

Демпфирующие свойства материалов слоев трехслойной оболочки учитываются на основе концепции комплексного модуля упругости $E_k^* = E_k(a_k + ib_k)$, $G_k^* = G_k(a_k + ib_k)$, где E_k , G_k – модули упругости материала, $a_k = (4 - \gamma_k^2)/(4 + \gamma_k^2)$, $b_k = 4\gamma_k^2/(4 + \gamma_k^2)$, γ_k – коэффициент внутреннего трения материала k -го слоя ($k = 1, 2, 3$), i – мнимая единица. Уравнения движения неупругой оболочки в этом случае получаются заменой в уравнениях идеально упругой конструкций модулей упругости E_k , G_k на соответствующие операторы E_k^* , G_k^* :

$$[M]\{\ddot{U}\} + [\tilde{L}]\{U\} = \{F\},$$

где $[M]$ – матрица масс; $\{U\}^T = \{u, v, w, \psi_1^{(k)}, \psi_2^{(k)}\}$ – искомая вектор-функция перемещений; $u(x_1, x_2, t)$, $v(x_1, x_2, t)$ – тангенциальные перемещения точек срединной поверхности заполнителя в направлении координатных осей (линий главных кривизн для оболочки) x_1 и x_2 соответственно; $w(x_1, x_2, t)$ – прогиб; $\psi_1^{(k)}(x_1, x_2, t)$ и $\psi_2^{(k)}(x_1, x_2, t)$ – полные углы поворота прямолинейного элемента k -го слоя в координатных плоскостях x_1Oz и x_2Oz ; $[\tilde{L}] = [\tilde{l}_{ij}]$ ($i, j = 1, \dots, 9$) – матрица, элементами которой являются линейные дифференциальные операторы по переменным x_1 и x_2 с постоянными комплексными коэффициентами; $\{F\}$ – вектор нагрузок.

В работе исследовались стационарные колебания оболочки, вызванные воздействием сосредоточенной нагрузки $q_z(x_1, x_2, t) = e^{i\theta t} \delta(x - \varphi_p) \delta(x - x_p)$ на внешний несущий слой. Решение строилось на основе методов Фурье и комплексных амплитуд. Построены амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики трехслойной оболочки.

Представлено решение модельной задачи – воздействие импульса давления $p(x_1, x_2, t) = A\delta(t) \cos x_1 H(\pi/2 - |x_1|)$ на верхний несущий слой цилиндрической сэндвич-оболочки. Здесь A – амплитуда импульса, $\delta(t)$ – дельта-функция Дирака, $H(x_1)$ – функция Хевисайда. Решение сформулированной начально-краевой задачи построено на основе методов Фурье и преобразования Лапласа по времени. Результаты исследований как стационарных, так и нестационарных колебаний оболочки позволяют сделать вывод о том, что, несмотря на малую величину сил внутреннего трения, их влияние весьма заметно и можно рассматривать как положительный фактор, приводящий к снижению амплитуд колебаний.

УДК 693.554:621.791

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ

В. В. ВРУБЛЕВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные сварочные технологии широко применяются практически на каждом предприятии при выпуске продукции, а также при строительных, ремонтных и восстановительных работах. Являясь межотраслевым, сварочное производство перерабатывает большую часть всего металлопроката республики. Сварка сегодня и в будущем — единственный быстрый, качественный и прогрессивный способ резки, соединения металлов и неметаллов, поэтому данная тема всегда будет актуальна.

При производстве железобетонных изделий (ЖБИ) большой объем сварочных работ приходится на монтаж пространственного арматурного каркаса, где основным типом соединения является крестообразное. В соответствии с требованиями нормативных документов [1] стыковку крестообразного соединения следует осуществлять контактной точечной сваркой, которая предполагает соединение арматурных стержней диаметрами $d = 4 \dots 32$ мм, сваркой в месте их пересечения. Однако процесс сварки усложняется тем, что сварочные клещи массой 6 кг снижают производительность труда и

делают работу более трудоемкой. Габаритные размеры клещей не всегда позволяют подвести электроды в нужное место свариваемых накрест прутков арматуры пространственного каркаса. Это может грозить пропуском сварных швов или недостаточной выдержкой арматуры между электродами. В результате прочность сцепления арматурного узла будет низкой.

Применение дуговой сварки полуавтоматами в среде защитных газов все больше возрастает благодаря простоте процесса сварки, возможности применения сварки в различных пространственных положениях и получения высокого качества сварных швов. Однако номинальный диаметр свариваемых стержней, согласно нормативным документам, должен быть не менее 10 мм.

Цель работы – определение прочности сцепления крестообразного соединения арматурных стержней диаметрами менее 10 мм, выполненного дуговой сваркой полуавтоматом в среде активного газа CO₂ плавящимся электродом, и возможности применения данного вида соединения крестообразных узлов для армирования ЖБИ на ОАО «Гомельский ДСК». Рассматриваемая задача была вызвана необходимостью модификации процесса сварки пространственных каркасов в условиях предприятия-изготовителя без переоборудования цеха.

Для проведения исследования прочностных характеристик крестообразных соединений арматуры различного диаметра были изготовлены испытательные образцы. Эксперименты проводились в несколько этапов:

- определение прочности сцепления крестообразного соединения, выполненного дуговой сваркой полуавтоматом в среде активного газа;
- сравнение прочности сцепления крестообразных соединений, выполненных наиболее распространенными способами сварки для арматуры диаметром менее 10 мм;
- сравнение энергозатрат контактно-точечного способа сварки арматурного каркаса и дуговой сварки полуавтоматом в среде активного газа.

Несущая способность сварного соединения определялась характером разрыва арматурного стержня. Результаты испытаний крестообразных соединений на разрыв показали, что при приложении нормативной нагрузки разрушения не возникали.

При превышении нормативной нагрузки на 80–90 % установлены следующие характерные разрушения: по стержню в зоне сварного шва – в 81 % случаев, по сварному шву – в 19 %.

Анализ технических характеристик и времени сварки по результатам исследований доказал явные преимущества дугового способа сварки полуавтоматом в среде активного газа перед контактно-точечной [2]. Экономический эффект дугового процесса сварки будет проявляться в снижении трудоемкости изготовления, сокращении времени сварки, увеличении производительности выпуска арматурных блоков для наружных стеновых панелей без потери качества и прочности сварных соединений.

Преимущества дуговой сварки полуавтоматом в среде активного газа обеспечиваются минимальным воздействием на структуру и свойства металла, прилегающего к зоне сварки (высокая плотность тока, локальный нагрев), высоким качеством шва, уменьшением трудоемкости его обработки (отсутствие окалины, вскипания сварочной ванны), простотой применения, не требующей высокой квалификации сварщика (автоматический поджиг и удержание дуги, постоянный контроль качества шва).

Результаты проведенных исследований показывают на возможность замены контактно-точечного способа сварки дуговым способом сварки полуавтоматом в среде активного газа, однако в настоящее время она практически не может использоваться для сварки арматуры малых диаметров (до 10 мм), которая широко применяется в современном панельном домостроении. Это обусловлено отсутствием нормативной базы, регламентирующей требования к дуговой сварке арматуры малых диаметров. Зачастую разработчики нормативных документов не учитывают технической возможности предприятий-изготовителей железобетонных изделий. Поэтому необходимо нарабатывать результаты практических испытаний по данному виду сварки для дальнейшей разработки технологического регламента и внедрения его в современное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТБ 2174-2011. Изделия арматурные сварные для железобетонных конструкций. Технические условия. – Введ. 2011-02-23. – Минск: Госстандарт, 2011. – 46 с.

2 Врублевская, В. В. Уменьшение трудоемкости изготовления арматурных блоков для наружных стеновых панелей / В. В. Врублевская, А. А. Васильев, Д. М. Гурский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI междунар. науч.-техн. конф. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 280–281.