА ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Глава	Страница
1. Почему резьбовое соединение?.....	4
2. Резьбовое соединение.....	4
3. Усилие сжатия.....	6
4. Влияние смазки на резьбовое соединение	7
5. Классы прочности резьбовых соединений	8
6. Типы соединений	10
7. Крутящий момент и угол затяжки.....	11
8. Методы измерений	12
9. Процесс затяжки.....	14
10. Сдвиг среднего значения	15
11. Стандарты на проведение измерений.....	16
12. Сертификация.....	16
13. Ошибки при затяжке.....	17
14. Повреждение резьбы	17
15. Отсутствие компонентов соединения	17
16. Релаксация соединения	17
17. Превалирующий крутящий момент	18
18. Сборочный инструмент	18
Выводы	25



ОБУЧАЮЩАЯ БРОШЮРА ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Данная брошюра описывает методы затяжки резьбовых соединений, применение механизированного сборочного инструмента и влияние выбора инструментов на качество соединения.

1. ПОЧЕМУ РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ?

Существует множество способов соединения деталей и компонентов друг с другом, например, склейка, клепка, сварка и пайка.

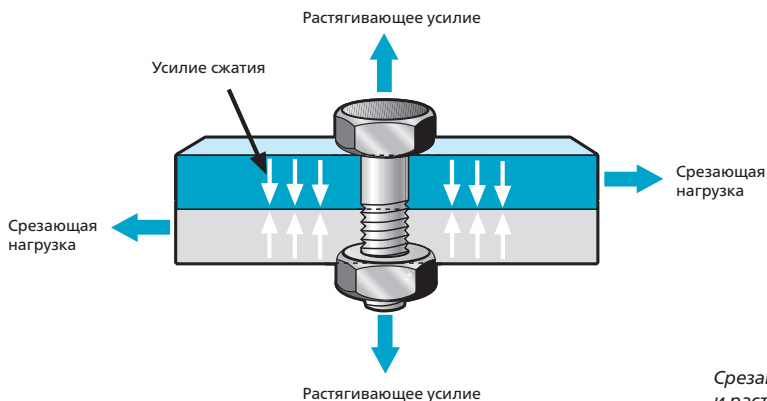
Однако самым распространенным методом соединения деталей, несомненно, является болт с гайкой или винт, который заворачивают напрямую в другую деталь с уже нарезанной резьбой в отверстии одного из компонентов. Преимуществами данного метода являются простота проектирования и сборки, быстрый демонтаж, высокая производительность и, наконец, оптимальная себестоимость.

2. РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

На болт действует растягивающее усилие, эффект скручивания и, в некоторых случаях, срезающая нагрузка.

Напряжение, возникающее в болте при его затягивании до расчетного значения, называют преднапряжением.

Растягивающее усилие равно силе, прижимающей элементы соединения друг к другу. Внешние нагрузки, не превышающие усилие сжатия, не изменяют растягивающее усилие в болте. Но, если на соединение действуют внешние нагрузки, превышающие преднапряжение в болте, соединение разойдется, и растягивающее усилие в болте будет расти, пока болт не сломается.



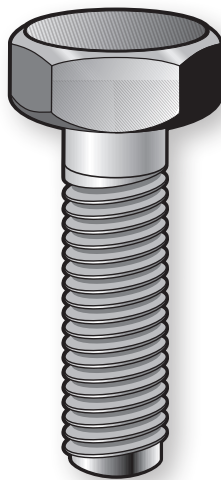
Срезающая нагрузка и растягивающее усилие

Трение в резьбе между болтом и гайкой вызывает усилие скручивания.

Иногда на болт также действует срезающая нагрузка, когда внешняя сила перемещает компоненты соединения друг относительно друга перпендикулярно усилию сжатия. В правильно сконструированном соединении срезающей нагрузке должно противодействовать трение между компонентами. Соединение такого типа называется фрикционным. Если усилие сжатия недостаточно велико, чтобы создать необходимое трение, то срезающая нагрузка будет действовать и на болт. Часто соединения проектируют в расчете на одновременное действие усилия растяжения и срезающей нагрузки.

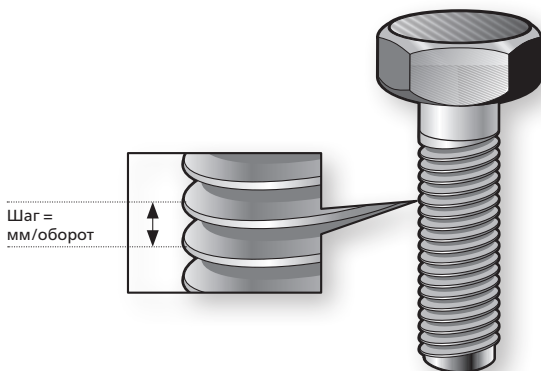
Болт состоит из стержня и головки. Стержень болтов имеет резьбу либо на части своей длины, либо по всей длине — от конца стержня до головки. Длинные болты, как правило, используются только с частичной резьбой. Не нужно проектировать болт с резьбой длиннее, чем требуется для затяжки соединения, поскольку это только повысит стоимость болта и снизит его прочность на растяжение.

Размеры, профиль и шаг резьбы (т.е. расстояние между соседними витками) стандартизованы. На сегодняшний день в промышленности используют только два стандарта: унифицированный стандарт UN или британский, изначально применявшийся в англосаксонских странах, и европейский метрический стандарт M.



Общая конструкция болта

Помимо различий основных размеров, стандарты UN и M задают разные углы и глубину резьбы. Оба стандарта содержат отдельные требования для резьбы с мелким шагом. Стандарт UN на резьбу с мелким шагом — UNF, довольно часто применяют параллельно со стандартом UNC.



3. УСИЛИЕ СЖАТИЯ

Желательно, чтобы болт был самым слабым компонентом соединения. Чрезмерно большой болт увеличивает вес изделия и делает его неоправданно дорогим. Поскольку обычно стандартный болт относительно дешев, предпочтительно, чтобы он ломался первым.

Кроме того, в большинстве случаев размеры болта не являются определяющими для качества соединения. Главную роль здесь играет усилие сжатия, т.е. оно должно быть достаточным, чтобы выдерживать расчетную нагрузку, а соединение должно оставаться затянутым, не ослабляясь под действием импульсных нагрузок.

Проблема заключается в том, что в обычных условиях производства не существует практических способов измерения усилия сжатия. Поэтому усилие сжатия обычно оценивают по крутящему моменту затяжки.

Поскольку усилие сжатия линейно зависит от угла поворота болта и шага резьбы, существует прямая зависимость между усилием сжатия и крутящим моментом затяжки в пределах области упругой деформации болта. Однако, только около 10% приложенного крутящего момента преобразуется в усилие сжатия. Оставшаяся часть расходуется на преодоление трения в болтовом соединении — 40% на трение в резьбе и 50% — под головкой болта.

4. ВЛИЯНИЕ СМАЗКИ

Если смазать болт, трение в резьбе и под головкой уменьшится, и соотношение между крутящим моментом затяжки и усилием сжатия изменится. Если приложить тот же крутящий момент, что и до нанесения смазки, на усилие сжатия потратится гораздо большая его часть, в сравнении с сухой затяжкой. В наихудшем случае в болте может возникнуть напряжение, превышающее предел его прочности на разрыв, и болт порвется.

С другой стороны, если совсем не использовать смазку, усилие сжатия может быть недостаточным, чтобы выдерживать силы, на которые рассчитано соединение, и создавать опасность ослабления (самораскручивания) соединения.

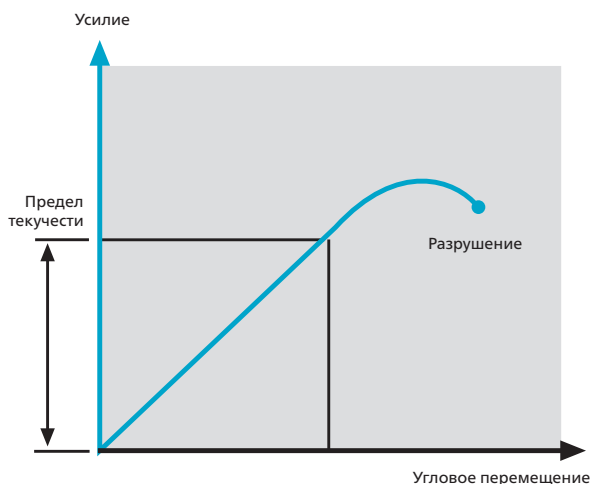
Материал болта	Материал гайки	Сухой стык	Масляная пленка
Без обработки	Без обработки	0,18–0,35	0,14–0,26
Фосфатированный	Без обработки	0,25–0,40	0,17–0,30
Электрооцинкованный	Без обработки	0,11–0,36	0,11–0,20
Фосфатированный	Фосфатированный	0,13–0,24	0,11–0,17
Электрооцинкованный	Электрооцинкованный	0,18–0,42	0,13–0,22

Таблица 1. Коэффициент трения в резьбе различных материалов

5. КЛАССЫ ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При затягивании болта, по мере роста усилия сжатия, материал болта испытывает напряжение. Через небольшой промежуток времени, когда резьба будет зафиксирована, материал начнет растягиваться пропорционально усилию.

Теоретически, растяжение будет продолжаться до момента, когда напряжение в болте станет равным пределу прочности на разрыв, и затем болт порвется. Однако, пока удлинение будет пропорционально напряжению, после снятия нагрузки болт будет возвращаться к своей исходной длине, будет работать как пружина. Этот эффект называют работой в области упругой деформации.



При достижении точки, в которой происходит постоянное удлинение болта (предел текучести) начинается пластическая деформация. Однако, болт рвется не сразу.

После превышения предела текучести момент затяжки продолжает расти, но с меньшей скоростью. Пластическая деформация становится причиной остаточного удлинения болта при ослаблении соединения.

Для обеспечения высокой точности усилия сжатия эту зону иногда задают намеренно, чтобы повысить качество болтового соединения. За пределами зоны пластической деформации происходит разрушение.

Болты с метрической резьбой

Момент затяжки (Нм) согласно ISO 898/1

Качество материала болтов стандартизировано, т.е. задано растягивающее усилие до достижения предела текучести и до разрушения. На всех болтах должна быть маркировка класса прочности — две цифры, где первая цифра, умноженная на 100, равна минимальной прочности на разрыв (Н/мм²), а вторая — отношению между пределом текучести и минимальной прочностью на разрыв.

Например, класс прочности болта 8,8 — минимальная прочность на разрыв равна 800 Н/мм², а предел текучести 0,8х800 = 640 Н/мм².

Таблица 2. Таблица различных классов прочности болтов

Резьба	Класс прочности						
	3,6	4,6	4,8	5,8	8,8	10,9	12,9
	Нм						
M1,6	0,05	0,065	0,086	0,11	0,17	0,24	0,29
M2	0,10	0,13	0,17	0,22	0,35	0,49	0,58
M2,2	0,13	0,17	0,23	0,29	0,46	0,64	0,77
M2,5	0,20	0,26	0,35	0,44	0,70	0,98	1,20
M3	0,35	0,46	0,61	0,77	1,20	1,70	2,10
M3,5	0,55	0,73	0,97	1,20	1,90	2,70	3,30
M4	0,81	1,10	1,40	1,80	2,90	4,00	4,90
M5	0,60	2,20	2,95	3,60	5,70	8,10	9,70
M6	2,80	3,70	4,90	6,10	9,80	14,0	17,0
M8		8,90	10,50	15,0	24,0	33,0	40,0
M10		17,0	21,0	29,0	47,0	65,0	79,0
M12		30,0	36,0	51,0	81,0	114,0	136,0
M14		48	58	80	128	181	217
M16		74	88	123	197	277	333
M18		103	121	172	275	386	463
M20		144	170	240	385	541	649
M22		194	230	324	518	728	874
M24		249	295	416	665	935	1120
M27		360	435	600	961	1350	1620
M30		492	590	819	1310	1840	2210
M36		855	1030	1420	2280	3210	3850
M42		1360		2270	3610	5110	6140
M45		1690		2820	4510	6340	7610
M48		2040		3400	5450	7660	9190



Пример маркировки болта

6. ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

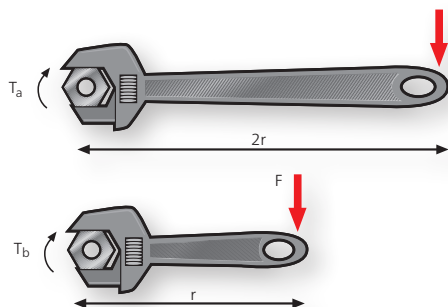
Резьбовые соединения отличаются не только размерами, но и типами, от которых зависят характеристики соединений. С точки зрения затяжки, самым важным качеством соединения является его жесткость. Её можно выразить как значение угла затяжки, необходимого для достижения целевого крутящего момента. Этот угол начинают измерять с момента касания головки болта с поверхностью соединения.

Величина жесткости может существенно меняться для одного и того же диаметра болта. Короткий болт, соединяющий плоские металлические компоненты, достигает целевого крутящего момента уже при незначительном повороте. Такие соединения называются «жесткими». Соединение с длинным болтом, который должен сжать мягкие компоненты (например, прокладки или пружинные шайбы), требует большего угла поворота, возможно, даже нескольких полных оборотов болта или гайки, чтобы достичь требуемого крутящего момента. Такие соединения называются «мягкими».

Очевидно, два разных типа соединений во время затяжки ведут себя по-разному.

7. КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ И УГОЛ ЗАТЯЖКИ

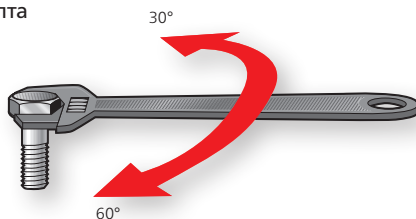
Так было сказано выше, по практическим соображениям крутящий момент затяжки обычно служит критерием для создания преднапряжения в болте. Крутящий момент, или момент усилия, можно измерять либо в динамическом режиме, при затяжке болта, либо статически, контролируя момент после затяжки с помощью динамометрического ключа.



Требования к моменту затяжки существенно зависят от требований к качеству соединения. Особо ответственные и критически важные соединения, например, в подвеске автомобиля не должны раскручиваться, поэтому они имеют очень жесткие требования к точности затяжки. С другой стороны, гайка, регулирующая высоту верстака, не является критически важной с точки зрения усилия сжатия двух деталей, поэтому требования к моменту затяжки, в данном случае, отсутствуют.

Для обеспечения более высокого уровня контроля качества резьбового соединения, к измеряемым параметрам добавляются угол затяжки. В зоне упругой деформации болта его можно использовать для проверки наличия всех компонентов соединения, например, прокладок или шайб. Кроме того, можно проверять качество болта, измеряя угол до касания головкой болта скрепляемой детали, а также до окончательной затяжки.

В технически сложных случаях, угол затяжки можно также использовать для определения предела текучести болта и затяжки в зоне пластической деформации болта.



8. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Зная технические параметры для резьбового соединения, мы можем задать вопрос: как проверить, что оно затянуто правильно?

Для измерения момента затяжки используют один из двух методов — статический или динамический.

При проведении статических измерений крутящий момент проверяют по завершении процесса затяжки. Измерения обычно выполняют вручную, динамометрическим ключом механического типа, который оснащен пружинным механизмом и шкалой моментов, либо электронным динамометрическим ключом с датчиком крутящего момента.

Очень часто для проверки крутящего момента затяжки используют динамометрический предельный ключ с муфтой, которую можно предварительно настроить на конкретный момент. Если фактический момент больше предустановленного на предельном ключе, происходит характерный щелчок. Если фактический момент меньше, затяжка будет продолжаться до щелчка. Таким ключом нельзя определить превышение крутящего момента.

При проведении статических измерений, величину момента затяжки необходимо считывать сразу после того, как болт начал поворачиваться под действием динамометрического ключа.

Для более сложных статических измерений можно использовать электронный динамометрический ключ. Инструмент оснащен тензометрическим датчиком, обеспечивающий более высокий уровень точности.



Пример маркировки болта

В процессе динамических измерений крутящий момент измеряют непрерывно в течение всего цикла затяжки. Обычно этот метод предпочтителен в производственных условиях, где для затяжки используют механизированные инструменты. Преимущество динамического измерения над статическим, в том, что динамический тип измерения показывает реальные рабочие параметры сборочного инструмента без влияния процессов релаксации в резьбовом соединении и изменения величины трения покоя. Также нет необходимости последующей проверки.

Динамические измерения выполняют либо напрямую с помощью встроенного или отдельно подключенного выносного датчика крутящего момента, либо косвенно, измеряя силу тока, что используется в некоторых типах гайковертов с электроприводом. В обоих случаях, измерять момент затяжки можно только у инструментов с прямой передачей крутящего момента (данный способ не применяется для ударных ключей и импульсных гайковертов).

Выносной датчик крутящего момента установлен между ведущим валом инструмента и головкой/битой гайковерта. По существу, это приводной стержень с сопротивлениями, так называемым мостиком Уитстона, измеряющий упругую деформацию тела под действием приложенного крутящего момента и вырабатывающий электрический сигнал, который можно обработать в измерительном приборе.

Выносные датчики также могут быть оснащены встроенным датчиком угла поворота для текущего контроля угла затяжки.

Поскольку корпус с разъемом для сигнального кабеля необходимо удерживать, чтобы предотвратить его вращение, подключенный датчик неудобен для мониторинга в серийном производстве. Однако, он обычно используется при установке инструмента и настройке требуемого момента затяжки. Выносные датчики еще используются при проверке качества в режиме реального времени через измерение настроенного крутящего момента на инструменте.

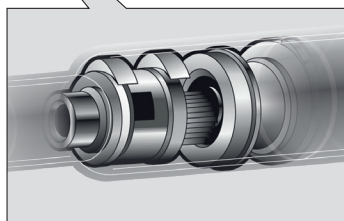
В условиях конвейерного производства, когда необходим 100% мониторинг качества затяжки или, когда процесс затяжки контролируют по полученным значениям крутящего момента, датчик крутящего момента обычно встроен в сборочный инструмент. У приводных инструментов есть несколько мест, куда можно установить датчик, однако из-за размеров предпочтительно располагать его как можно ближе к двигателю, где прилагаемые нагрузки небольшие. Не рекомендуется устанавливать тензометрические датчики на выходной вал, как выносные модели, встроенный датчик крутящего момента может подвергаться воздействию реакционной силы.



Динамические измерения выносным датчиком крутящего момента



Угловой гайковерт со встроенным датчиком крутящего момента и угла



В конструкцию инструмента также могут входить датчики угла поворота для регистрации характеристик соединения во время затяжки или более тщательного контроля затяжки.

9. СПОСОБ ЗАТЯЖКИ

Способ затяжки тоже влияет на качество сборки резьбового соединения. Соединение, затянутое вручную без контроля, ведет себя совершенно иначе, чем соединение, затянутое механизированным инструментом.

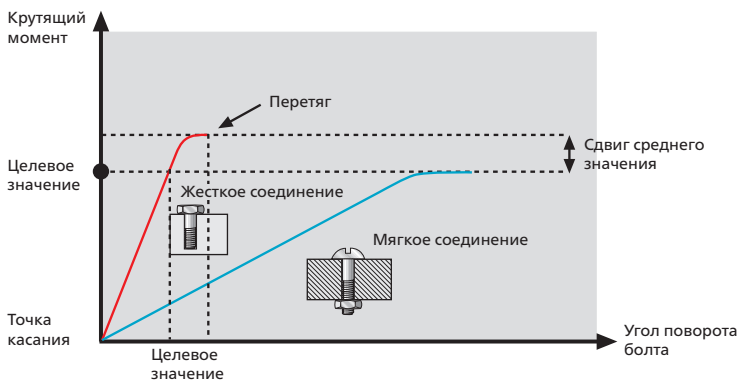
Кроме того, решающее влияние на результат оказывает выбор типа инструмента. Инструменты с прямым приводом, например, гайковерты и шуруповерты, имеют максимальную производительность, которая определяется выходной мощностью мотора и передаточным числом редуктора. Они могут быть без муфты отключения, такой тип инструмента настраивается по давлению воздуха и инструмент будет работать, пока ему будет хватать мощности на преодоление силы трения и крутящего момента в соединении. В настоящее время сборочные инструменты обычно оборудованы устройством отключения, которое, останавливает процесс затяжки при достижении предварительно настроенного крутящего момента.

Сегодня в промышленности применяют и другие типы инструментов — ударные гайковерты и гидроимпульсные гайковерты, где мощность двигателя преобразуется в выходной крутящий момент, двигатель напрямую не связан с выходным валом и импульсы, передаваемые на вал инструмента, производятся периодически — не постоянно. Это значит, что очень мощный инструмент можно разработать с малым весом и компактными габаритными размерами и почти отсутствующим реактивным моментом, действующим на оператора. Однако, эти устройства не позволяют применять динамические методы контроля момента затяжки.

10. СДВИГ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ

Основная причина использования механизированного сборочного инструмента — сокращение времени затяжки резьбового соединения в пределах возможностей оператора с соблюдением требований к качеству. Отсюда следует, что первоочередной интерес представляет высокая скорость вращения инструмента.

Большинство сборочных инструментов приводит в действие двигатель, который обеспечивает высокую скорость при свободном выбеге болта, при малом сопротивлении, и снижение скорости при нарастании момента затяжки. У «жестких» соединений возможно почти мгновенное торможение со скорости холостого хода до отключения или остановки инструмента. Однако, из-за инертности всех вращающихся частей в инструменте, головке/бите или болте, накапливается довольно большая динамическая энергия. Эта энергия должна куда-то отводиться, т.к. большая ее часть передается соединению в виде дополнительного крутящего момента, называемого «перетягом».



Если инструмент применяется только на жестком соединении, проблем с качеством затяжки не будет, но, если тот же инструмент затягивает мягкое соединение, требующее гораздо больше времени и энергии для создания того же крутящего момента, динамические эффекты будут высокими. Вывод — между жесткими и мягкими соединениями существует значительная разница крутящих моментов, называемая «сдвигом среднего значения».

Определение сдвига среднего значения и перерегулирования

У инструментов, оборудованных каким-либо отключающим устройством, качество муфты отключения является решающим фактором для сдвига среднего значения инструмента. Поскольку обычно процесс затяжки проходит очень быстро, время необходимое для срабатывания муфты и отключения инструмента также будет влиять на конечный крутящий момент в динамическом режиме — задержка отключения дает большую вероятность перетянуть жесткое соединение, чем мягкое.

11. СТАНДАРТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Момент затяжки зависит от жесткости соединения, соответственно, возникла потребность установить общие стандарты измерений, чтобы определять соответствие инструмента требованиям к качеству, а также сравнивать различные типы инструментов с техническими требованиями.

Общепринятый стандарт, используемый сегодня — ISO 5393 — «Инструменты вращающиеся для установки резьбовых крепежных деталей. Метод определения рабочих характеристик». Данный стандарт и принципы оценки результатов описаны в «Обучающей брошюре по статистическому анализу результатов затяжки».

12. СЕРТИФИКАЦИЯ

Стандарт ISO 5393 — это общая платформа для производителей и пользователей сборочных инструментов, позволяющая оценить их рабочие характеристики. На основании этого измерительного стандарта, многие производители автомобилей разработали собственные программы контроля качества. Эти программы делят представленные на рынке инструменты на категории, а также классифицируют их по качеству. Обычно необходимо проверить рабочие характеристики инструмента, нового или проработавшего какое-то время, прежде чем допускать его к работе на заводских сборочных линиях в разных странах.

Самая обширная программа сертификации действует в компании Ford Motor Co. В целом, она основана на классификации всех соединений автомобиля по классам соответствующих инструментов с учетом требований к моментам затяжки. Инструменты испытывают согласно этой классификации, от максимального до минимального крутящего момента в каждом классе, следуя испытательной процедуре стандарта ISO 5393.

Для того чтобы быть принятым комиссией, каждый инструмент должен соответствовать требованиям к точности, в состоянии нового инструмента и после 250 000 рабочих циклов, а для сертификации — и после 500 000 циклов без серьезного ремонта, работая в пределах указанных допусков.

Другие производители автомобилей имеют аналогичные программы. Большинство из них принимают стандарт ISO 5393 в качестве методики испытаний, но конкретные требования могут отличаться.

13. ОШИБКИ ПРИ ЗАТЯЖКЕ

Целью текущего контроля момента затяжки является обеспечение нужного усилия сжатия. Однако, один только момент затяжки не дает 100% гарантии, что усилие сжатия достаточно, чтобы выдержать расчетную нагрузку на соединение. Возможно возникновение погрешностей, которые могут стать причиной неверного преднапряжения в болте даже при правильном моменте затяжки.

14. ПОВРЕЖДЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Повреждение резьбы или недостаточная ее длина повышают сопротивление при вращении болта, и, следовательно, предусмотренный момент затяжки будет достигнут раньше, чем нужное усилие сжатия.

Повреждение резьбы можно обнаружить, контролируя, дополнительно, угол затяжки.

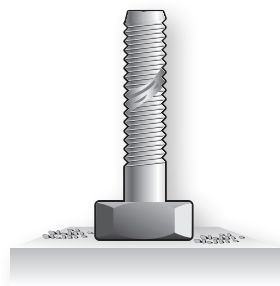
15. ОТСУТСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ СОЕДИНЕНИЯ

В промышленном производстве при сборке соединения оператор часто забывает установить шайбу или уплотнение. Помимо невыполнения других конструктивных целей, отсутствующие компоненты изменят номинальный момент затяжки соединения и, соответственно, усилие сжатия.

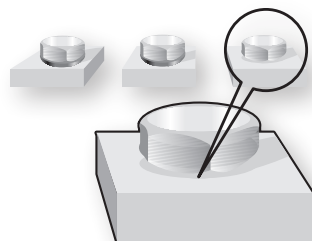
16. РЕЛАКСАЦИЯ В СОЕДИНЕНИИ

Все соединения релаксируют (момент затяжки уменьшается) после затягивания. Это значит, что после непродолжительного времени (менее 30мс) усилие сжатия в соединении будет меньше, чем в момент завершения затяжки. У соединений, в состав которых входят эластичные компоненты (например, прокладки), это ослабление может быть существенным, а последующая проверка крутящего момента может показать, что фактический момент затяжки равен лишь части заданного в технических требованиях значения.

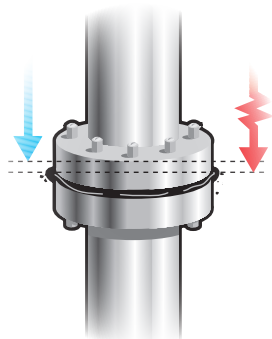
Для компенсации релаксации соединения затяжку обычно проводят в два этапа. Практичным решением может стать применение гидроимпульсного или ударного инструмента, поскольку ударный тип привода делает короткие паузы при затяжке, что и требуется для исключения релаксации.



Поврежденная резьба



Отсутствующая шайба

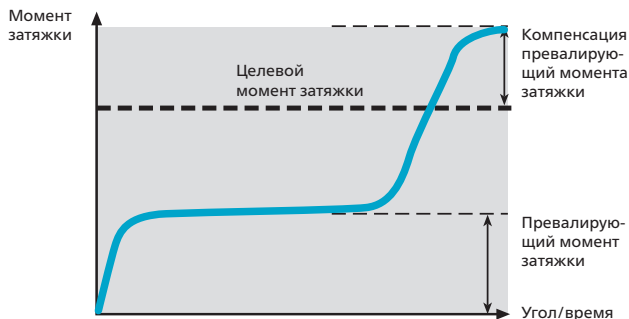
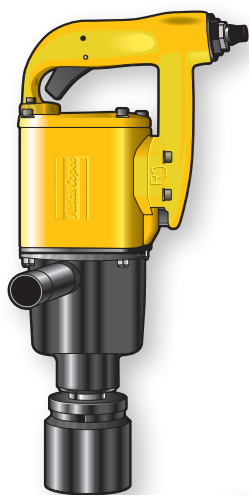


Ослабление соединения

17. ПРЕВАЛИРУЮЩИЙ МОМЕНТ ЗАТЯЖКИ

В некоторых соединениях, например, разработанных для предварительной осевой нагрузки подшипников, где износ со временем может снижать созданное усилие сжатия, нужно поддерживать трение между болтом и гайкой. В резьбе устанавливаются упругий элемент, препятствующий ослаблению соединения. Естественно, этот элемент трения также увеличивает сопротивление при затяжке свободного выбега резьбы.

Инструмент контролирующий только крутящий момент отключится слишком рано, не дотянув соединение, поскольку не может определить разницы между целевым моментом затяжки и превалирующим крутящим моментом. Решение – использовать прибор, механическим способом определяющий, когда крутящий момент начинает нарастать, либо анализировать процесс затяжки с помощью непосредственно электронного гайковерта.

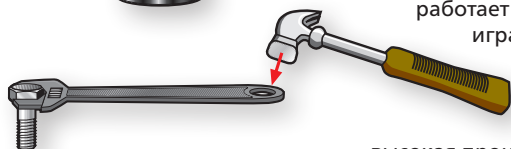


18. СБОРОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Ударные инструменты

Ударные гайковерты работают по тому же принципу, что и молоток, ударяя по ключу при затяжке болта или винта увеличивая крутящий момент удар за ударом. Если ударный гайковерт работает от пневмодвигателя, роль молота и наковальни играют ротор и ударный механизм, передающие свою кинетическую энергию, один или два раза за оборот.

Преимущество ударных гайковертов – очень высокая производительность при малом весе и компактных размерах инструмента. В дополнение к этому, реактивная сила, действующая на оператора, очень мала, что обеспечивает эксплуатационную гибкость и простоту использования ударного гайковерта.



Целевой момент затяжки

Недостатками являются относительно высокий уровень шума, трудность измерения приложенного крутящего момента и, в итоге — ограниченная возможность точного контроля момента затяжки.

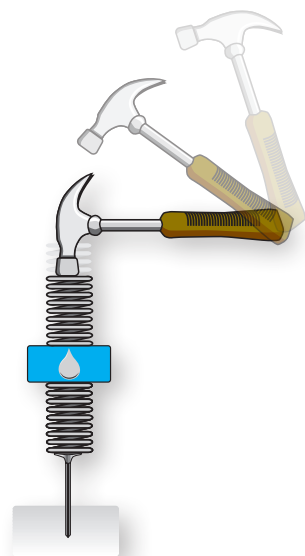
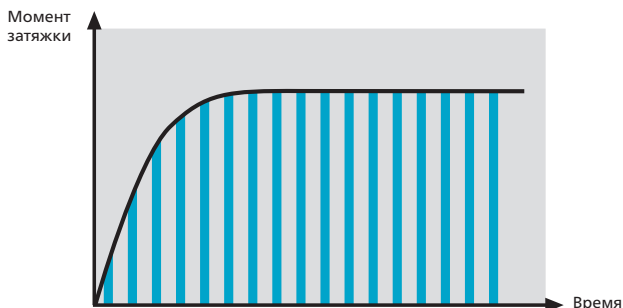
Итак, ударный гайковерт является идеальным инструментом для откручивания ржавых и застрявших болтов при проведении технического обслуживания на химических, нефтеперерабатывающих заводах и других объектах тяжелой промышленности. Ударные гайковерты также подходят для случаев, не требующих контроля крутящего момента.

Импульсные инструменты

Гидроимпульсный инструмент обладает всеми преимуществами ударного гайковерта: высокой скоростью и мощностью при малом весе, удобстве и отсутствии реактивного усилия, но не имеет его недостатков, кроме трудности динамического контроля приложенного момента затяжки.

У импульсных инструментов крутящий момент растет при ударах металла по металлу, но уже через масляную прослойку. Это обеспечивает низкий уровень шума, минимальные вибрации и, помимо всего, хорошую точность затяжки. Качество затяжки достигается регулировкой гидравлического давления в импульсном механизме для ограничения приложенного крутящего момента до предварительно заданного значения.

Удобство, скорость, низкий уровень шума и вибраций, а также точность момента затяжки сделали импульсный инструмент очень популярным в машиностроении, включая автомобилестроение. Ограничение по применению — случаи, где требуется документировать значения приложенного крутящего момента.



Принцип работы импульсного инструмента

Пневматические шуруповерты и гайковерты

Инструмент с прямым приводом выпускается как для самых маленьких шуруповертов для винтов размером до М6 (1/4"), до мощнейших резьбовых соединений, где требуется момент затяжки до нескольких тысяч Нм. Для увеличения крутящего момента мощность высокоскоростного пневмодвигателя преобразуется с помощью редукторов в низкоскоростную, высокомоментную мощность на выходном валу. Обычно для этого используют планетарные редукторы.



Пневматический шуруповерт

Пневматические шуруповерты

Эти инструменты используются для сборки самых маленьких винтов, где момент затяжки достаточно мал, чтобы оператор мог почувствовать ощутимое реакционное усилие на рукоятке инструмента. На практике это инструменты с моментом затяжки от 4 до 12 Нм (для резьбы М5-М6) в зависимости от конфигурации инструмента, типа резьбового соединения и рабочего положения.

Простейшим пневматическим шуруповертом является инструмент с прямым приводом, где приложенный крутящий момент определяется тем, до какой степени инструмент после включения может затягивать соединение, прежде чем произойдет остановка. Для регулировки момента затяжки настраивается регулировкой давления воздуха, подаваемого в инструмент. Часто такие инструменты используют, когда требуется меняющийся крутящий момент, например, при затяжке болтов для соединения листового металла, когда оператор прекращает процесс затяжки только по результатам визуального контроля.

Пневматические шуруповерты обычно оборудованы механической муфтой отключения, срабатывающей при достижении необходимого момента затяжки. Муфта может быть либо проскальзывания, либо иметь функцию отключения. Муфтой проскальзывания называют пружинную муфту, которая расцепляется при достижении предустановленного крутящего момента и повторно соединяется при нажатии курка инструмента. Это сравнительно недорогая конструкция, позволяющая добавлять момент затяжки или компенсировать релаксацию соединения, при этом уровень шума достаточно высок, а возможности регулировки крутящего момента ограничены. Гайковерты с функцией отключения обладают хорошей точностью.

Гайковерты

Если момент затяжки больше стандартного диапазона, то реактивное усилие увеличивается до такой степени, что оператор не может работать с инструментом, имеющим рукоятку обычного прямого или пистолетного типа.

В этом случае необходим реактивный упор. Обычно для затяжки резьбы М6–М14, т.е. для моментов затяжки от 10 до 150 Нм, используют угловой гайковерт, конструкция которого устроена по принципу рычага, позволяя оператору выдерживать воздействие реактивных сил.

Гайковерты с пистолетной рукояткой, прямые и угловые модели гайковерты для больших крутящих моментов должны иметь фиксированный реактивный упор или шарнирный рычаг (механическую руку), чтобы компенсировать воздействие высоких реактивных сил.

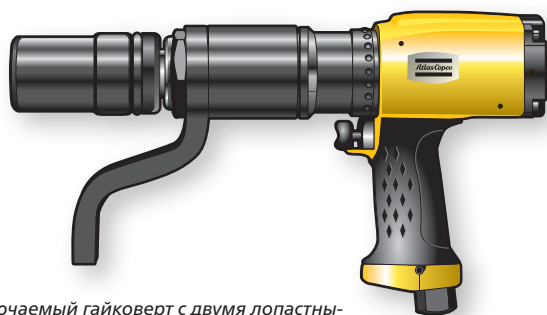
Гайковерты с прямым приводом бывают без отключения или с функцией отключения. Они обладают очень высокой точностью и позволяют постоянно контролировать момент и угол затяжки. Встроенные датчики момента и угла позволяют контролировать процесс затяжки и хранить данные в электронном виде.

Специальный гайковерт пистолетного типа имеет два двигателя и развивает момент до 1500 Нм. Один его двигатель через высокоскоростной редуктор осуществляет низко-моментное вращение на свободном выбеге резьбы, а второй двигатель с низким передаточным числом затягивает его до итогового значения момента затяжки.

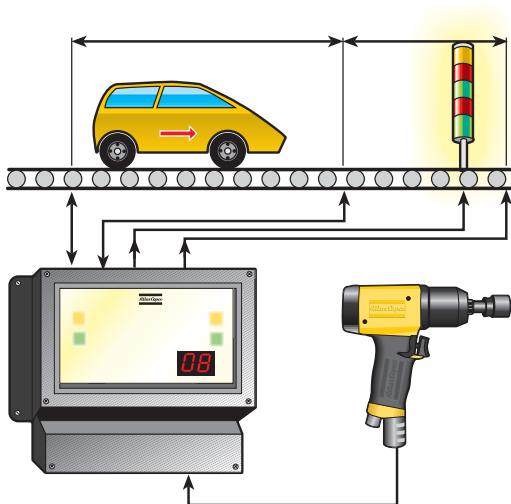
Модели этого типа обеспечивают быструю затяжку и высокий крутящий момент при очень компактных размерах и обладают высокой точностью благодаря низкой скорости на финальном этапе затяжки.



Угловой электрический гайковерт с датчиком крутящего момента и угла



Отключаемый гайковерт с двумя лопастными пневмодвигателями



Контроллер с воздушным сигналом от пневмодвигателя

Передача сигнала от пневмолinii

В конвейерном производстве при выполнении последовательности операций оператор часто забывает затянуть болт. Этого можно избежать, подсчитывая завершённые процессы затяжки через подачу сигнала, чтобы не пропустить ошибку. Эта функция называется RE-Control. Применяется она в паре с пневматическим инструментом, оснащённым муфтой отключения, принцип действия функции, датчик фиксирует изменение давления в клапане инструмента при срабатывании муфты отключения. Однако из-за сложности корректного задания пределов по крутящему моменту, в настоящее время все больше применяется умный электрический инструмент.



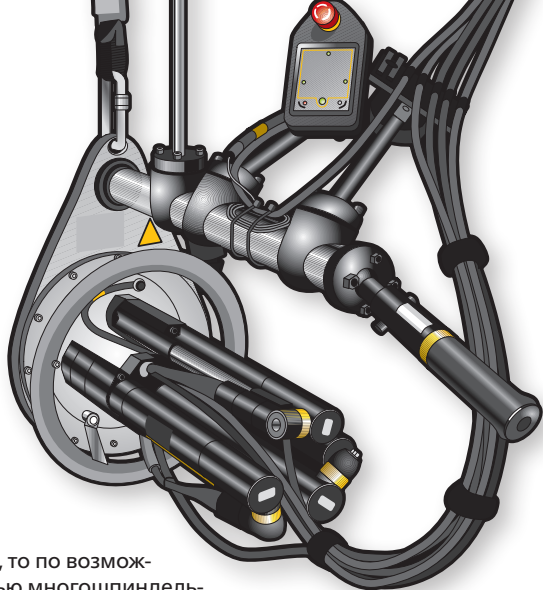
Электрический угловой гайковерт с контроллером

Электрические шурупверты и гайковерты

На сборочных линиях, где сжатый воздух отсутствует или где следует избегать загрязнений от отработанного воздуха с маслом, вышедшего из инструмента, обычно используют электрические шурупверты с низковольтными двигателями постоянного тока и трансформаторами. Также электрические шурупверты и гайковерты широко используются для сборки автомобилей и в отраслях, имеющих аналогичные требования к контролю надёжности соединения и их качеству. Это сложные системы с возможностью непрерывного контроля крутящего момента и/или угла в процессе сборки.



Сборочная система с контроллерами



Сборочные системы

Если соединение имеет несколько болтов, то по возможности их необходимо затягивать с помощью многошпindelных сборочных систем. Сборочные системы нужны не только для повышения производительности. Они идеальны для одновременной затяжки болтов соединения или затяжки в определенной последовательности и, в целом, для минимизации влияния оператора на результат затяжки. Типичным примером использования многошпindelной сборочной системы является сборка крышки цилиндров двигателя, часто вместе с усовершенствованными электронными системами управления.

Для гайковертов, встроенных в сборочную многошпindelную систему, приводом обычно является бесщеточные электродвигатели. Реактивный момент в многошпindelных системах компенсируется за счет механического плиты куда встроены шпинделя, а также распределяется между болтами соединения, которые требуется собрать.

Аккумуляторные инструменты

Аккумуляторные электрические шуруповерты и гайковерты стали повседневным инструментом для автомастерской, слесарной мастерской и для домашнего применения, когда важна мобильность передвижения.

Кроме того, в течение последних нескольких лет методы работы на линиях сборки автомобилей изменились, что привело к увеличению использования аккумуляторного инструмента. Преимуществом этих инструментов является свобода перемещения вдоль сборочной линии и возможность работы в замкнутом пространстве без помех воздушных шлангов или запутывания электрических проводов. Самые продвинутые аккумуляторные инструменты, угловые и модели пистолетного типа, имеют те же функциональные возможности, что и умный проводной электроинструмент.



Аккумуляторные шуруповерты и гайковерты

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Инструмент	Рекомендуемое использование
Ударные гайковерты	Отвинчивание и затяжка больших болтов при проведении техобслуживания. Требования — высокий крутящий момент и низкий уровень точности.
Импульсный инструмент	Установка крепежных болтов, когда важны скорость и удобство в работе. Средний уровень точности.
Пневматические шуруповерты	Установка малых винтов при низких крутящих моментах и средней или высокой точности.
Угловые гайковерты	Установка крепежных болтов и гаек при высоких требованиях к точности. Ограниченный доступ к крепежу.
Гайковерты с тензометрическим датчиком	Установка крепежных болтов, когда при затяжке необходимо непрерывно отслеживать момент и/или угол затяжки для контроля качества и сертификации.
Пневматический инструмент с сигналами отчетности	Случаи, когда важно подсчитывать правильно затянутые болты для контроля качества.
Электрические гайковерты	Случаи, когда необходимо контролировать процесс затяжки для обеспечения высокой точности.
Сборочные системы	Использование механических рук для компенсации реактивного момента при затяжке многошпиндельным устройством и для автоматических сборочных систем.
Аккумуляторный инструмент	Для максимальной мобильности, в местах, где воздушный шланг или электрический кабель могут ограничивать доступ или создавать угрозу безопасности при запутывании кабеля/шланга.

Выводы

В данном руководстве рассматриваются преимущества болтовых соединений, их характеристики и влияние использования различных типов сборочных инструментов на качество соединения. Описаны различные типы сборочного инструмента и их применение.

Рассмотрен вопрос текущего контроля над процессом затяжки и описаны методы контроля качества соединения в условиях промышленного производства.

ОБУЧАЮЩИЕ БРОШЮРЫ ATLAS COPCO

Title	Ordering No.
Система распределения воздуха	9833 1266 01
Пневматические двигатели	9833 9067 01
Кабельная разводка	9833 1640 01
Ручной инструмент для сверления	9833 8554 01
Технологии защиты от ошибок на производстве	9833 1437 01
Операции шлифования	9833 8641 01
LEAN системы	9853 8215 01
Ударные инструменты	9833 1003 01
Эргономика приводных инструментов	9833 1162 01
Импульсные инструменты	9833 1225 01
Технология клепки	9833 1124 01
Болтовые соединения	9833 1007 01
Метод статистического анализа	9833 8637 01
Тестирование и калибровка сборочных систем	9833 1720 01
Искусство эргономики	9833 8587 01
Технологии затяжки болтовых соединений	9833 8648 01
Вибрационное воздействие при работе с шлифовальными машинами	9833 9017 01
Оценка вибрационного воздействия на приводной инструмент	9833 1508 01

