

3. Болотов Г. П. Порівняльна оцінка ефективності джерел енергії для дифузійного зварювання у вакуумі. / Г. П. Болотов, М. Г. Болотов // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2010. – № 42. – С. 144-147.
4. Болотов М. Г. Ефективність нагріву при зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом. / М. Г. Болотов, Т. Р. Ганєєв // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2012. – № 55. – С. 126-131.
5. Смирнов Б. М. Физика слабоионизированного газа / Б. М. Смирнов. – М.: Наука, 1978. – 416 с.
6. Каганов И. Л. Ионные приборы / И. Л. Каганов. – М.: Энергия, 1972. – 525 с.

УДК 621.791.052

Л.Б. Шрон, канд. техн. наук

В.Б. Богуцкий, канд. техн. наук

Б.Л. Шрон

Б.В. Богуцкий

Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ И РАДИУСОВ ПЕРЕХОДА ШВА К ОСНОВНОМУ МЕТАЛЛУ В СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

В статье приведена методика исследования геометрических параметров зоны сопряжения стыкового шва с основным металлом и характер их распределения по фронту шва.

Постановка проблемы. Работоспособность сварных соединений в условиях усталостного и хрупкого разрушения в значительной степени зависит от локального повышения напряжений в зонах конструктивных и технологических концентраторов. Несмотря на то, что стыковые соединения обеспечивают меньшую концентрацию напряжений по сравнению с другими типами соединений, но и у них из-за концентрации напряжений наблюдается резкое снижение сопротивления усталости. Решающее значение при этом приобретает плавность сопряжения шва с основным металлом.

Анализ литературы. Экспериментальные данные большинства исследователей свидетельствуют о том, что основное влияние на концентрацию напряжений в стыковых швах и их сопротивление усталости оказывают угол перехода шва к основному металлу φ и радиус сопряжения r (рис. 1). В ряде работ решающим фактором, определяющим сопротивление усталости сварных соединений, считается угол перехода φ . При увеличении его от нуля (без усиления) до 60° сопротивление усталости стыковых соединений среднеуглеродистых сталей снижается в среднем в 2,5 раза.

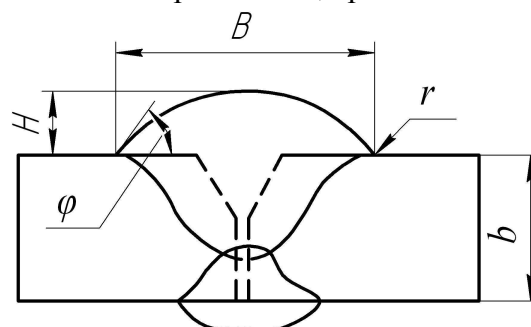


Рис. 1. Основные геометрические параметры усиления стыкового шва

Некоторые исследователи связывают сопротивление усталости стыковых сварных соединений с коэффициентом формы усиления γ , который при определенных условиях может характеризовать величину угла φ . Так, в работах Д.И. Навроцкого и Л.А. Мордвинцева установлено, что для стыковых сварных соединений низкоуглеродистой стали существует прямая зависимость между величиной φ и числом циклов до разрушения. В

тоже время, в этой работе отмечается значительное рассеяние результатов, что свидетельствует, по-видимому, об относительно слабой корреляции между φ и пределом выносливости сварных соединений.

Значительно сильнее выражена связь между сопротивлением усталости сварных соединений и радиусом перехода r , характеризующим плавность сопряжений усиления стыкового шва с основным металлом и оказывающим наибольшее влияние на уровень концентрации напряжений. В работах Н.Л. Зайцева и С.Ю. Гооге приведены результаты исследований усталостной прочности образцов в виде пластин с выступом, имитирующим усиление шва различной формы. Угол перехода φ варьировался в пределах 150...900, а радиус перехода — до 12,6 мм (в некоторых случаях r был настолько мал, что его приближенно считали равным нулю). Установлено, что влияние r уменьшается при уменьшении φ и становится пренебрежимо малым при $\varphi = 100...150$. Аналогично, влияние φ уменьшается при увеличении радиуса r и становится пренебрежимо малым при $r = 6,4...9,5$ мм.

Испытания образцов с выступами трапециевидальной формы были проведены в работах И.С. Гузь и В.А. Кархина, где получено, что радиус перехода r сильнее влияет на усталостную прочность соединений, чем угол перехода φ , особенно при малых значениях r . Это согласуется с результатами работы А.Е. Асниса, в которой установлено сильное влияние r и φ на концентрацию напряжений в зоне перехода от усиления шва к основному металлу. При малой величине r коэффициент концентрации напряжений может достигать сравнительно большой величины: например при $\varphi = 600$ и $r = 0,02$ мм получено $\alpha\sigma = 3,5$. Предел выносливости при таких параметрах шва снижается в 3...4 раза.

В настоящее время существует ряд зависимостей, предложенных различными исследователями применительно к расчету величины коэффициента концентрации напряжений в стыковых сварных соединениях [Макаров Н.И., Турмов А.П., Кархин В.А., Бельчук Г.А. и др.], однако значения коэффициентов концентрации напряжений по данным разных авторов существенно отличаются для одной и той же геометрии шва.

При расчётах прочности зачастую наряду с коэффициентами концентрации напряжений необходимо знать значения градиентов напряжений. Данные о градиентах напряжений для стыковых сварных соединений отсутствуют. Вообще говоря, диапазон изменения r и γ для реальных сварных соединений достаточно широк. Возможный диапазон измерения r для низколегированных сталей составляет 0,02...10 мм. Технологический вариант сварки оказывает существенное влияние на формирование геометрии стыкового шва. Следовательно, выбирая оптимальный режим сварки можно в значительной степени повысить сопротивление усталости стыковых сварных соединений при переменных и динамических нагрузках.

Цель статьи – определение геометрических параметров зоны перехода шва к основному металлу, оказывающих существенное влияние на величину концентрации напряжений в реальных сварных соединениях.

Изложение основного материала. Для определения геометрических параметров зоны перехода шва к основному металлу использовали метод гипсовых слепков. Для этого на сварных соединениях, полученных различными способами сварки на разных технологических режимах, тщательно очищали от окалины и шлака зону сопряжения шва с основным металлом, затем для предотвращения залипания смазывали машинным маслом. Подготовленную поверхность заливали гипсом, затвердевшие слепки длиной 80...200 мм отделяли от металла путем легких ударов по основному металлу. Такой способ получения слепка позволил сохранять «несмазанную» картину профиля сварного шва. Полученные слепки разрезались на плоские поперечные темплеты толщиной 2...3 мм (рис. 2). Количество срезов на каждом слепке составляло от 25 до

100. Для снижения погрешности при определении радиуса сопряжения шва с основным металлом темплеты, у которых иногда образовывались микроскопы, подвергали доводке на притирочных плитах.

Свободная поверхность шва имеет сложную форму и в этой связи возникает вопрос, что принимать за радиус сопряжения r и угол φ перехода шва к основному металлу. В настоящее время не существует единой методики для определения этих параметров. Для более обоснованного подхода к определению радиуса сопряжения и угла перехода выполнен эксперимент на фотоупругих моделях, который показал, что существенное снижение коэффициента концентрации напряжений α_σ наблюдается после того, когда высота шва становится сопоставимой с радиусом сопряжения r (рис. 2).

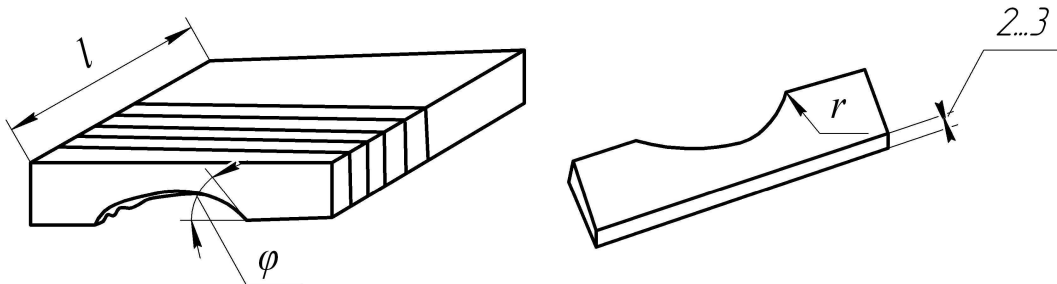


Рис. 2. Схема изготовления темплетов из гипсового слепка

Следовательно, для стыковых сварных соединений при определении α_σ величину угла перехода можно определять не по соотношению высоты и ширины усиления, а по касательной к поверхности шва на участке шва $t \approx r$ на участке, прилегающем к месту сопряжения. Определение радиуса сопряжения является более сложным вопросом, т. к. зона сопряжения шва основным металлом имеет неровности (рис. 3) на уровнях макро и микрорельефа. Можно определять радиус сопряжения как на уровне макрорельефа r_1 , так и на уровне микрорельефа r_2 .

Исследования на моделях показали, что если величины микро рельефностей меньше приблизительно $(0,1 \dots 0,2)r_1$, то практически не обнаруживается их влияние на величину концентрации напряжений, исходя из этого для сварных соединений за радиус перехода r_α будем принимать максимальный радиус прилегающий вписанной окружности, определённый согласно СТ СЭВ 301-76. Величину φ определяем как угол между основным металлом и касательной к свободной поверхности шва на участке, где величина выступа $t \approx r$ (рис. 3).

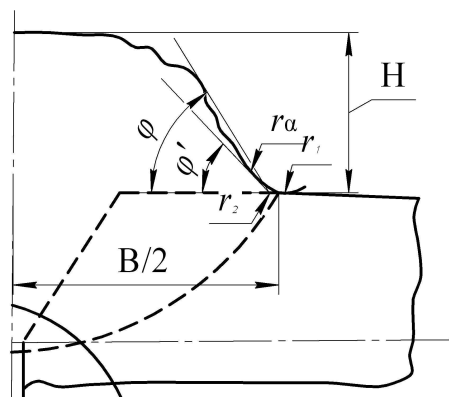


Рис. 3. Схема к определению угла перехода φ и радиуса сопряжения шва r с основным металлом

Радиус перехода r в гипсовых слепках замеряли на инструментальном микроскопе УИМ-21 с помощью специальной радиусной головки путём подбора радиуса вписанной прилегающей окружности в месте перехода условного шва к основному металлу.

Замеры производили с двух сторон темплета. Угол перехода определяли также на инструментальном микроскопе УИМ-21 с помощью угловой шкалы.

Исследователи распределение по длине шва радиусов и углов перехода для случаев двухсторонней сварки, сварке на керамической подставке БПК и сварке на стекловолоконке. Значения радиусов и углов при каждом способе сварки колеблется в широких пределах. их опытные значения наносили на вероятностные бумаги, соответствующие различным законам распределения. Оказалось, что распределение величин радиусов и углов для каждого технологического варианта сварка наиболее хорошо описывающего логарифмически – нормальным законом (рис. 4). Видно, что средние значения радиусов (рис. 4, а) для случаев двухсторонней сварки и сварки на керамической подкладке близки для случаев между собой, а при сварке на стекловолокне средние и особенно металлу при сварке на керамической прокладке. О лучшей геометрии шва при сварке на стекловолокне свидетельствует также анализ распределения величин угла перехода (рис. 4, б) и меньшая высота усиления шва.

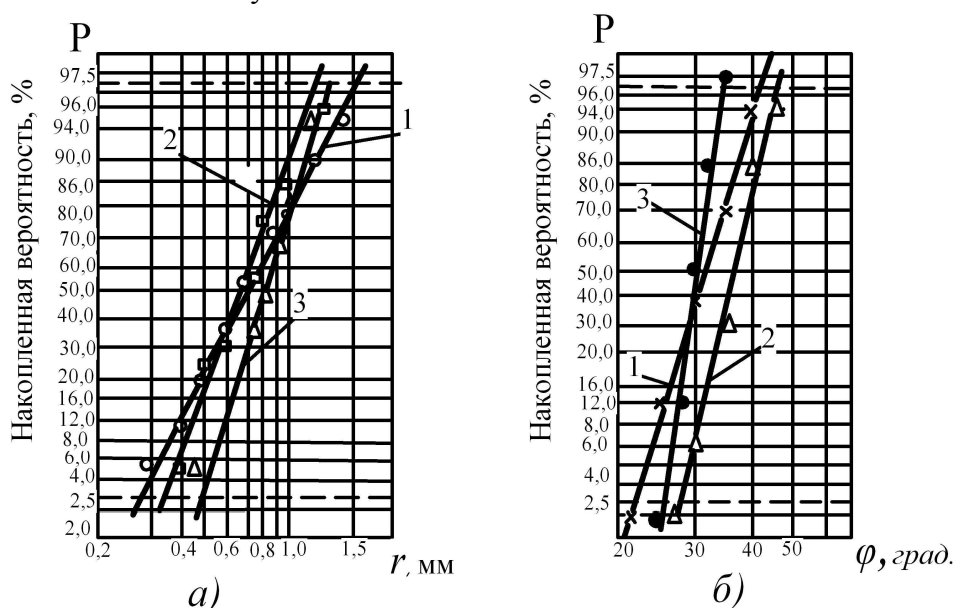


Рис. 4. Функции распределения радиусов r (а) и углов перехода φ (б): 1 – двусторонняя сварка; 2 – сварка на керамической подкладке; 3 – сварка на стеклоподложке

Выводы:

1. На основе статистической обработки большого массива измерений установлено, что распределение величин радиусов r и углов φ в месте перехода шва к основному металлу подчиняется логарифмически нормальному закону распределения.

2. Определены параметры распределения радиусов r и углов φ их медианные значения и среднеквадратичные отклонения при различных технологических вариантах сварки, что позволит более обосновано проводить прочностные расчеты.

Список использованных источников

1. Шрон Л. Б. Сопротивление усталости тавровых сварных соединений стали 15ХСНД при различной геометрии перехода шва к основному металлу / Л. Б. Шрон, В. Б. Богущкий, Э. С. Гордеева // Збірник наукових праць Севастопольського військово-морського інституту. – 2008. – № 2 (15). – С. 47-50.

2. Шрон Л. Б. Методика исследования зон локальной концентрации напряжений в угловых швах сварных соединений / Л. Б. Шрон, В. Б. Богущкий, А. С. Баталин // Збірник наукових праць Севастопольського військово-морського інституту. – 2007. – № 2 (12). – С. 16-20.