

АТОМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Корпоративное издание саморегулируемых
организаций атомной отрасли

№7(1)

февраль

2012

СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»



**Н.Н. Шемигон: «Планка
ядерной безопасности на
должной высоте».**

В номере:

■ Тема номера

Обеспечение соблюдения законодательства о градостроительной деятельности – важнейший элемент обеспечения качества производства работ и безопасности объектов капитального строительства.

■ Интервью

Генеральный директор ФГУП «СНПО «Элерон», Председатель Комитета СРО по информационным технологиям Николай Николаевич Шемигон

■ Технологии членов СРО

В декабре 2011 года в рамках Форума «АТОМЕКС-2011» организации-члены СРО атомной отрасли представили современные строительные технологии, применяемые при сооружении АЭС. В этом номере мы представляем некоторые из этих технологий.



Группа компаний
ПромСтройКонтракт

Технологии механического соединения арматуры

ЗАО «Промстройконтракт»

В настоящее время в России широко развивается строительство из монолитного железобетона. Возрастающие объемы монолитного строительства диктуют необходимость перехода на более надежные и скоростные технологии возведения зданий и сооружений. При проектировании и возведении монолитных зданий и сооружений возникает проблема соединения стержней арматуры, так как длина поставляемых металлургическими предприятиями стержней ограничена условиями транспортировки и не превышает 12 м.

В нашей стране в основном применяются сварные и нахлесточные соединения арматуры. Причем от применения сварных соединений строители отказываются, это связано с высокой стоимостью электроэнергии, привлечением высококвалифицированных сварщиков, с более сложным контролем качества работ, большей трудоемкостью сварных соединений при большом количестве стыкуемых стержней. Кроме этого ГОСТ 10922 допускает разупрочнение сварных соединений арматуры на 5-10% от нормативного временного сопротивления соединяемой арматуры.

Наиболее простым способом соединения стержневой арматуры является соединение внахлестку без сварки, когда усилия с одного стыкуемого стержня на другой передаются за счет сил сцепления с окружающим бетоном. Являясь наиболее простым, соединение внахлестку имеет ряд существенных недостатков: перерасход арматуры за счет перепуска стержней; необходимость установки дополнительной поперечной арматуры в зоне соединения; затруднение бетонных работ в густоармированных конструкциях, за счет скопления в зоне соединения большого количества арматуры, поэтому в некоторых случаях это приводит к увеличению размеров поперечного сечения элемента.

Длина нахлестки по СП 52-101-2003 примерно в два раза больше длины нахлестки по СНиП 2.03.01-84*. Это приведет к ещё большему перерасходу арматуры за счёт перепуска стержней, который будет достигать 40-50% и сделает применение нахлесточных соединений экономически невыгодным. Кроме этого в соединении

внахлест передача усилия с одного стержня на другой осуществляется через окружающий бетон и при разрушении защитного слоя прочность соединения становится равной практически нулю, что может привести к разрушению конструкции, например при пожаре.

Поэтому возникает необходимость поиска новых способов соединения арматурных стержней. Альтернативным способом, исключающим эти и большинство прочих недостатков, является соединение стержней периодического профиля с помощью механических соединений. При этом выделяются сжатые стыки, которые воспринимают только сжимающие усилия, и передача усилий в которых с одного стержня на другой осуществляется опиранием торцов, и сжато-растянутые стыки, которые могут воспринимать как сжимающие, так и растягивающие усилия.

В большинстве сжато-контактных соединений сжимающие напряжения передаются сосредоточенным опиранием торцов стержней. Торцы арматурных стержней, соединяемых сжатым контактным стыком, должны соприкасаться и быть перпендикулярны их оси с допуском ($\pm 1,5\%$) на каждый стержень. Однако сжато-контактные соединения не нашли массового применения, т.к. мало встречается конструкций воспринимающих только сжимающие нагрузки.

Необходимо отметить, что получение экономии является второстепенной целью применения механических соединений арматуры, а главной целью является повышение надежности соединений, что особенно важно при строительстве ответственных зданий и сооружений, таких как объекты использования атомной энергии. Поэтому в большинстве стран мира, в том числе в Великобритании, США и Германии, для стыкования арматуры диаметром 25—40 мм применяют только механические соединения арматуры, гарантирующие надежность сооружения. В России же применение механических соединений арматуры диаметром от 22 мм предусмотрено в СНиП II-7-81* в редакции 2011 года

для конструкций зданий и сооружений при строительстве в сейсмоопасных районах (7, 8 и 9 баллов).

За рубежом механические соединения арматуры применяются с 60-х годов прошлого века. В России массовое применение механических стыков в монолитном строительстве началось лишь с 2005 года. Наибольшее применение нашли только опрессованные и резьбовые стыки. В России механические соединения арматуры применялись на объектах различного назначения и разной степени ответственности, таких как Москва – Сити, бизнес центр Siemens, мостовой переход на о. Русский и через бухту Золотой Рог, стадионы и спортивные сооружения к Олимпиаде 2014 года в Сочи, к Универсиаде 2013 года в Казани и к Чемпионату Мира по футболу 2018 года и многие другие крупные объекты. Нельзя не упомянуть, что различные типы механических соединений арматуры были использованы также при строительстве Нововоронежской, Белоярской, Ленинградской АЭС, сухого хранилища ядерных отходов.

Высокая надежность и экономическая эффективность рассматриваемых механических соединений арматуры создают перспективу их массового применения при возведении многоэтажных зданий из монолитного железобетона. В соответствии с Рекомендациями по механическим соединениям арматурной стали для железобетонных конструкций РА-10-1-04 к сжато-растянутым механическим соединениям арматуры предъявляются три основных требования на растяжение – это прочность, деформативность (сдвиг стержней в муфте или втулке) и пластичность, которые должны соответствовать нормам, указанным в таблице 1.

Сжато-растянутые механические соединения также должны выдерживать 2 млн. циклов при испытании на выносливость, т.е. к таким соединениям предъявляются более жесткие требования нежели к сварным или соединениям внахлест.

Таблица.1: Механические свойства сжато-растянутых механических соединений арматуры

Разрывное усилие P_B , кН	Деформативность Δ при растяжении ²⁾ , мм	Равномерное относительное удлинение арматуры δ_p после разрушения соединения, %
не менее	не более	не менее
$y_B \cdot F_s^{1)}$	0,1	2

Примечания:

1) F_s – номинальная площадь поперечного сечения соединяемой арматуры по нормативным документам на её производство; σ_s – браковочное значение временного сопротивления соединяемой арматуры по нормативным документам на её производство.

2) За деформативность соединения принимается значение пластической деформации стыка при напряжении в арматуре, равном $0,6\sigma_m$ ($0,6\sigma_{0,2}$), где σ_m ($\sigma_{0,2}$) – браковочное значение физического или условного предела текучести арматуры по нормативным документам на её производство.

Требования к сжато-растянутым механическим соединениям не допускают их разупрочнения как в случае со сварными соединениями, т.е. прочность соединения должна быть не меньше нормативного временного сопротивления соединяемых стержней. И соответственно, равнопрочность – главное преимущество механических соединений арматуры. Таким образом, при проведении испытаний на разрушение до разрыва в большинстве случаев разрушение происходит пластично по основному металлу арматурного стержня (Рис.1).

Другим важным преимуществом по сравнению с нахлесточными соединениями является то, что передача усилий с одного стержня на другой осуществляется через муфту, поэтому при разрушении защитного слоя механическое соединение не теряет своей прочности, как в случае соединения внахлест без сварки.

По сравнению со сварными соединениями (в первую очередь с ванно-шовными соединениями) следует отметить не только скорость изготовления стыка и отсутствие необходимости в высококвалифицированных специалистов, но и существенно низкие энергозатраты на подготовку арматурных стержней и/или их стыкование.

Опрессованные соединения.

Обжатые в холодном состоянии соединения изготавливаются из стальной бесшовной трубы, в которую заводятся концы соединяемых стержней и посредством протяжки или последовательно поперечного обжатия производится опрессовка соединения (рис. 2).

Для соединения стержней диаметром 40 мм и меньше используется пресс бокового действия. Этот пресс, состоящий из одной части, монтируется вокруг втулки,

и внешний штамп помещается внутрь прессы. Внутренний штамп прижимается к внешнему с помощью гидравлики, таким образом, обжимая неполную длину муфты. Втулка обжимается по сегментам вдоль её длины, до тех пор, пока не будет полностью обжата. Прессы вместе со штампами весят от 30 до 50 кг. Для создания соединений они должны быть подвешены с помощью блока, полиспаста или пружинного противовеса к опалубке, подмостям или непосредственно стержням.

Обжимные прессы используют гидравлический насос, работающий от электрического или бензинового источника энергии. В обычных условиях насос может быть установлен на расстоянии до 10 м от места использования прессы. В специальных случаях это расстояние может быть увеличено.

При создании обжатых соединений не требуется никакой специальной подготовки концов стержней (стержни могут быть отрезаны ножницами или сваркой). Внутренний диаметр втулки назначается с достаточным допуском, чтобы она могла быть свободно установлена на арматурных стержнях. Стержни могут быть соединены в любом положении. Ограничением по применению может стать шаг арматуры в густоармированных конструкциях меньше 100 мм, где оборудование для обжима попросту не пройдет между стержнями арматуры.

Механические соединения с конусной резьбой

Конусная резьба ликвидирует возможные повреждения, пересекающие резьбу до того, как достигается полное зацепление резьбы. Нарезка резьбы на концах стержней осуществляется машиной в цеху или на стройплощад-

ке. Концы стержней защищаются от повреждений при отгрузке и обработке. Стержни могут быть соединены в любом положении. Сборку соединения выполняют закручиванием муфты на один стержень и установкой второго стержня внутрь муфты с последующим закручиванием. Для закручивания соединения используют динамометрический ключ (рис.3а). Значение момента затяжки, в зависимости от диаметра соединяемой арматуры, варьируется в пределах от 40 до 350 Нм. Для затяжки соединения требуется от 4 до 5 оборотов. Этим типом муфт могут быть соединены стержни разного диаметра. С помощью этих муфт можно прикрепить арматурный стержень к металлической пластине (рис.3б).

Механические соединения для стержней с накатанной резьбой

Эти муфты имеют внутреннюю резьбу и требуют накатанной резьбы на концах арматурных стержней (рис.4).

Накатанная резьба используется для уменьшения области ослабления стержня. При применении этого типа соединений, в расчете учитывается полная площадь сечения арматурного стержня (до накатки резьбы). Это возможно из-за упрочнения стержня в зоне резьбы в процессе холодного деформирования (накатки).

Накатка резьбы на концах стержней может быть осуществлена в мастерской или на стройплощадке. Должны быть приняты меры для защиты концов стержней от повреждений в процессе отгрузки и монтажа.

Сборка стыка осуществляется закручиванием резьбовой муфты на один стержень и установкой второго стержня внутрь муфты с последующим закручиванием.



Рис.1: Образцы механических соединений арматуры после испытаний на разрушение до разрыва



Рис.2: Обжатые в холодном состоянии соединения



Рис.3: Муфта с конусной резьбой

Требования к сжато-растянутым механическим соединениям не допускают их разрушения как в случае со сварными соединениями, т.е. прочность соединения должна быть не меньше нормативного временного сопротивления соединяемых стержней. И соответственно, равнопрочность – главное преимуществом или сваркой). Внутренний диаметр втулки назначается с достаточным допуском, чтобы она могла быть свободно установлена на арматурных стержнях. Стержни могут быть соединены в любом положении. Ограничением по применению может стать шого стержня внутрь муфты с последующим закручиванием. Для закручивания необходимо 4-5 оборотов. В процессе сборки необходимо применять динамометрический ключ. Момент затяжки соединения арматуры диаметром 40 мм порядка 300 Нм.

Механические соединения для стержней с нарезанной резьбой

Нарезка цилиндрической резьбы выполняется за три этапа:

- стержень отрезается под прямым углом;
- путем холодной высадки производилось увеличение диаметра конца стержня, на котором будет нарезана резьба;

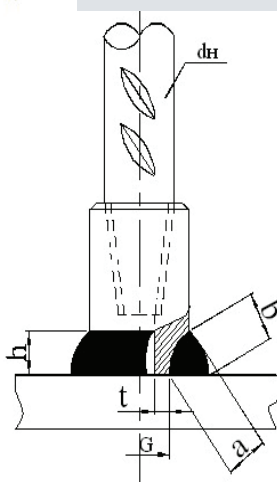


Рис.4: Муфты для стержней с накатанной резьбой

механическим соединениям арматуры для зданий и сооружений атомных станций. В настоящий момент находится в разработке СТО СРО «СоюзАтомСтрой» на механические соединения арматуры. Все больше и больше научных и экспериментальных подтверждений возможности применения механических соединений арматуры на объектах повышенной ответственности. Ведущие научно-исследовательские институты проводят всевозможные испытания соединений арматуры с помощью муфт, в том числе и исследования прочности и деформативности таких соединений, испытания на растяжение при отрицательных температурах, испытания на циклические нагрузки, исследования по применению в агрессивных средах и др.

Окончательный выбор технологии зависит от конструктивных особенностей проекта, возможностей подрядных организаций, выполняющих арматурные работы, и экономической целесообразности применения того или иного метода стыковки арматуры.

• затем на конце стержня нарезается резьба.

За счет увеличения диаметра конца стержня путем холодной высадки, ослабления сечения стержня после нарезки резьбы не происходит. При таком способе нарезки разрушения механических соединений при испытании на растяжение происходит по основному металлу (по арматуре). Сборка выполняется с помощью динамометрического ключа, порядок сборки аналогичен соединениям с конусной и накатанной резьбой.

Технологии механического соединения арматуры успешно включены в проекты и применяются в том числе и на объектах использования атомной энергии. В качестве примера можно привести технологии Lenton и Lenton Plus при строительстве ЛАЭС (здание водоподготовки) и НВАЭС (первый реактор и градирня). Также на сегодняшний день запускается оборудование на НВАЭС технологии Vartec.

В 2006 году НИИЖБ по заказу концерна Росэнергоатом разработал РД ЭО. В данном документе регламентированы общие требования, предъявляемые к