

Чесноков А. С., Княжев А. Ф. Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах. М., Стройиздат, 1974, 120 с.

На основе систематизации и обобщения отечественного и зарубежного опыта рассматривается применение сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах. Приведены прочностные характеристики соединений, технология изготовления высокопрочных болтов. Рассмотрены вопросы, связанные с производством работ по монтажу конструкций на высокопрочных болтах.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, проектных и строительно-монтажных организаций.

Табл. 36, ил. 44, список лит.: 33 назв.

Научный редактор А. Г. Тахтамышев

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы к общеизвестным монтажным соединениям металлических конструкций — клепаным, сварным и болтовым на болтах нормальной точности прибавилось еще одно соединение — сдвигоустойчивое на высокопрочных болтах.

Клепаное соединение — старое и вполне себя оправдавшее соединение, хотя оно и не лишено недостатков. В заклепочных соединениях усилие от одного элемента к другому передается через стержень заклепки (рис. 1) в результате работы его на срез и смятие. К заклепке предъявляются два основных требования: плотное заполнение отверстия стержнем заклепки и сильное стягивание склепываемого пакета. Чем плотнее стержень заклепки заполняет отверстие, тем меньше величина возможных сдвигов деталей под воздействием внешних сил N , и чем сильнее стянут пакет заклепками, тем больше будут силы трения между деталями, что обеспечивает вязкость соединения и передачу усилий по поверхности склепываемых деталей; по сути это является основой его хорошей работы.

К недостаткам клепаных соединений следует отнести ослабление сечения соединяемых элементов отверстиями, невысокий предел выносливости (вследствие того, что отверстия являются концентраторами напряжений), появление местных перенапряжений (так как усилия от одного элемента к другому передаются в местах заклепок, а это сказывается на неравномерности силового потока в соединении) и большой шум при производстве клепки.

Из-за недостатков клепаных соединений (в особенности из-за ослабления сечений) стала быстро внедряться сварка. В последние сорок лет она являлась основным видом соединений строительных стальных конструкций, почти полностью вытеснив клепку на заводах, уступая ей иногда только на монтаже.

В сварных соединениях усилия передаются либо поперек шва при соединении встык без накладок (рис. 2, а), либо — вдоль по длине угловых швов (рис. 2, б, в).

К преимуществам сварки по сравнению с клепкой относятся экономия стали, более высокая производительность труда рабочих и, как следствие, больший съем готовой продукции с производственных площадей.

Однако и сварка имеет недостатки. В процессе сварки изделие подвергается неравномерному нагреву сварочной дугой, пред-

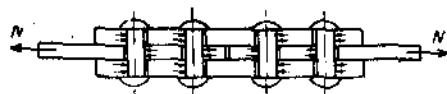


Рис. 1. Заклепочное соединение

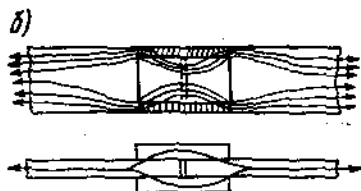


Рис. 2. Схема передачи усилий в сварных соединениях

а — соединение встык без накладок; б — то же, с накладкой; в — соединение внахлестку

ставляющей концентрированный источник тепла, передвигающийся на поверхности изделия. Вследствие теплопроводности металла тепло от сварочной дуги распространяется по изделию, образуя вокруг дуги температурное поле. Металл в зоне сварки, подвергаясь температурному воздействию, изменяет свою структуру и в зависимости от температуры нагрева и скорости охлаждения имеет различные по структурному изменению участки с неодинаковыми механическими свойствами.

Температурное воздействие сварки вызывает в конструкции внутренние напряжения и деформации. Борьба со сварочными напряжениями и деформациями достаточно сложна и требует большого опыта при выполнении сварочных работ.

Болтовые соединения металлических конструкций появились раньше заклепочных. Их применяли еще в те времена, когда конструкции изготовляли из чугуна.

Надежная работа болтового соединения определяется натяжением болта. Так же как и в заклепках, начальное натяжение в болтах сплавивает соединяемые детали и обеспечивает упругую работу соединения в пределах эксплуатационных нагрузок. Для хорошей работы болтов начальное натяжение их должно быть возможно высоким.

Существенное достоинство болтовых соединений — простота монтажа конструкций, что ведет к ускорению процесса возведения сооружения. Несомненным достоинством болтовых соединений является также и то, что для выполнения не требуется сложного и дорогостоящего оборудования. Все это привело к ши-

рокому применению болтовых соединений на монтаже конструкций взамен клепаных и сварных.

Для соединений строительных стальных конструкций применяют точеные, рифленые и нормальной точности болты. Последние могут быть разделены на болты обычной, невысокой прочности, изготавливаемые из углеродистой стали и имеющие временное сопротивление не более 80 кгс/мм^2 , и высокой прочности, изготавливаемые из легированной стали с временным сопротивлением после обработки более 80 кгс/мм^2 .

Точеный болт работает, как и заклепка, на срез и на смятие, однако зазор между стержнем болта и отверстием (порядка $0,3-0,5 \text{ мм}$) делает работу болта менее определенной, чем заклепки.

Под ударами молотка точеный болт должен туго входить в отверстие. Поверхность стержня точеных болтов обрабатывают по второму классу точности.

Точеные болты ставят в тщательно сверленные отверстия. Рассверливание отверстий на монтаже (с меньшего размера до проектного) ручной пневматической машинкой не дает цилиндрического, без косины и овальности отверстия, из-за чего подготовка отверстий для точеных болтов на монтаже является весьма сложной операцией. Постановка же точеных болтов в конусные и овальные отверстия не гарантирует их работу на срез. Вследствие этого точеные болты применяют только в тех случаях, когда нельзя применить другой вид соединения.

В некоторых странах применяются соединения на рифленых болтах. Стержень таких болтов имеет рифы с гранями под углом 90° . Диаметр болтов по вершинам рифов на $0,4-0,6 \text{ мм}$ больше диаметра отверстий. Рифленый болт забивают в отверстие ударами кувалды массой в $2,5-3 \text{ кг}$, рифы при этом сминаются (сплющиваются), заполняют пустоты между собой, и болт плотно сидит в отверстии.

Рифленые болты у нас из-за сложности изготовления не применяются.

Работа обычных невысокопрочных болтов нормальной точности существенно отличается от работы точеных и рифленых болтов, так как диаметр этих болтов на 3 мм меньше диаметра отверстий. Болты невысокой прочности применяют в соединениях при работе стержня болта на растяжение. Сдвигающие силы могут восприниматься болтами только в пределах сил трения, возникающих от натяжения болтов, или если силы трения в работе соединения не участвуют, то для восприятия сдвигающих усилий применяют столики (рис. 3) и другие конструктивные решения. Сдвигающие силы могут восприниматься непосредственно и стержнями болтов после некоторого смещения собранных деталей, однако вследствие больших зазоров между стержнями болтов и стенками отверстий болты в таких соединениях работают неравномерно.

Замена болтов обычной прочности из малоуглеродистой стали высокопрочными болтами из легированной стали позволила создать принципиально новый вид соединения строительных стальных конструкций, получивший название сдвигоустойчивого соединения на высокопрочных болтах.

Отличительная особенность этого соединения состоит в том, что оно основано на трении, возникающем между соприкасающимися поверхностями собранных деталей в результате сильно-го их сжатия болтами.

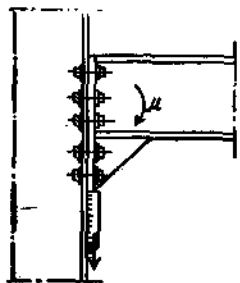


Рис. 3. Столик для восприятия сдвигающего усилия

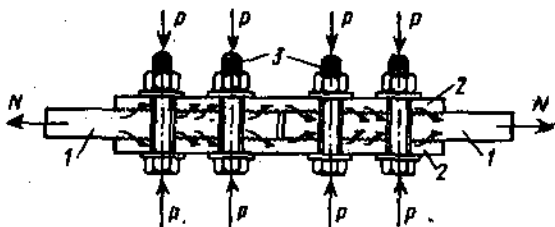


Рис. 4. Передача усилий в сдвигоустойчивом соединении на высокопрочных болтах

На рис. 4 показана принципиальная схема сдвигоустойчивого соединения на высокопрочных болтах, в котором детали 1 перекрыты накладками 2 и весь пакет стянут высокопрочными болтами 3, поставленными в отверстия, диаметр которых несколько больше диаметра стержня болта. Высокопрочные болты натягивают с осевым усилием $P = k\sigma_b$, где σ_b — временное сопротивление разрыву, а k — коэффициент, учитывающий однородность и условия работы болта. Значение k в различных странах колеблется от 0,6 до 0,9. Прочность такого соединения пропорциональна силам, сжимающим пакет (силам натяжения болтов P), и зависит от трения, возникающего между соприкасающимися поверхностями деталей.

Усилия от одного элемента к другому (рис. 4) в сдвигоустойчивом соединении на высокопрочных болтах передаются по плоскостям соприкосновения этих элементов, что выгодно отличает этот вид соединения от клепаных и сварных соединений.

Сдвигоустойчивое соединение можно уподобить слитному (плотному), приближающемуся по характеру работы к клеевому, в котором усилия от одного элемента к другому передаются через клеевую прослойку по всей площади перекрытия деталей.

Впервые высокопрочные болты в монтажных соединениях были применены в США в 30-х годах нашего столетия. Ими заменяли временные монтажные болты и пришедшие в расстройство заклепки, причем величина натяжения болтов не задава-

лась и не контролировалась каким-либо специальным приспособлением и возникающее в соединении трение не учитывалось. Исследования, проведенные в 1938 г. проф. Иллинойского университета (США) Уилсоном, показали, что усталостная прочность стыков на сильно затянутых болтах, диаметр которых меньше диаметра отверстия, выше, чем у заклепочных соединений.

Вторая мировая война задержала дальнейшие исследования и затормозила применение этого соединения. В 1945 г. в Северо-Западном университете США снова были исследованы болтовые соединения с учетом сил трения, развивающихся между деталями. Исследования показали преимущества этого соединения по сравнению с заклепочным при работе не только на статическую, но и на переменную нагрузку.

Масштаб исследовательских работ в США с каждым годом расширялся. Крупных размеров они достигли в 1947 г., когда проф. Уилсон совместно с другими учеными образовал Научно-исследовательский совет по заклепочным и болтовым соединениям, в который вошли представители двенадцати научных учреждений, финансировавших и координировавших научно-исследовательские работы.

С 1947 г. в Иллинойском, Вашингтонском и Северо-Западном университетах исследования соединений на высокопрочных болтах проводились систематически по общему координационному плану исследовательского Совета.

За двадцать лет работы Совета проведена не одна тысяча испытаний, послуживших основанием к тому, что высокопрочные болты прочно вошли в строительную практику США.

В 1948 г. в штате Огайо был построен и открыт для движения на рудной ветке первый железнодорожный мост с монтажными соединениями на высокопрочных болтах.

Все возрастающие масштабы исследовательских работ и применение соединений на высокопрочных болтах побудили Американское общество по испытанию материалов (ASTM) разработать временные технические условия на изготовление и проверку качества высокопрочных болтов. Временные технические условия ASTM A-325 58T были введены в 1951 г. и затем, по мере накопления практических и исследовательских данных, несколько раз подвергались пересмотру и уточнению.

В сентябре 1966 г. Научно-исследовательским советом по заклепочным и болтовым соединениям строительных конструкций была принята новая редакция «Технических условий на применение болтов A325 и A490 в соединениях строительных конструкций». В технических условиях 1966 г. установлены рабочие напряжения и другие расчетные данные для новых болтов A490, а также и для ранее применявшихся болтов A325.

В Канаде американские технические условия приняты в качестве основного нормативного документа для выполнения сдви-

гоустойчивых соединений в строительных конструкциях на высокопрочных болтах.

В настоящее время этот вид соединения в США является основным при строительстве из стальных конструкций.

В Европе соединения металлических конструкций на высокопрочных болтах впервые были применены в Англии и ФРГ. К этому времени в США уже был накоплен достаточный опыт по применению соединений на высокопрочных болтах (для каркасов зданий, железнодорожных и автодорожных мостов, промышленных сооружений различного назначения, спортивных сооружений, выставочных павильонов и т. д.).

В 1955—1956 гг. стальные конструкции с соединениями на высокопрочных болтах появились во Франции, Италии, Австрии, Швейцарии и других странах.

Первоначально строительство таких сооружений в Европе базировалось на американском опыте с использованием американских нормативных документов. Затем в Англии и ФРГ были созданы свои технические условия на изготовление и приемку высокопрочных болтов и на проектирование и монтаж конструкций с их применением.

Очень крупные и обстоятельные исследования, проведенные в 1954—1956 гг. проф. О. Штейнхардтом (ФРГ), оказали существенное влияние на внедрение соединений на высокопрочных болтах и выделили это соединение в самостоятельный вид.

В 1954 г. в ФРГ было построено пролетное строение моста через р. Рур (пролет 45 м) с монтажными соединениями на высокопрочных болтах, а в 1956 г. вышли в свет временные нормы для расчета и конструирования соединений на высокопрочных болтах.

В Англии много внимания уделялось и уделяется сейчас не только изучению прочности соединений на высокопрочных болтах, изучению факторов, влияющих на величину сил трения между соединенными элементами, но также и на усовершенствование способа затяжки высокопрочных болтов. Авторы работ стремятся создать новые типы высокопрочных болтов, которые обеспечивали бы простой и надежный контроль за величиной осевого усилия в болте, возникающего во время натяжения.

Одновременно со всеми европейскими странами Научно-исследовательским институтом мостов в СССР были начаты и успешно завершены исследования соединений на высокопрочных болтах.

В результате исследований выбрана и рекомендована для высокопрочных болтов сталь марки 40Х (ГОСТ 4543—61) и установлены расчетные величины, входящие в формулу расчета сдвигоустойчивого соединения. Итогом этих работ явились «Технические условия на проектирование в металлических конструкциях соединений на высокопрочных болтах» (ВСН 54-61), утвер-

жденные Министерством путей сообщения и Министерством транспортного строительства.

С освоением соединений на высокопрочных болтах, а также приобретением опыта по их выполнению и эксплуатации технические условия 1961 г. были переработаны и заменены «Указаниями по применению высокопрочных болтов в стальных конструкциях мостов ($\frac{\text{ВСН 144-68}}{\text{МПС СССР}}$)
Минтрансстрой СССР.

В настоящее время высокопрочные болты с успехом применяются не только на строительстве новых пролетных строений, но также при замене ослабевших заклепок действующих мостов. Замена ослабевших заклепок новыми не всегда приводит к желаемым результатам, так как и вновь поставленные заклепки нередко в короткий срок выходят из строя. Постановка болтов может производиться рабочими невысокой квалификации ручными тарированными ключами, исключая громоздкое оборудование. Стоимость клепки резко возрастает при смене слабых заклепок, ибо объем работ в этом случае незначителен, а для производства клепки требуются громоздкое оборудование и квалифицированные рабочие.

Исследованиями сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах, помимо Научно-исследовательского института мостов, занимаются ЦНИИпроектстальконструкция, ВНИИмонтажспецстрой, ЛИИЖТ и другие организации.

Если работы Научно-исследовательского института мостов положили начало применению у нас сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах в мостостроении, то в строительных стальных конструкциях сдвигоустойчивые соединения стали применяться после работ ЦНИИпроектстальконструкции Госстроя СССР.

В ЦНИИпроектстальконструкции проведены крупные работы по изысканию прогрессивных марок стали для высокопрочных болтов, уточнению значений коэффициентов трения и условий работы и по изучению факторов, влияющих на прочность сдвигоустойчивого соединения.

На основании исследований в главы СНиП II-V.3-72* «Стальные конструкции. Нормы проектирования» и СНиП III-V.5-62* «Металлические конструкции. Правила изготовления, монтажа и приемки» были внесены пункты, касающиеся расчета и выполнения сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах. Кроме того, в 1964 г. в развитие главы СНиП III-V.5-62* были составлены и утверждены «Временные указания по применению высокопрочных болтов при изготовлении и монтаже строительных стальных конструкций (СН 299-64)».

По мере накопления опыта применения сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах в СНиП вносились коррективы и уточнения, а СН 299-64 как устаревшие подверглись су-

щественной переработке, в итоге которой в 1973 г. утвержден новый производственный нормативный документ «Руководство по выполнению сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах в строительных стальных конструкциях».

За годы, прошедшие со времени монтажа (1959 г.) пролетного строения моста через р. Теза, в котором впервые в СССР были применены сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах, у нас построено много крупных и весьма ответственных сооружений.

Фермы пролетного строения моста через Тезу пролетом 48 м имеют параллельные пояса и треугольную решетку с дополнительными стоками и подвесками. Пролетное строение рассчитано под нагрузку Н8. Масса пролетного строения 159 т.

В 1963 г. построен мост через канал Фархадской ГЭС. Сварное пролетное строение этого моста имело пролет 110 м с ездой понизу, рассчитанное на железнодорожную нагрузку Н8. Пролетное строение имеет массу 457 т, оно изготовлено из стали марки 10Г2СД. Все монтажные соединения осуществлены сдвигоустойчивыми на высокопрочных болтах М22 из стали марки 40Х.

Всего на монтаже пролетного строения поставлено около 18 400 шт. высокопрочных болтов.

На Украине высокопрочные болты были впервые применены в 1961 г. на монтаже рудно-грейферного крана-перегрузателя Коммунарского металлургического завода. Особенность этих болтов заключалась в том, что они изготовлены из стали Ст5 диаметром 22 мм (на кране их около 600 шт.).

В 1961—1962 гг. смонтирована подкраново-подстропильная ферма главного корпуса мартеновского цеха Ждановского металлургического завода имени Ильича.

Подкрановая балка среднего ряда запроектирована в виде подкраново-подстропильной фермы высотой 15,2 м и пролетом 48 м. Элементы фермы изготовлены из низколегированной стали марки 10ХСНД с пределом текучести 40 кгс/мм². Все элементы и заводские стыки фермы — сварные; масса подкраново-подстропильной фермы — 250 т.

Монтажные соединения подкраново-подстропильных ферм выполнены сдвигоустойчивыми на высокопрочных болтах М24 из стали марки 35. Всего поставлено около 47 000 болтов. Перед постановкой болтов соприкасающиеся поверхности сопрягаемых элементов были обработаны опескоструиванием (чистым горным кварцевым песком без примеси глины). Очистка, как правило, производилась до монтажа. В тех случаях, когда очищенные поверхности (из-за задержки с монтажом) темнели и на них появлялись признаки коррозии, повторная обработка поверхностей опескоструиванием производилась наверху.

Почти все здания конверторных цехов, строящихся в СССР, имеют сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах. Так, в главных зданиях конверторных цехов Челябинского (рис.

Металлолом

Первый научный сайт про металлы в Рунете

Большое спасибо за чтение ознакомительной версии контента с сайта “Металлолом”. Если вы заинтересованы в полной версии, пожалуйста - нажмите кнопку “Facebook” или “Twitter” и поделитесь своей находкой, чтоб остальным было легче найти наш сайт.

После этого вам нужно будет обновить страницу, где вы расшарили ссылку - и полный контент будет доступен вам для чтения онлайн прямо на сайте!

Если вы находите данный ресурс полезным - пожертвуйте, сколько можете

<https://secure.wayforpay.com/payment/mitalolom>



Важно!

Весь контент защищен авторскими правами и служит только для ознакомительных целей - например, когда вам нужно написать реферат или курсовую.

После прочтения и ознакомления, вам нужно будет удалить скачанный контент или оплатить издателю.