

Растяжение поперек шва

Рассмотрим работу мягкой прослойки при растяжении стыкового соединения поперек шва (Рис. **Error! No text of specified style in document..1**) достаточно большой протяженности за плоскость чертежа.

В упругой стадии нагружения мягкая прослойка и соседние участки деформируются однородно, и при достижении предела текучести материала мягкой прослойки σ_{T_m} в ней возникает пластическая деформация, в то время как соседние участки остаются в упругом состоянии.

При дальнейшем повышении нагрузки и деформации коэффициент поперечной деформации μ у прослойки будет выше, чем у соседнего металла.

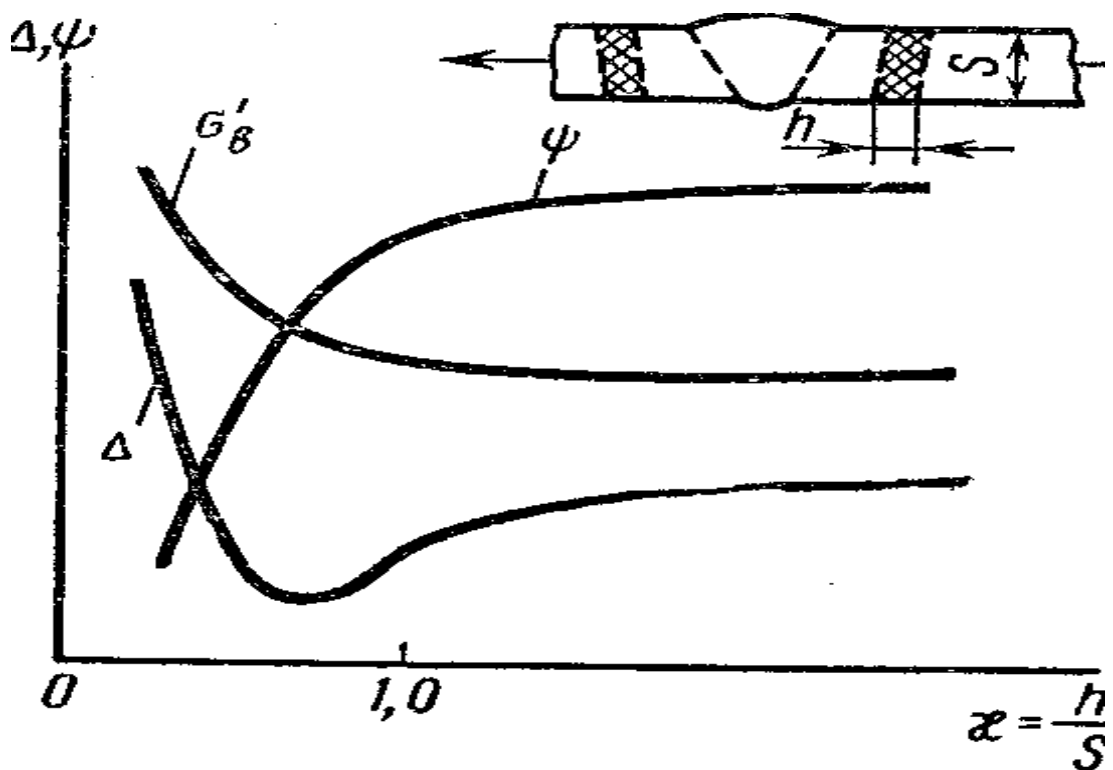


Рис. **Error! No text of specified style in document..1** Зависимость σ_B , ψ и Δ от относительной толщины прослойки.

По мере развития пластической деформации в прослойке $\mu \rightarrow 0,5$, в то время как в упругих частях $\mu = 0,3$. Из-за неодинаковой поперечной деформации возникают касательные напряжения, максимальные на плоскостях раздела. Они будут препятствовать поперечному сужению прослойки в направлении толщины листа.

Чем уже прослойка, т. е. чем меньше $\chi = \frac{h}{s}$, тем меньшее поперечное сужение получает прослойка к моменту возникновения в ней истинных разрушающих напряжений σ_p . Так как среднее истинное разрушающее напряжение σ_p меняется мало, то в более узких мягких прослойках площадь утоненного поперечного сечения прослойки F_y к моменту разрушения будет больше, а следовательно, будет больше и разрушающая сила P_p :

$$P_p = \sigma_p \cdot F_y$$

В этом заключается причина повышения несущей способности (*эффект контактного упрочнения*). Повышение разрушающей силы не может происходить беспределельно, так как соседние с мягкой прослойкой более прочные участки также при определенных условиях начнут пластически деформироваться. Чем более прочны соседние зоны, тем больше эффект контактного упрочнения. Твердые прослойки, находящиеся рядом с мягкими, усиливают этот эффект.

Относительное поперечное сужение ψ в мягкой прослойке и абсолютное удлинение образца Δ зависят от относительной толщины прослойки χ и свойств металлов в соединении. На Рис. **Error! No text of specified style in document.**1 видно, что в широких прослойках, когда эффекта контактного упрочнения еще не наблюдается, ψ остается постоянным при уменьшении χ , а Δ постепенно падает по мере уменьшения доли длины участка мягкой прослойки в общей длине образца.

В области контактного упрочнения ψ резко падает, так как возрастают поперечные касательные напряжения, препятствующие сужению прослоек.

Удлинение образца Δ при уменьшении также сначала уменьшается, но затем, когда реализуется повышение прочности, Δ возрастает, поскольку в пластическую деформацию в большей мере вовлекается основной металл.

Растяжение вдоль шва.

Рассмотрим случай, когда растягивающая сила направлена вдоль шва и все прослойки испытывают одинаковые деформации.

Деформационная способность соединения и, как показано ниже, его несущая способность ограничены пластичностью металла наименее пластичной прослойки.

На Рис. **Error! No text of specified style in document..2** показаны диаграммы зависимости напряжения от деформации в различных зонах сварного соединения.

Точки A_1 , A_2 и A_3 соответствуют разрушению образца. Разрушение наступит при $\varepsilon = \varepsilon_{A_2}$. При этом напряжения σ_1 в основном металле, σ_3 в шве и σ_2 в твердой прослойке будут сильно различаться. Продольная растягивающая сила в основной воспринимается участком основного металла, так как его площадь намного превосходит и площадь поперечного сечения шва, и площадь твердой прослойки.

И хотя уровень напряжений σ_2 в твердой прослойке будет велик, средние напряжения будут близки к σ_1 что существенно ниже разрушающих напряжений в точке A_1 .

Это означает, что прочность сварного соединения нагруженного вдоль шва с твердой прослойкой, окажется ниже, чем прочность такого же элемента из основного металла.

Отрицательное влияние твердой прослойки сказывается сильнее, если по длине соединения встречаются резкие изменения

сечения шва, вызывающие концентрацию напряжений, или еще хуже — поперечные трещины или другие дефекты в твердой прослойке.

При действии силы вдоль шва наличие малопрочных мягких прослоек практически не влияет на общую несущую способность нагруженного элемента, так как площадь прослоек обычно невелика.

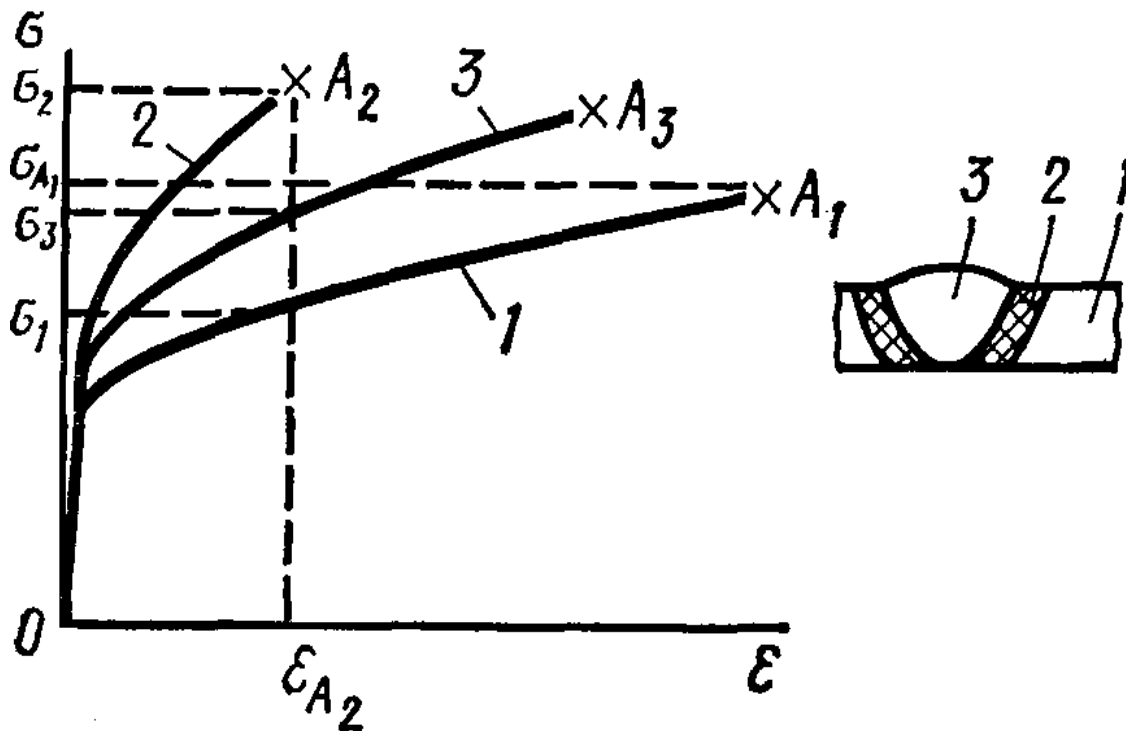


Рис. Error! No text of specified style in document.2 Диаграммы зависимости напряжения σ от деформаций ϵ для различных зон сварного соединения при растяжении вдоль шва.

Другие схемы нагружения.

При испытании соединений с мягкой прослойкой на изгиб до разрушения разрушающий момент M_p , при котором появляются трещины в прослойке, не зависит от относительной ширины прослойки χ .

Это можно объяснить тем, что разрушение при изгибе не

связано с образованием шейки и изменением размеров поперечного сечения.

Поэтому касательные напряжения, действующие вблизи границ мягкой прослойки, хотя и влияют на процесс пластической деформации во время нагружения, но не изменяют существенно толщины образца и его момента сопротивления.

Разрушение наступает, когда максимальное напряжение в крайнем волокне достигает истинного разрушающего напряжения металла мягкой прослойки σ_p . Если принять, что зависимость напряжения σ от деформации ε при $\sigma > \sigma_T$ имеет линейный характер и к моменту разрушения эпюра напряжений в сечении выглядит, как показано на Рис. **Error! No text of specified style in document.**3, то разрушающий момент равен

$$M_p = W(\sigma_p + 0,5\sigma_T)$$

где W — момент сопротивления сечения; σ_T — предел текучести металла мягкой прослойки.

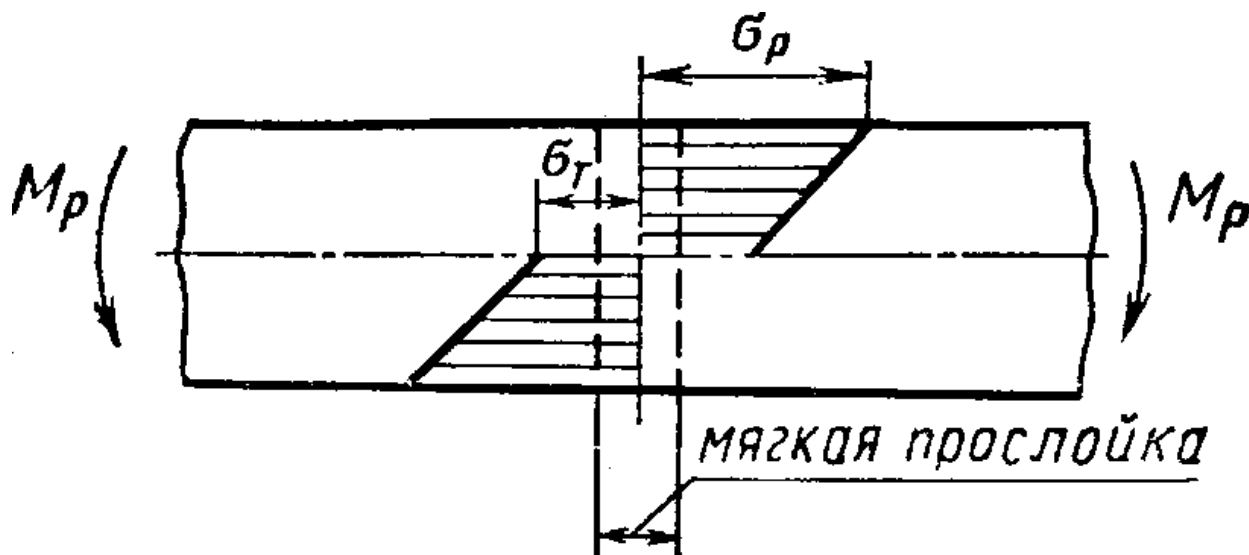


Рис. **Error! No text of specified style in document.**3 Схематичное распределение напряжений при изгибе полосы с мягкой прослойкой

При работе соединений с мягкой прослойкой в элементах конструкций влияние мягкой прослойки на прочность может

несколько изменяться.

В сосудах с внутренним давлением p , где $\sigma_{окр} = 2\sigma_{ост}$, мягкая прослойка с малой χ в кольцевом шве работает аналогично сварному соединению, которое растягивается вдоль прослойки.

Пониженной прочности металла прослойки при этой схеме не обнаруживается, так как разрушение происходит вдоль сосуда.

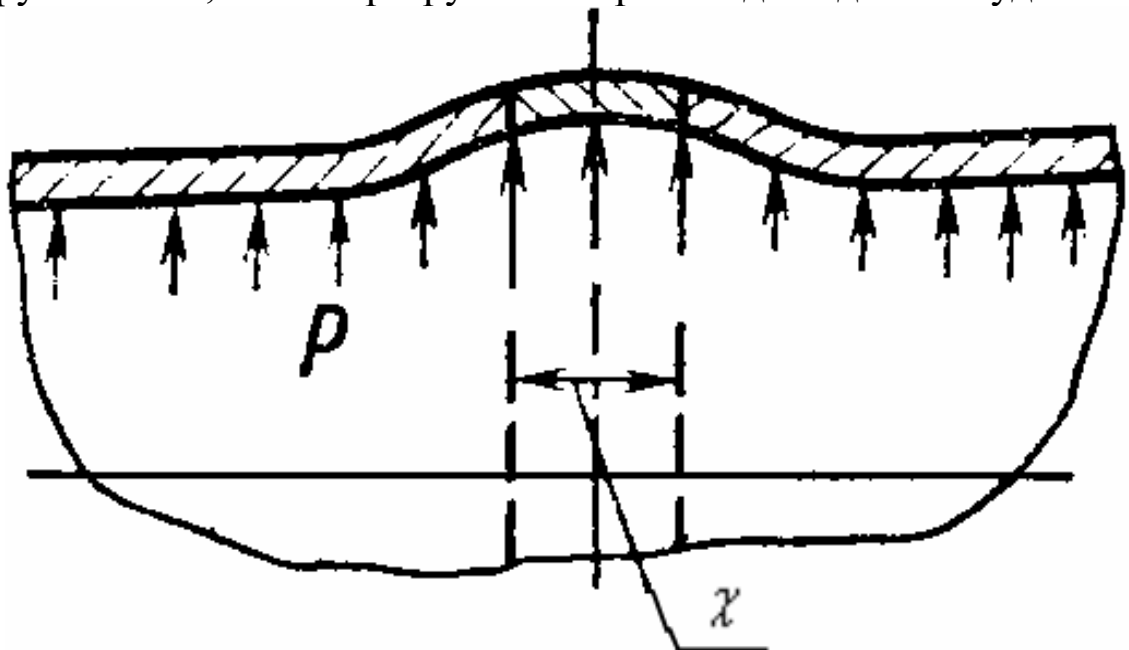


Рис. **Error! No text of specified style in document.**4 Мягкая широкая прослойка в кольцевом шве цилиндрического сосуда, работающего под внутренним давлением p

Если χ велика, то мягкая прослойка удлиняется в окружном направлении сильнее, чем остальная часть сосуда, в результате чего искривляется прямолинейная образующая (Рис. **Error! No text of specified style in document.**4).

Разрушение может наступить вдоль образующей сосуда в зоне прослойки вследствие повышенной деформации в окружном направлении или даже по окружности из-за дополнительных деформаций изгиба и растяжения вдоль сосуда.

Твердые прослойки в кольцевом сварном соединении разрушаются раньше, чем остальная часть сосуда достигает предельной пластической деформации в окружном направлении.

Этот случай аналогичен растяжению сварного соединения вдоль шва при наличии в нем твердой прослойки.

Момент разрушения зависит от пластичности твердой прослойки.

Мягкая прослойка в продольном шве ведет себя примерно так же, как при испытании образцов на одноосное растяжение с поперечной мягкой прослойкой.

Твердые прослойки в продольных швах сосуда, если они не попадают в зону концентрации напряжений, обычно не снижают прочности сосуда.

В сварных соединениях прослойки могут находиться под углом к направлению действия сил, иметь произвольную форму поперечного сечения и иначе влиять на прочность.

Однако общая тенденция их влияния оказывается такой же, как в случаях, рассмотренных выше.