

*к.т.н., доц. Иванов А.П.,
аспирант Антошина Т.В.
(ДонДТУ, г.Алчевск, Украина)*

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ПЛАСТИН, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЛОКАЛЬНЫМ ТЕРМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ, НА СЖАТИЕ

Виконан аналіз результатів випробування пластин, заздалегідь розігрітих до різних температур в центрі, на стиснення по двох протилежних кромках.

При изготовлении сварных двутавровых балок в их элементах (поясах и стенке) возникает остаточное напряженное состояние (ОНС), обусловленное высокотемпературными воздействиями в процессе сварки. При этом величины остаточных растягивающих напряжений (ОРН) могут достигать предела текучести. В других частях сечений возникают остаточные сжимающие напряжения (ОСН), которые уравнивают ОРН. Влияние ОНС неоднозначно. Применительно к двутавровым элементам ОНС может способствовать повышению устойчивости до 20%, что нашло отражение в действующих нормативных документах (ДБН В.2.3-14:2006 [1]).

Иногда сварочные деформации и напряжения могут быть полезными для конструкции – например, с помощью сварки можно создать строительный подъем балки при ее изготовлении, а в некоторых случаях и «преграду» на пути развития усталостных трещин [2].

Наличие ОНС требует серьезного подхода и к обеспечению устойчивости пластинчатых элементов – для предотвращения деформаций выпучивания обычно увеличивают толщину стенки или устанавливают дополнительные ребра жесткости, что приводит в большинстве случаев к неоправданному перерасходу материала. Избежать выпучивания стенки можно путем ее предварительного растяжения перед сваркой поясных швов [3, 4 и др.].

При нагреве до высоких температур строительные стали претерпевают различные изменения. В наиболее общем случае (при сварке) наблюдаются три зоны соединения [2, 3 и др.].

В зоне расплавления металл разогревается выше температуры $T=1535^{\circ}\text{C}$. Расплавленный металл изделия и электрода перемешивается, и после прекращения нагрева начинается его первичная кристаллизация.

Во время кристаллизации в металле сварного шва возникают растягивающие напряжения. Они могут вызвать появление "горячих" трещин, которые приводят к разрушению соединения, особенно при динамических нагрузках. Для зоны расплавления характерна столбчатая структура литого металла. В процессе охлаждения расплавленный металл претерпевает структурные и фазовые изменения и приобретает вторичную структуру. Качество металла этой зоны улучшается легированием и правильным выбором скорости охлаждения. Легирование осуществляют марганцем, кремнием и др., вводя их в расплавленный металл через электродную проволоку, флюсы и обмазки.

Зоной термического влияния называется прилегающий к шву участок основного металла. Ширина этой зоны составляет примерно 30...60 мм при ручной сварке и 20...40 мм при автоматической. На участках, разогретых до температуры 1000...1100 °С, расположен перегретый металл с сильно выросшим зерном. Металл этой зоны имеет пониженные механические характеристики по сравнению с основным металлом. На участках, разогреваемых до температур 900...1000 °С, металл претерпевает полную перекристаллизацию, имеет мелкое зерно и повышенные, по сравнению с основным металлом, механические характеристики. На участках, разогреваемых до температур 720...900 °С, металл испытывает частичную кристаллизацию и его качество не отличается от качества основного металла.

В зоне термического влияния при ее усиленном охлаждении возможно образование закалочных структур, например мартенсита. Растягивающие напряжения, возникающие при охлаждении, могут вызвать появление "холодных" трещин.

Весь остальной металл изделия сохраняет свои первоначальные свойства, так как температура нагрева не достигла критической точки $A_{C3}=723$ °С. Предварительное напряжение локальными термическими воздействиями (ЛТВ) рекомендуется выполнять путем разогрева до температуры, превышающей критическую точку $A_{C3}=723$ °С [3].

Теоретические и экспериментальные исследования влияния ОНС на работу конструкций приведены в работах А.И. Голоднова, В.И. Терещенко, А.А. Чонова, И.А. Мотовилова, Б.И. Мазо и др. [3-7 и др.].

Цель данной работы – проведение экспериментальных исследований устойчивости пластин (обычных и предварительно напряженных ЛТВ путем разогрева в центральной части до разных температур) при сжатии по двум противоположным кромкам.

В качестве экспериментальных образцов использованы пластины размерами 500x500 мм и толщиной 5 мм. Материал пластин – сталь марки Вст3Гсп по ГОСТ 380-94. Температура разогрева пластин в центре была различна и составляла примерно 800, 900, 1000 °С. Пластины

разогревались газовым резаком с одной стороны. Контроль температуры производился термопарой, установленной с обратной стороны пластины. Диаметр пятна при разогреве составлял 25...30 мм. Остывание пластин производилось естественным путем на воздухе (естественное) и путем обрызгивания водой (принудительное). Для сравнения были испытаны пластины в состоянии поставки, не подвергавшиеся ЛТВ.

Пластины испытывались на сжатие в специальной установке, смонтированной на машине ГРМ-100, до появления характерных линий сдвиговых деформаций (линий Чернова–Людерса). Схема установки и ее общий вид с пластиной показаны на рисунке 1, результаты испытаний «нагрузка – прогиб» приведены в таблице 1.

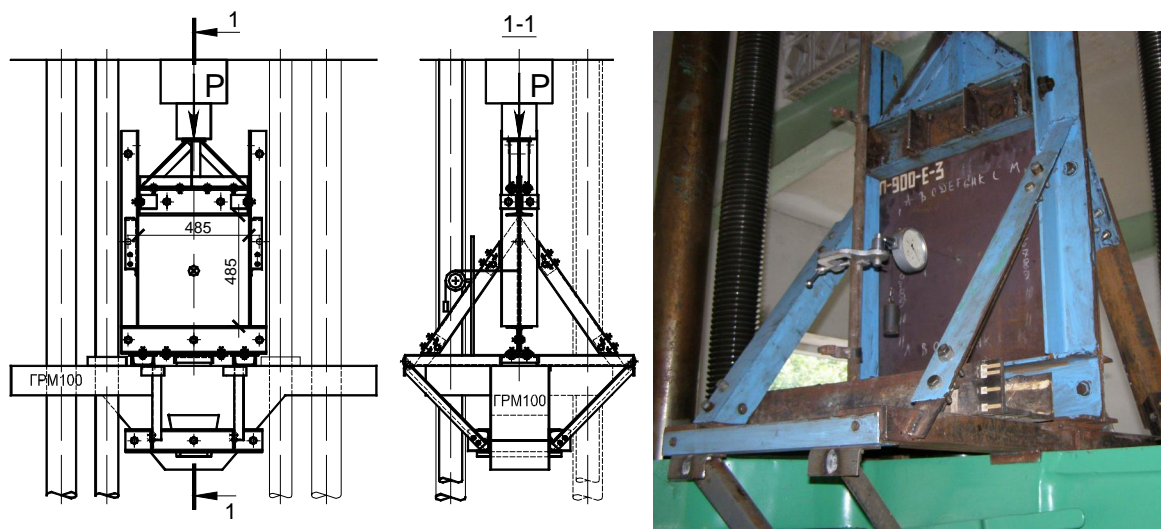


Рисунок 1 - Схема и общий вид установки для испытания пластин на сжатие

Таблица 1 – Результаты испытаний пластин на сжатие

Марка	Нагрузка P, т / прогиб f, мм											
	10	16	20	22	24	26	27	28	29	30	31	
П1000	3,27	5,26	6,33	6,9	7,45	8,01	8,36	8,64	9,02	9,45	9,95	
П900	2,43	4,13	5,37	6,07	6,82	7,54	7,91	8,33	8,77	9,27	9,86	
П800	2,65	4,5	5,67	6,27	6,87	7,46	7,88	8,22	8,39	8,78	9,13	
П20	4,28	7	8,52	9,3	10,06	10,91	11,5	-	-	-	-	
П900пр	1,79	2,9	3,57	3,91	4,41	4,8	-	5,19	-	5,77	-	
Марка	Нагрузка P, т / прогиб f, мм											
	32	32,5	33	34	36	38	40	42	43	44		
П1000	10,6	11,06	12,36	-	-	-	-	-	-	-		
П900	10,97	11,57	-	-	-	-	-	-	-	-		
П800	9,71	11	-	-	-	-	-	-	-	-		
П900пр	6,16	-	-	6,64	7,11	7,61	8,14	9,25	9,84	10,47		

В процессе испытаний производились замеры прогиба центра пластины (выгиба из плоскости). Графики зависимости «нагрузка – прогиб» для некоторых пластин представлены на рисунке 2.

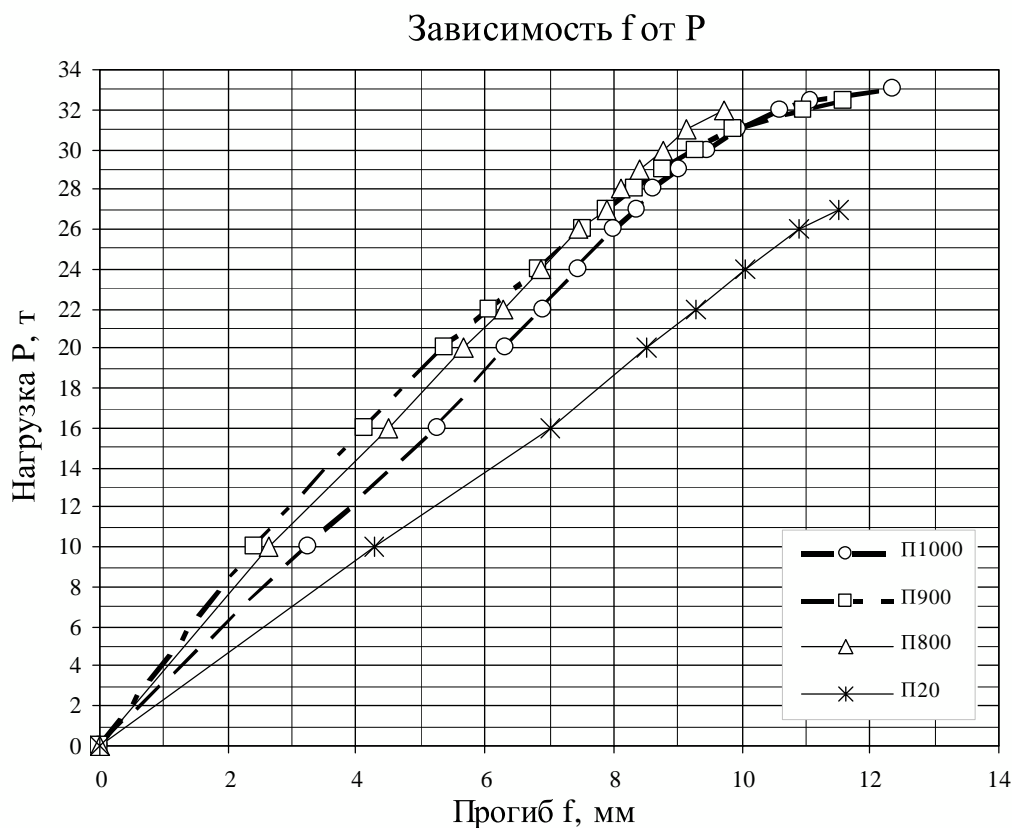


Рисунок 2 - Зависимость «нагрузка – прогиб» для пластин при разных температурах нагрева:

- а) П1000 – пластина с температурой нагрева до 1000 °С;
- б) П900 – пластина с температурой нагрева до 900 °С;
- в) П800 – пластина с температурой нагрева до 800 °С;
- г) П20 – пластина в состоянии поставки.

Как видно из представленных графиков, прогиб центра пластин, предварительно напряженных ЛТВ, при одной и той же нагрузке меньше, чем у пластины в состоянии поставки, а величина критической силы больше примерно на 20 %.

Пластины нагревались в свободном состоянии и после остывания имели деформированную форму поверхности. Максимальная величина выгиба для разных пластин составляла 3 мм. Для исключения влияния остаточного выгиба была выполнена правка пластины с температурой нагрева до 900 °С.

После правки пластина была испытана по приведенной выше схеме. Графики зависимости «нагрузка – прогиб» для пластин, предварительно напряженных ЛТВ путем разогрева до температуры 900 °С (с ес-

тестовым охлаждением без правки и аналогичной пластины после правки) представлены на рисунке 3.

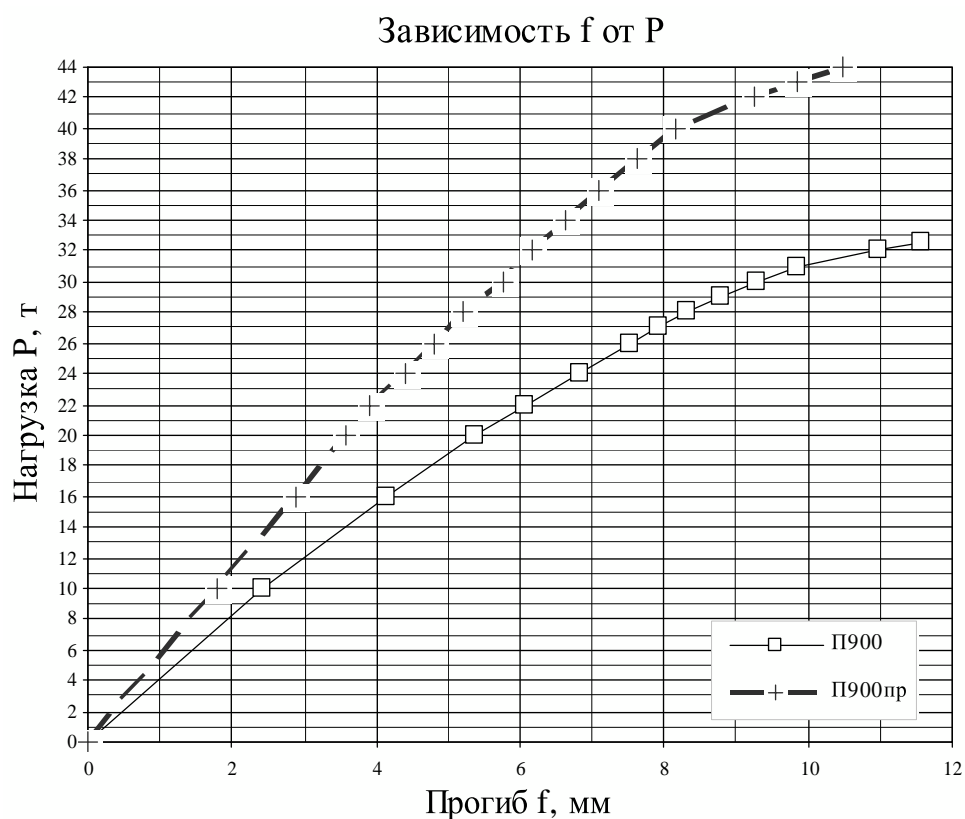


Рисунок 3 - Зависимость «нагрузка – прогиб» для пластин с температурой нагрева до 900°C :

- а) П900 – пластина с естественным охлаждением без правки;
- б) П900пр – аналогичная пластина после правки.

Как видно из графиков, представленных на рисунке 3, прогиб центра пластины с температурой нагрева 900°C после правки (П900пр.) меньше, чем прогиб пластины в естественном состоянии (П900). Величина критической нагрузки для пластины П900пр примерно на 35% выше, чем пластины П900, и примерно на 62% выше, чем для пластины в состоянии поставки (П20).

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. После предварительного напряжения ЛТВ (путем разогрева в центре до температуры, превышающей 800°C) отмечено повышение величин критических сил (несущей способности) сжатых по двум краям пластин. Повышение критических сил можно объяснить наличием ОНС, при котором в центре была сформирована зона ОРН.

2. Наличие остаточного выгиба снижает величину критических сил. Ликвидация остаточного выгиба способствует повышению несущей способности пластины примерно на 35%.

3. С целью уменьшения неравномерных деформаций элементов конструкций, в частности пластин, необходимо производить симметричный нагрев с обеих сторон с ограничением краевых перемещений.

Выполнен анализ результатов испытания пластин, предварительно разогретых до разных температур в центре, на сжатие по двум противоположным кромкам.

The analysis of results of test of plates preliminary warmed-up to different temperatures in a center is done, on the compression on two opposite edges.

Библиографический список

1. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування / Мінбуд України. - К.: Мінбуд України, 2006. – 359 с.

2. Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. – К.: ИНДПРОМ, 2001. – 815 с.

3. Голоднов А.И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках. – К.: Сталь, 2008. – 150 с.

4. Терещенко В.И. Продольные деформации в двутаврах с предварительным натяжением стенки // Автомат. сварка. – 1963. - № 7. - С. 50-59.

5. Чонов А.А. Устойчивость подкрепленных панелей с учетом пластичности при нестационарном нагреве и нагружении // Учен. Зап. ЦАГИ. - 1990. – 21. - №2.- С. 101-110, 131.

6. Мотовиловец И.А. Об устойчивости пластины при локальном нагреве // Прикладная механика. – 1996. – 32. - №9. - С. 72-79.

7. Мазо Б.И. Исследования стальных балок, предварительно напряженных термическим способом, без специальных напрягающих элементов: Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.480 / ЛИСИ. – Ленинград, 1972. – 25 с.

Рекомендовано к печати д.т.н., с.н.с. Голодновым А.И.