

Ю. А. ЦУМАРЕВ, С. Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, кандидаты технических наук, Е. Н. ЦУМАРЕВ (Белорусско-Российский университет, г. Могилев), В. К. ШЕЛЕГ, д-р техн. наук (БНТУ, г. Минск, Беларусь), e-mail: u_tsumarev@mail.ru

Влияние формы точки на несущую способность сварного соединения

Дан анализ напряженно-деформированного состояния соединений, выполненных контактной точечной сваркой. Показано, что их несущая способность зависит от формы сварной точки и ее расположения относительно продольной оси соединения.

Ключевые слова: контактная точечная сварка, концентрация напряжений, напряженно-деформированное состояние, расчетная схема, нахлесточное соединение.

The stress-strain state of joints made by the contact spot welding is analyzed. It was shown that their carrying capacity depends on the shape of welded point and its location relative to the connection longitudinal axis.

Keywords: contact spot welding, stress concentration, the stress-strain state, the analytical model, lapping connection.

Контактная точечная сварка нашла широкое применение в машиностроительной промышленности благодаря своей экономичности, высокой производительности и хорошим санитарно-гигиеническим показателям процесса. Но эти соединения имеют низкую работоспособность, особенно при эксплуатации в условиях циклического нагружения. Повышение их работоспособности является актуальной задачей.

Основная причина низкой статической и циклической прочности таких соединений — значительная концентрация рабочих напряжений, обусловленная резким изменением размеров и формы [1, 2]. К тому же концентрация напряжений усугубляется вредным влиянием изгиба, обусловленного внецентренным приложением продольной растягивающей нагрузки к соединяемым пластинам на участках за пределами сварной точки.

Одним из факторов, приводящих к концентрации напряжений, является сужение силового потока и соответствующее ему сгущение силовых линий, вызванное меньшим поперечным размером сварной точки по сравнению с шириной соединяемых пластин [3]. Для исключения этого необходимо изменить форму сварной точки, увеличив ее поперечный размер. Чтобы проверить справедливость данного предположения и определить характер влияния формы сварной точки на ее несущую способность, рассчитали напряженно-деформированное состояние точечных соединений разных конструкций (рис. 1). Следует отметить, что все точки имели одинаковую площадь рабочего сечения. Кроме точек круглой формы были исследованы овальные точки с соотношением полуосей 1 : 2 при продольном и поперечном их расположении относительно оси сварного соединения. Соединяли стальные листы толщиной 4 + 4 мм. Для расчетов использовали пакет прикладных программ SOLID WORKS.

Рассчитывали нахлесточное соединение, в котором разрушающие силы P были направлены по одной прямой в противоположные стороны (см. рис. 1, в) [4]. Таким образом было обеспечено соблюдение принципа статического равновесия.



(Окончание статьи. Начало см. на стр. 50)

7. **Forecasting** groundwater level using artificial neural networks/ P. D. Sreekanth, N. Geethanjali, P. D. Sreedevi e.t.c. CURRENT SCIENCE. 2009. V. 96. N. 7; <http://www.ias.ac.in/currsci/apr102009/933.pdf>

8. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

9. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс: Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с.

10. **A Direct Adaptive Method for Faster Backpropagation Learning: The RPROP Algorithm** by Martin Riedmiller, Heinrich Braun, University of Karlsruhe, W-7500 Karlsruhe, FRG; <http://paginas.fe.up.pt/~ee02162/dissertacao/RPROP%20paper.pdf>

11. **Advanced Supervised Learning in Multi-layer Perceptrons — From Backpropagation to Adaptive Learning Algorithms**, Martin Riedmiller, University of Karlsruhe, W-76128 Karlsruhe, FRG; <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.27.7876&rep=rep1&type=pdf>

12. **Методы** робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н. Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 744 с.

13. **Зак А. М., Чумаченко Е. Н.** Применение регуляторов на основе нечеткой логики при производстве аэродромных плит марки ПАГ // Научные исследования в области транспортных, авиационных и космических систем "АКТ-2009" (авиация, космос, транспорт): Тр. X Всерос. научн.-техн. конф. и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. Воронеж: ООО Фирма "Элист", 2009.

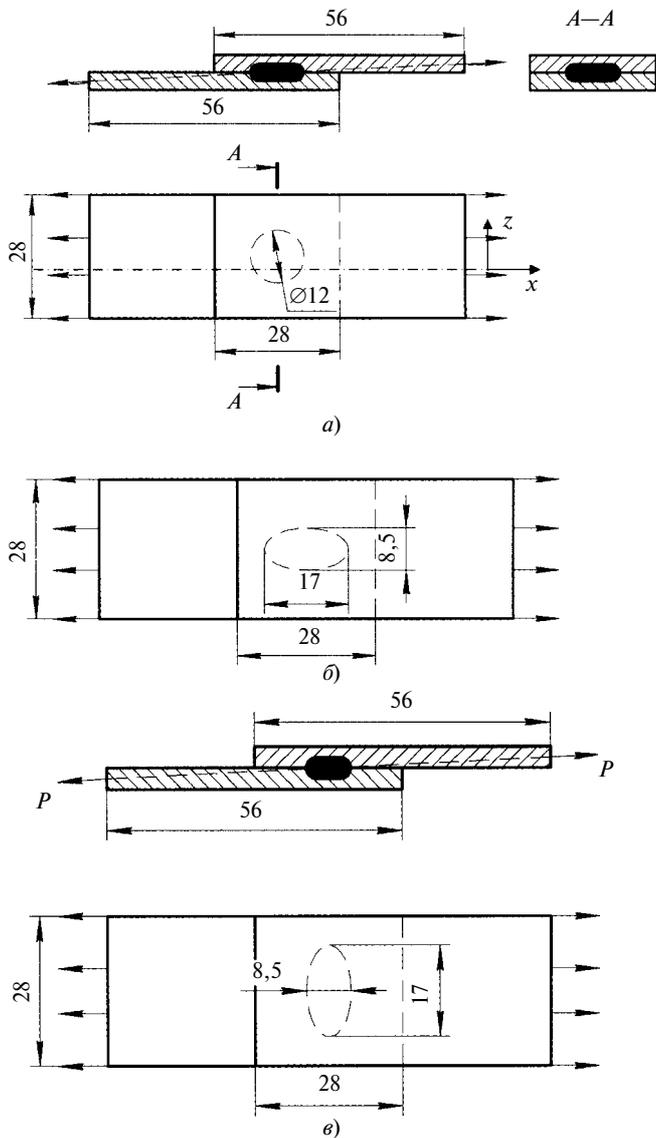


Рис. 1. Схемы точечных сварных соединений с круглой (а), овальной продольной (б) и овальной поперечной (в) точками

Результаты расчетов приведены на рис. 2 и 3. На рис. 2 показано распределение интенсивности напряжений вдоль продольной (x) и поперечной (z) осей, проходящих через центр соответствующей точки. На рис. 3, а показано распределение касательных напряжений τ_{xy} , а на рис. 3, б — нормальных напряжений σ_x . Как видно из приведенных на рис. 2 и 3 зависимостей, форма сварной точки и ее расположение относительно оси соединения оказывают значительное влияние на распределение рабочих напряжений. Наибольшие рабочие напряжения, а также касательные и нормальные напряжения отмечались для овальных точек, большая ось которых располагалась вдоль оси соединения, меньшая — поперек. Максимальные рабочие напряжения в поперечной овальной точке по сравнению с круглой точкой уменьшились со 170 до 120 МПа,

т. е. в 1,4 раза, максимальные касательные напряжения τ_{xy} также снизились — с 82 до 60 МПа, а максимальные нормальные напряжения уменьшились с 200 до 163 МПа, т. е. в 1,23 раза. Характерно, что уменьшение рабочих напряжений в точках, расположенных на продольной оси, сопровождается их увеличением в точках, лежащих на поперечной оси. Наибольшие напряжения имели место в соединении с продольным расположением овальной точки. Таким образом, соединение с поперечно расположенной овальной точкой характеризуется более равномерным распределением рабочих напряжений, в котором более нагруженной является центральная область сварной точки.

Изменением отношения большой и малой осей овала сварной точки можно влиять на максимальное значение рабочих напряжений и добиваться

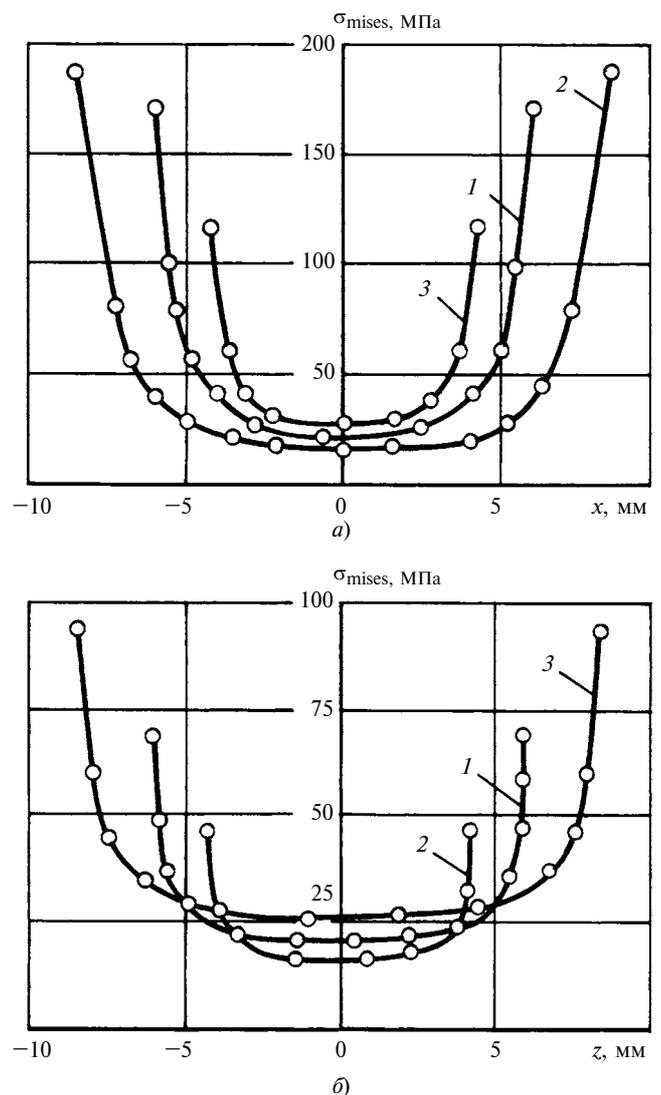


Рис. 2. Распределение интенсивности напряжений вдоль продольной (а) и поперечной (б) осей: 1, 2, 3 — соответственно для круглой, овальной продольной и овальной поперечной точек

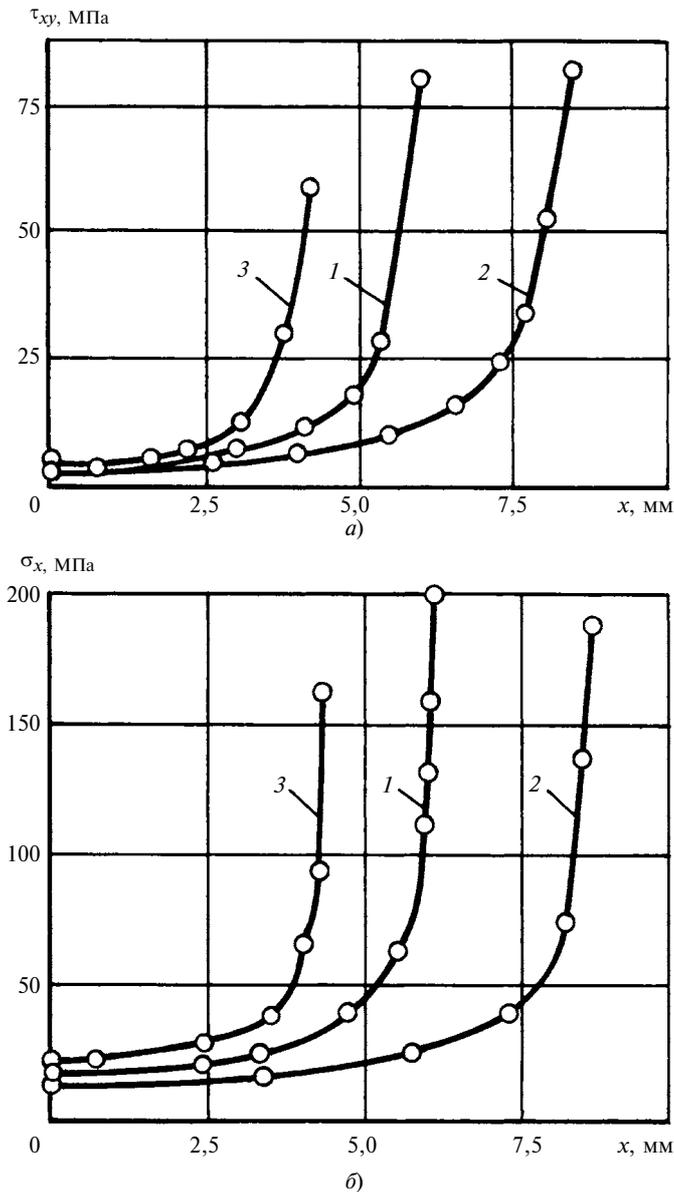


Рис. 3. Распределение касательных (а) и нормальных (б) напряжений вдоль продольной оси:
 1, 2, 3 — соответственно для круглой, овальной продольной и овальной поперечной точек

большей прочности сварного точечного соединения. Поэтому точечное соединение с поперечно расположенной овальной точкой можно рекомендовать для применения в практике контактной точечной сварки. Следует отметить, что при практическом использовании рассматриваемого технического решения уменьшается продольный размер сварной точки, что позволяет уменьшить взаимное перекрытие соединяемых деталей (нахлестку) и, следовательно, расход основного металла, т. е. уменьшить массу соединения в целом.

Рассматриваемый вопрос заслуживает внимания исследователей с целью разработки более кон-

кретных рекомендаций для практического использования некруглых сварных точек в реальных конструкциях.

Для получения сварных точек овальной формы можно использовать электроды некруглой (не обязательно строго овальной) формы. Точечные соединения можно также получить с помощью рельефов, закладываемых между деталями перед сваркой. Использование рельефов мало освещено в технической литературе, хотя очевидно, что они могут дополнительно воздействовать на процесс контактной точечной сварки. Например, меняя химический состав материала рельефа, можно решать технологические задачи подбором оптимальной температуры его плавления и удельного электросопротивления, а регулировать прочность можно легированием металла литого ядра элементами, вводимыми в материал рельефа при образовании точки. При этом форма полученной точки будет в значительной степени определяться формой и размерами используемого рельефа.

Авторами были проведены эксперименты по контактной точечной сварке оцинкованной низкоуглеродистой стали с использованием закладных рельефов из коррозионно-стойкой стали X18H10T, которая имеет более низкую температуру плавления и в 7 раз более высокое электросопротивление, чем низкоуглеродистая сталь. Полученные результаты показали, что благодаря подобранному таким образом материалу закладного рельефа удалось обеспечить приемлемую степень сохранности защитного цинкового покрытия и повысить коррозионную стойкость сварного соединения.

Результаты могут быть использованы при создании электрозаклепочных сварных соединений, в которых поперечно расположенные овальные точки также будут обладать более высокими характеристиками несущей способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. **Тумаков С. Ф.** Повышение выносливости контактных точечных соединений локальным пластическим обжатием // Сварочное производство. 1981. № 2. С. 17—19.
2. **Тумаков С. Ф., Подола Н. В.** Сопротивление усталости нахлесточных соединений, выполненных точечной и рельефно-точечной сваркой // Автоматическая сварка. 1981. № 2. С. 65, 66.
3. **Николаев Г. А., Куркин С. А., Винокуров В. А.** Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. М.: Высшая школа. 1971. С. 127.
4. **Цумарев Ю. А.** Расчет напряженно-деформированного состояния нахлесточных соединений // Сварка и диагностика. 2011. № 2. С. 14—18.