

Изобретение относится к механической обработке давлением листового материала с помощью валков специальной формы и предназначено для использования в черной металлургии, в металлопотребляющих отраслях промышленности и строительстве при производстве сварных прямошовных труб.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому изобретению является выбранный в качестве прототипа способ непрерывной формовки полосы в трубную заготовку [1], согласно которому, с целью повышения качества сварного шва труб путем предотвращения скручивания продольного стыка кромок трубной заготовки относительно оси сварочного калибра, одновременно с поперечным гибом полосы в предпоследних клетях формовочного стана трубную заготовку скручивают сначала в одну, а затем в другую сторону относительно продольной оси стана. При этом величина деформации скручивания равна величине упругой деформации материала труб.

Для прототипа и заявляемого объекта общими являются следующие признаки: поперечный гиб заготовки в валках и ее скручивание, при этом величина деформации скручивания равна величине упругой деформации материала труб.

Получение требуемого технического результата при использовании прототипа невозможно потому, что при формовке серповидных исходных заготовок происходит локальное смещение сближаемых кромок, затрудняющих изготовление прямошовных труб. А скручивание практически сформированной трубы в предпоследних клетях стана даже при упругой деформации металла делает качественную сварку продольного шва практически невозможной. Скручивание трубной заготовки относительно ее оси на заключительной стадии формовки не позволяет эффективно выравнивать кромки трубной заготовки, формируемой из серповидной плоской заготовки.

В основу изобретения поставлена задача создать такой способ изготовления сварных прямошовных труб из серповидной заготовки, в котором новая совокупность действий над заготовкой позволила бы обеспечить уменьшение скручивания продольного стыка сварных прямошовных труб и за счет этого повысить их надежность.

Для решения поставленной задачи способ изготовления сварных прямошовных труб из серповидной заготовки включает поперечный гиб заготовки в валках и ее скручивание, при этом величина деформации скручивания равна величине упругой деформации материала заготовки.

В отличие от прототипа в заявляемом способе по меньшей мере на первом межпереходном участке заготовку скручивают вокруг вогнутой кромки и одновременно прикладывают поперечное сжимающее усилие со стороны выпуклой кромки.

В результате использования заявляемого изобретения обеспечивается получение технического результата, заключающегося в уменьшении скручивания продольного стыка сварных прямошовных труб и за счет этого повышается их надежность.

Между существенными признаками заявляемого изобретения и достигаемым техническим результатом существует следующая причинно-следственная связь. Выполнение скручивания серповидной заготовки с выпуклой и вогнутой кромками, по меньшей мере, на первом межпереходном участке вокруг вогнутой кромки и одновременное прикладывание поперечного сжимающего усилия со стороны выпуклой кромки позволяет предотвратить появление серповидности в процессе поперечногогиба заготовки по формирующим переходам за счет создания сложного напряженно-деформированного состояния металла на первых этапах формовки труб, возникающего от воздействия усилий тангенциального кручения, поперечного сжатия и продольного аксиального растяжения, обеспечивающих симметричное расположение заготовки относительно оси формовки на всех этапах поперечногогиба заготовки в валках. При этом усилие P прикладывается вертикально неприводным валком со стороны выпуклой кромки. Одновременно на заготовку, действуют (помимо усилий формирующей гибки) тангенциальное скручивающее усилие P_1 , сжимающее радиальное (поперечное) усилие P_2 направленное на устранение серповидности и продольное растягивающее аксиальное усилие P_3 , вызванное межклетьевым натяжением полосы и скручивающим усилием P_1 . Такое воздействие усилий при формовке исходной полосы создает "скручивающее-натяжное" условие деформации, более эффективное по воздействию на устранение серповидности по сравнению с известным "гибно-натяжным" условием правки гладких полос. Но первое из них более качественно выправляет и предотвращает появление серповидности исходной полосы между формирующими переходами, что более эффективно выравнивает прямолинейность и качество продольных швов сварных труб. Более того, совместное использование гибочно-натяжных и скручивающе-натяжных систем позволяет получить качественные прямошовные трубы из исходных полос с переменной по длине серповидностью.

Таким образом, при формовке сварных прямошовных труб с малой толщиной стенки ($S \leq 4 \text{ мм}$) по предлагаемому способу могут использоваться исходные полосы с широко

$$(0,3...1,4) \frac{\Delta}{S}.$$

изменяющейся удельной серповидностью

При использовании исходных полос с серповидностью, не превышающей допустимых

$$\frac{\Delta}{S} \leq 1,$$

отклонений достаточно прикладывать к деформируемой полосе скручивающее усилие в

одном межклетьевом промежутке, а при $\frac{\Delta}{S} > 1$, необходимо, как правило, выполнять скручивание и перед другими формующими переходами.

Предложенный способ позволяет уменьшать не только одностороннюю серповидность, но и переменную по длине заготовки, что достигается путем смещения валков вертикальной клетки на первом межпереходном участке сначала со стороны одной кромки, а на следующем межпереходном участке - со стороны другой кромки.

Сущность изобретения поясняется чертежами, на которых изображено: на фиг.1 - схема реализации предлагаемого способа; на фиг.2 - сечение по А - А на фиг.1; на фиг.3 - вид по Б на фиг.1; на фиг.4 - 7 - схемы направлений скручивания и усилий деформации; на фиг.8 - схема направления сжимающих усилий по кромке; на фиг.9 - схема формовки трубной заготовки по переходам.

Осуществление изобретения при изготовлении сварных прямошовных труб из серповидной заготовки включает поперечный гиб по формующим переходам I - XIII в валках 1 - 6 серповидной заготовки 7 с выпуклой 8 и вогнутой 9 кромками. По меньшей мере на первом межпереходном участке между переходами I и III заготовку 7 скручивают усилием P_1 вокруг вогнутой кромки 9 на угол α в направлении "Г" до положения 10. При этом величина деформации скручивания равна величине упругой деформации заготовки. Одновременно со скручиванием заготовки к ней

прикладывают сжимающее усилие $P_{сж} = \frac{P_2}{\cos \varphi_2}$ со стороны выпуклой кромки 8, где φ_2 - угол подгибки кромок. При этом усилие смещения P вертикального вала 6 раскладывается на усилие скручивания P_1 и радиального перемещения P_2 . Суммарный угол скручивания заготовки α_c , обеспечивающий устранение ее серповидности, определяется экспериментально из математического выражения:

$$\alpha_c = \frac{g L D 180}{BS \pi} \quad (1)$$

где $\frac{D}{S}$ - показатель, характеризующий размеры трубы; D и S - соответственно диаметр и толщина стенки трубы, мм; $\alpha_c B$ и gL - показатели, характеризующие величину смещения вертикального вала при кручении заготовки; B - ширина заготовки перед скручиванием, мм; g - удельная серповидность; $g = 0,001 \Delta$, Δ - серповидность, мм;

L - очаг скручивания сгибаемой полосы (расстояние между смежными клетями с вертикальными и горизонтальными валками), мм,

π - число "пи".

Значение суммарных углов скручивания, необходимых для устранения имеющейся серповидности Δ в исходной заготовке приведены в табл.1.

Допускаемый одноразовый угол закручивания α_g обеспечивается при упругой деформации из условия предупреждения потери устойчивости кромок, недопущения их пластической деформации и появления трещин.

Допускаемые закручивания и касательные напряжения:

$$\alpha_g = \frac{M_{кр} L 180}{I_k G \pi} = \frac{P_{кр} B L 180}{a B S^3 G \pi} \quad (2)$$

$$\tau_g = \frac{M_{кр}}{W_k} = \frac{P_{кр} B}{a B S^2} = \frac{P_{кр}}{a S^2} \quad (3)$$

где $M_{кр}$ и $P_{кр}$ - крутящий момент и усилие скручивания;

$P_{кр} = P / \cos \alpha_g$; $P_{сж} = P \sin \alpha_g$; P и $P_{сж}$ - усилия перемещения вала и поперечного сжатия заготовки;

L - очаг скручивания; $a = 0,32$ - коэффициент, характеризующий момент инерции I_k и момент сопротивления W_k при кручении; $G = 8 \cdot 10^3$, кг/мм² - модуль упругости; B и S - ширина перед скручиванием и толщина заготовки.

Из выражения (3):

$$P_{кр} = \tau_g a S^2 \quad (4)$$

подставляем в формулу (2)

$$\alpha_g = \frac{\tau_g a S^2 L 180}{a S^3 G \pi} = \frac{\tau_g L 180}{S G \pi} \quad (5)$$

При $\alpha_c \leq \alpha_g$ серповидность устраняется разовым скручиванием заготовки в одном межклетьевом промежутке.

При $\alpha_c > \alpha_g$ для устранения серповидности и обеспечения условий предупреждения потери устойчивости кромок упругое скручивание выполняют более, чем в одном межклетьевом промежутке (межпереходном участке).

Формовку гибом трубной заготовки 11 выполняли относительно оси формовки 12 по двухрадиусной калибровке радиусами подгибки: R - по середине и r - по кромкам с углами подгибки φ_1 и φ_2 соответственно по переходам I - XIII, затем кромки сваривают продольным швом 13. При этом поперечное сжимающее усилие $P_{сж}$ прикладывают в пределах упругой деформации до получения в поперечном сечении в последнем формирующем переходе XIII симметричного расположения кромок трубной заготовки 11. Устранение серповидности Δ осуществляют в результате воздействия на заготовку 7 поперечных сжимающих $P_{сж}$ и растягивающих P_3 усилий межвалкового натяжения. Величину суммарного угла скручивания α_c определяют из математического выражения/Угол изгиба β по длине очага деформации L определяется в зависимости от величины $\operatorname{tg} \beta = h/L$ (6). смещения h вертикального вала.

Заявляемый способ может быть осуществлен с помощью устройства, содержащего комплект горизонтальных приводных и вертикальных не приводных валков.

Так, например, изготовление сварной трубы с продольным швом диаметром $D = 42,3$ мм из малоуглеродистой стали Ст3 была использована исходная заготовка шириной $B_{заг} = 128$ мм ($B = 125$ мм), толщиной 3,2 ($\Delta = 3,0$ мм), мм с удельной серповидностью $g = 0,003$.

Опытную формовку трубы проводили на трубоэлектросварочном агрегате 2 ... 4 × 60 ... 250 с межклетьевым расстоянием $l = 600$ мм ($L = 300$ мм). Для формовки трубы была применена двухрадиусная калибровка валков. В плоскости формовки первого задающего перехода 1 располагали серповидную исходную заготовку шириной $B_{заг} = 128$ мм симметрично относительно оси формовки. В первом задающем переходе выполняли только подгибку кромок на угол $\varphi_2 = 45^\circ$. Затем между смежными переходами заготовку скручивали вокруг вогнутой кромки 9 с одновременным приложением поперечного сжимающего усилия P_c со стороны выпуклой кромки 8, которые осуществляли путем вертикального смещения вертикального калиброванного вала 6 на величину h .

Суммарный и допустимый углы скручивания серповидной заготовки определяли по формулам (1) и (5).

$$\alpha_c = \frac{g L D 180}{B S \pi} = \frac{0,0030 \cdot 300 \cdot 42,3 \cdot 180}{125 \cdot 3,2 \cdot 3,14}$$

$$= 5,5^\circ;$$

$$\alpha_g = \frac{\tau_g L 180}{S G \pi} = \frac{15 \cdot 300 \cdot 180}{3,2 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 3,14} = 10,1^\circ,$$

т.е. при $\alpha_c < \alpha_g$ серповидность заготовки ($\Delta = 3,0$ мм) устраняли путем ее скручивания в одном межклетьевом промежутке.

В черновых переходах II - XII заготовку изгибали в поперечном направлении по двухрадиусной кривой с увеличением угла изгиба по режиму 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 290; 310; 326; 344; 350; 360.

При этом во всех черновых проходах ее изгибали в поперечном направлении двумя радиусами, из которых радиус r крайних участков полосы равен радиусу сформированной трубы, а центральный радиус R переменный, уменьшающийся от одной стадии формовки к другой до соприкосновения кромок и получения трубной заготовки 11 в тринадцатом черновом переходе.

На готовой трубной заготовке, изготовленной из исходной заготовки с серповидностью $\Delta = 3,0$ мм согласно заявляемому способу скручивание продольного стыка относительно продольной оси отсутствовало, в кромки были параллельными.

В тринадцатом технологическом переходе кромки полосы сваривали продольным швом 13 и

получали сварную круглую трубу диаметром $D = 42,3 \text{ мм}$.

При использовании исходной заготовки с относительно большой серповидностью ($\Delta > S$) устранение серповидности иногда приходится выполнять более, чем перед одним черновым переходом.

Так, например, при изготовлении сварной прямошовной трубы диаметром 42,3мм, толщиной 3,2мм из малоуглеродистой стали Ст10 была использована другая исходная заготовка шириной $B_{\text{заг}} = 128 \text{ мм}$ ($B = 125 \text{ мм}$) с удельной серповидностью $g = 0,0045$ ($\Delta = 4,5 \text{ мм}$). Формовку и скручивание заготовки выполнили на одном и том же стане.

Суммарный и допустимый углы скручивания серповидной заготовки имели следующие значения

$$\alpha_c = \frac{g L D 180}{B S \pi} = \frac{0,0045 \cdot 300 \cdot 42,3 \cdot 180}{3,2 \cdot 125 \cdot 3,14}$$

$$= 8,2^\circ;$$

$$\alpha_g = \frac{\tau_g L 180}{S G \pi} = \frac{11 \cdot 300 \cdot 180}{3,2 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 3,14} = 7,4^\circ$$

т.е. при $\alpha_c > \alpha_g$ серповидность заготовки ($\Delta = 4,5 \text{ мм}$) следует устранять за два приема в двух межпереходных промежутках - первом и втором.

Углы скручивания устанавливали равными по $4,1^\circ$, компенсируя величину серповидности вначале до $\Delta = 2,25 \text{ мм}$, затем устраняя серповидность окончательно. Формовку трубы выполняли по той же самой калибровке и технологии, что и в предыдущем примере. Полученная труба отвечала всем заданным требованиям.

Режимы скручивания заготовки при изготовлении труб диаметром от 23,3мм до 75,5мм приведены в табл.1.

Значения допускаемых касательных напряжений различных марок стали приведены в табл.2.

Значения углов и радиусов подгибки при формовке заготовки в трубу диаметром 42,3мм приведены в табл.3.

Приведенные сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения, свидетельствуют, что способ промышленно применим при использовании на обычном трубогибочном стане. Положительный эффект при осуществлении изобретения будет получен благодаря возможностям использования серповидных $\Delta = (0,3-1,4)S$ полосовых заготовок и получению из них качественных прямошовных труб путем выполнения технологического кручения в промежуточных переходах подгибаемых полос.

Для сопоставления качества сварных прямошовных труб, полученных из серповидной заготовки по заявляемому способу и прототипу, была изготовлена опытная трубная заготовка для круглой сварной трубы диаметром $D = 42,3 \text{ мм}$ при толщине $S = 3,2 \text{ мм}$ из серповидной исходной заготовки шириной $B_{\text{заг}} = 128 \text{ мм}$ с удельной серповидностью $g = 0,003$, согласно способу-прототипу трубную заготовку изготавливали по режиму: 60 - 90 - 120 - 150 - 180 - 220 - 285 - 296 - 340 - 360°. Причем в предпоследних переходах трубную заготовку скручивали относительно продольной оси сначала в одну сторону, затем в другую в пределах упругой деформации.

Трубы, полученные по способу-прототипу, имели скручивание продольного стыка относительно продольной оси, достигающее $2-2,5^\circ$ на метр длины, а изготовленные согласно заявляемому способу, скручивания стыка относительно продольной оси практически не имели, что обеспечивало получение качественного прямого сварочного шва.

Таблица 1

Режимы скручивания заготовки

Диаметр трубы, D мм	Толщи- на заго- товки S, мм	$\frac{D}{S}$	Удель- ная сер- повид- ность g $= 0,001\Delta$ (безраз- мерная величи- на)	L Расстоя- ние меж- ду горизон- тальной и верти- кальной клетями, мм	Верти- альное смеще- ние кромки $h = \frac{gLD}{S}$, мм	Ширина исход- ной заго- товки В _{заг} , мм	Серпо- вид- ность Δ мм	Суммар- ный угол скручи- вания α_s , град
23,3	2,8	8,3	0,0028	300	7,0	62	2,8	6,5
26,0	2,8	9,3	0,0015	300	4,1	79	1,5	3,0
33,5	3,2	10,5	0,0032	300	10	99	3,2	5,8
42,5	3,2	13,2	0,0045	300	17,8	128	4,5	8,5
48,0	3,5	13,8	0,0035	300	14,4	145	3,5	5,7
60,0	3,5	17,3	0,0040	300	20,6	183	4,0	6,4
75,5	4,0	18,8	0,0020	300	11,3	232	2,0	2,8

Таблица 2

20

Допускаемые касательные напряжения для углеродистых марок стали

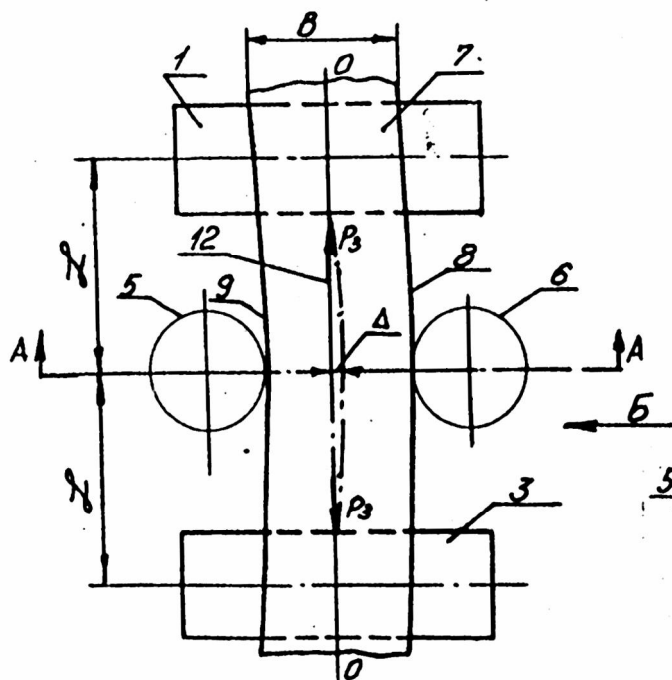
Марка стали	Группа прочности	Временное сопротив- ление разрыву, σ_b , кг/мм ²	Допускаемые кас- тельные напряжения, τ_d , кг/мм ²
1	2	3	4
08кп	K260B	27-39	11
08пс, 08,10кп, 10пс, 10	K270B	28-42	11

Ст1, Ст2	OK300B	31-44	12
15кп, 15пс	K310B	32-45	13
15, 20кп	K330B	34-47	14
20пс, 20	K350B	36-51	14
Ст3	OK360B	37-54	15
25, 30	K390B	40-60	16
Ст4, Ст5пс	OK400B	41-69	16
Ст5пс			
Ст35, 40, 45, 50	K490B	50-73	20

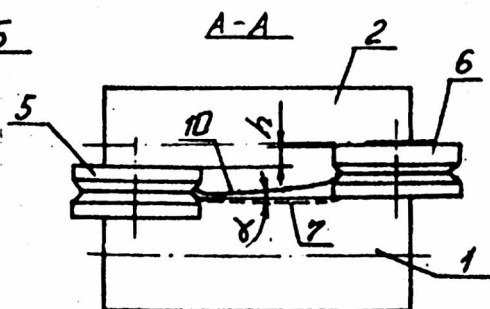
Таблица 3

Значения углов и радиусов подгибки при формовке заготовки в трубу диаметром 42,3 мм; S = 3,2 мм

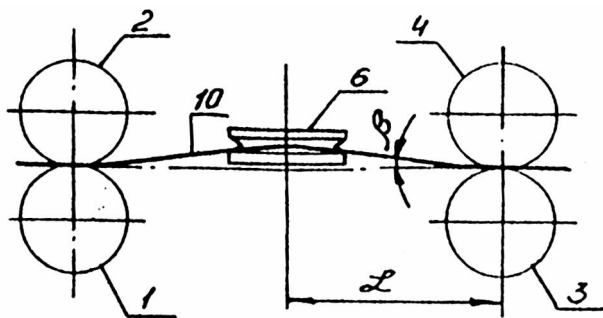
Параметры	Клети												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
φ_1	-	16	30	46	60	76	90	90	65	60	52	50	-
R	-	199	102	66	51	40	34	31	31	28	25	23	21
φ_2	45	44	45	44	45	44	45	55	90	103	120	125	-
r	20.5	21	20.5	21	20.5	21	20.5	21	20.5	21	20.5	20.5	21
$\varphi_1 + \varphi_2$	45	60	75	90	105	120	135	145	155	163	172	175	180



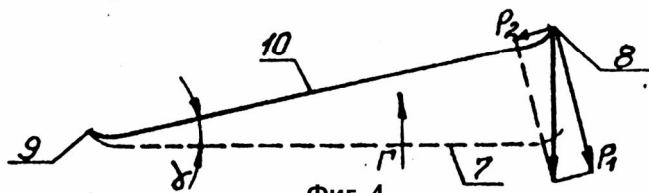
Фиг. 1



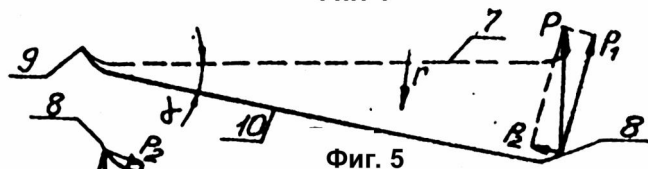
Фиг. 2



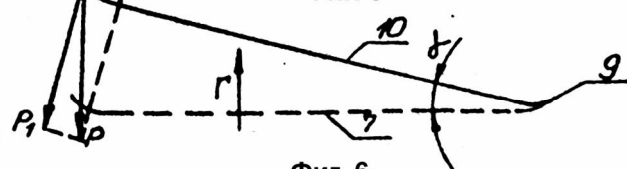
Фиг. 3



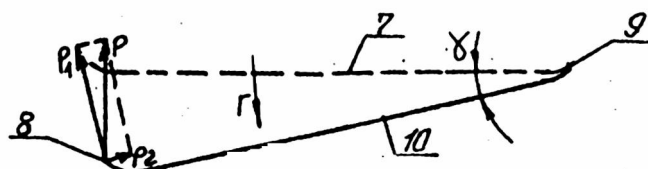
Фиг. 4



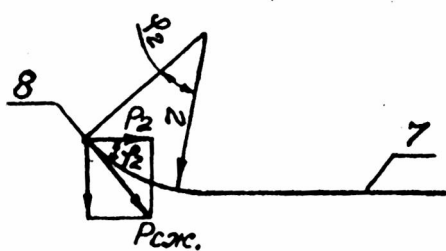
Фиг. 5



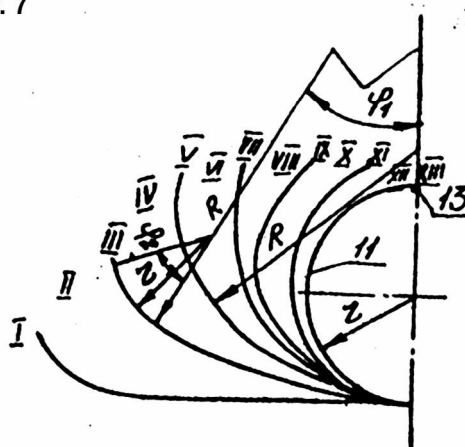
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9