

1990

Анатолий Мухин

Брестский инженерно-строительный институт

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Применение гнутосварных профилей (ГСП) в стальных конструкциях обеспечивает снижение металлоемкости, трудоемкости изготовления и монтажа, стоимости строительства.

Все это достигается благодаря положительным качествам ГСП, к которым относятся:

- благоприятные статические характеристики сечений;
- эффективная работа на продольный и удовлетворительная работа на поперечный изгиб;
- относительная простота образования узловых соединений элементов;
- повышенные физико-механические характеристики материала в случае изготовления профилей холодным гнутьем;
- высокая коррозионная стойкость элементов и узлов;
- удобство складирования и монтажа благодаря прямоугольной форме сечений и высокие эстетические качества.

К недостаткам ГСП следует отнести

- повышенная стоимость вследствие передела стального листового проката;
- затруднительное использование больших толщин листа и сталей высокой прочности при холодном гнутье;
- наличие концентрации напряжений в узловых соединениях;
- сложность проектирования конструкций ввиду существенного влияния напряженно-деформированного состояния узлов на несущую способность конструкции в целом и на распределение усилий в ее элементах.

Рассмотрим некоторые моменты которые следует учитывать при проектировании стальных конструкций из ГСП.

Рациональная область применения стали повышенной и высо-

кой прочности определяется из условия снижения массы, стержня нагруженного продольной силой, по мере возрастания прочности стали, то есть при выполнении условия $dA/dR_y \leq 0$.

Установлено [2], что центрально-сжатые стержни из стали $R_y > 210$ МПа должны иметь условную гибкость $\bar{\lambda} < 3,8$. В случае $\bar{\lambda} < 2,5$ применение стали с $R_y > 210$ МПа становится экономически неэффективно как по массе, так и по стоимости.

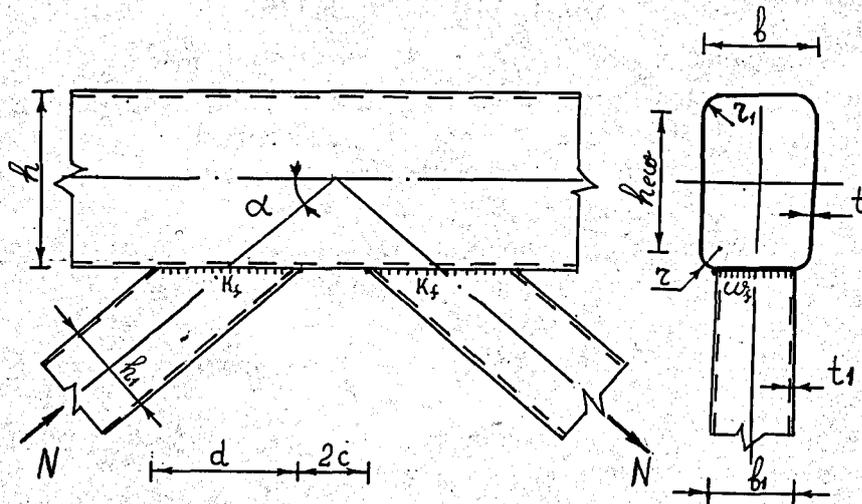


Рис. 1. Узел из гнутосварных профилей.

Для центрально и внецентренно-сжатых элементов коробчатого сечения условную гибкость стенки $\bar{\lambda}_w$ допускается принимать не более $2\lambda_{w,cg}$, а при относительном эксцентриситете m в интервале $0 \leq m < 1$, и не более $(2 + \lg m)\lambda_{w,cg}$, при $1 < m < 20$. Если $\bar{\lambda}_w < \lambda_{w,cg}$, то все сечение стенки включается в расчет. Если $\bar{\lambda}_w > \lambda_{w,cg}$, то в расчет включается два крайних участка стенки с общей условной гибкостью определяемой по формуле:

$$\bar{\lambda}_w = \lambda_{w,cg} - \xi (\bar{\lambda}_w / \lambda_{w,cg} - 1) \geq 1 \quad (1)$$

где

$$\lambda_{w,cg} = 0,9 + \bar{\lambda} (1+m)/6 \leq 1,6 + 1,5m \quad (2)$$

$$\xi = (0,35\bar{\lambda} - 0,3)m \leq 1,4m \quad (3)$$

При $m \geq 1$ значения $\lambda_{w,cg}$ и ξ определяется по формулам 2 и 3, принимая $m = 1$.

В качестве условной гибкости элемента $\bar{\lambda}$ принимается:

- при $m \leq 0,3$ - максимальная гибкость $\bar{\lambda}$ стержня
- при $m \geq I$ - гибкость стержня $\bar{\lambda}$ в плоскости изгиба.

В интервале m от 0,3 до I гибкость стержня принимается по линейной интерполяции между крайними значениями.

В углах профиля в результатегиба сталь приобретает технологическое упрочнение - наклеп. На прямолинейных участках сечения в основном сохраняются физико-механические характеристики исходного материала - стального листа, то в зонахгиба повышается условный предел текучести σ_y стали.

Расчетное сопротивление материала на этих участках принимается равным $R_y = \alpha_1 \cdot R_y$, где

$$\alpha_1 = 0,02 (1 + 2 \sqrt{t/z_1}) \cdot \sqrt{E/R_y} \geq 1 \quad (4)$$

При действии продольной силы N коэффициент упрочнения сечения определяется по формуле

$$K_N = 1 + \beta(\alpha_1 - 1) \quad (5)$$

где

$$\beta = \pi \cdot t \cdot (2z_1 + t) / A_{ef} \quad (6)$$

$$A_{ef} = t^2 [\pi(2z_1/t + 1) + 2(\bar{\lambda}_\omega + \bar{\lambda}_f) \cdot \sqrt{E/R_y}] \quad (7)$$

при $\bar{\lambda}_\omega \leq \bar{\lambda}_{\omega,cr}$

При действии изгибающего момента M коэффициент упрочнения K_M определяется по следующей формуле:

$$K_M = 1 + [3,6 \cdot \pi \cdot (2z_1 + t) \cdot (\alpha_1 - 1) \cdot (0,5 - z/h)] / (C_1 \cdot A) \quad (8)$$

где $C_1 = 1,12 + 0,07(h/b - 1) \quad (9)$

При проектировании плоских стальных ферм из ГСП необходимо учитывать, что вместе с задачей подбора рациональных сечений стержней существует проблема обеспечения несущей способности узлов при соблюдении их оптимальной технологичности. Как правило расчет ферм из ГСП выполняется в два этапа. На первом этапе приближенно вычисляются изгибающие моменты и продольные силы, предполагая абсолютно жесткое закрепление стержней в узлах. Причем условия закрепления элементов решетки в узлах влияют только на распределение изгибающих моментов в конструкции.

Осуществляют на данном этапе проектирование узлов и стержней фермы. Второй этап расчета выполняется с целью уточнения значений изгибающих моментов в элементах. При этом учитывается степень заземления элементов решетки в узлах по формулам приведенным ниже.

При выполнении условий $b - b_1 - 2k_1 - 2t < 0$, $b/t = 20 \div 50$,
 $b_1/b = 0,6 \div 0,9$, $h_1/(b \cdot \sin \alpha) = 0,6 \div 1,8$, $2c/d > 0,1$

жесткость закрепления элемента решетки в узле (рис. I) от поворота определяется по формуле:

$$C\varphi = \bar{\alpha} (b/0,21)^3 \cdot e^{C_2} \quad (\text{кН} \cdot \text{м/рад}) \quad (\text{I0})$$

где

$$\bar{\alpha} = 1,2 - 0,5 \cdot c \cdot \sin \alpha / h_1, \quad (\text{II})$$

$$C_2 = 13,095 - 18,167 b_1/b - 16,584 \cdot (b/b)^2 + 3,974 \cdot h_1/(b \cdot \sin \alpha) - 0,65 (h_1/b \cdot \sin \alpha)^2 - 0,808 b \cdot h_1/(b^2 \cdot \sin \alpha) - 0,2b/t + 1,047 (b/t)^2 \cdot 10^{-3} + 0,071 b_1/t; \quad (\text{I2})$$

Бесфасоночные узлы из ГСП при отсутствии усиления требуются проверять

- на прочность грани пояса в зоне сопряжения с профилем решетки при ограниченном развитии упруго-пластических деформаций, верхней границей которой является предельное равновесие грани пояса в предположении развития линейчатых пластических шарниров [2, 3],

- на несущую способность участка стенки в зоне примыкания сжатого элемента решетки [2]

- на несущую способность элемента решетки в зоне примыкания к поясу и на прочность сварных швов, прикрепляющих решетку к поясу.

В узлах с примыканием к поясу одного элемента решетки с одной стороны, а также К-образных узлах с $c/d > 0,25$ сварные швы приваривающие продольные стенки решетки к поясу следует рассчитывать на усилие

$$N_s = (K_1 - 1) \cdot N, \quad (\text{I3})$$

где

$$K_1 = 0,504 + 0,062 b/t - 0,059 \cdot b/t + 0,324 b_1/b; \quad (\text{I4})$$

Литература

1. Соболев Ю.В., Мухин А.В. Рекомендации по проектированию конструкций из замкнутых гнутосварных профилей. - Москва: МИСИ им. В.В.Куйбышева, 1984 - 24с.

2. Руководство по проектированию стальных конструкций из гнутосварных замкнутых профилей. - М.: ЦНИИПСК, 1978 - 43с.

3. Mouty J. Calcule des charges ultimes des assemblages saundes de profils creux correset rectangulares - Construction Metallique - 1976, N 2, s.37-58.

Cechy szczególne projektowania konstrukcji stalowych z gięto spawanych profili

Streszczenie

W artykule analizuje się pracę i zasady projektowania węzłów stalowych kratownic. Węzły te, bez blach węzłowych, utworzone są przez zesparanie prętów z profili zinnogiętych o przekroju zamkniętym. W szczególności podano wzory na obliczanie sztywności takich węzłów.

Резюме

В статье излагаются принципы определения формы профиля, учёта упрочнения стали в углах замкнутого гнутосварного профиля, полученного из стального листа, назначения марок сталей для сжатых стержней. Перечислены основные принципы расчёта узлов ферм без фасонки. Приведены формулы для определения жёсткости узлов, позволяющие уточнить статический расчёт ферм из гнутосварных профилей с узлами без фасонки, а также формула по которой можно определить распределение продольной силы по сечению стержня решётки фермы в зоне его контакта с поясом фермы.

Specific features of designing steel structures made of bended and welded sections**Abstract**

The paper analyses the work and design principles of steel truss joints. These joints, excluding gusset plates, are produced by welding together rods made of closed cold-bended sections. In particular, formulas for calculating joint rigidity are derived.