

УДК 621.774.2**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ ШТРИПСА НА ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ
МАЛОГО И СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОВКИ ТРУБЫ
ИЗ СТАЛИ 09Г2С НА ТРУБОЭЛЕКТРОСВАРОЧНОМ АГРЕГАТЕ 40-133**

Сергей Александрович Жаворонков

*Студент 6 курса,**кафедра «Оборудование и технологии прокатки»**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**Научный руководитель: О.В. Соколова,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Увеличение спроса на сварные трубы малого и среднего диаметра, а также развитие сферы ЖКХ (жилищно-коммунального хозяйства), неуклонно приводит к необходимости повышения качества трубных материалов. Возрастает спрос на выпуск труб со специальными свойствами из низколегированных марок сталей. При этом существует высокая конкуренция на рынке сбыта, что влечет за собой уменьшение себестоимости продукции, для реализации ее в крупных масштабах. Поэтому основными факторами, повышающими уровень потребления стальных труб и профилей, являются улучшение качества и снижения производственных затрат. В связи с этим, появляется необходимость в разработке более эффективных технических решений при производстве труб из низколегированных марок сталей.

Целью работы является анализ методик расчетов ширины исходной заготовки для труб малого и среднего диаметра (10 - 530 мм), а также исследование формовки трубы $\varnothing 114 \times 6$ из стали марки 09Г2С на трубоэлектросварочном агрегате 40-133, который входит в состав трубоэлектросварочного цеха №2 ОАО «ВМЗ» (Выксунский металлургический завод).

В процессе формовки трубной заготовки происходит изменение ее геометрических размеров. Распределение обжатий по функциональным группам рабочих клетей и точное определение величины увеличения периметра трубной заготовки в клетях с открытым профилем калибра определяют качество сварного соединения и точность геометрии получаемых труб. Режим обжатия закладывается в калибровку валкового инструмента и параметры исходной заготовки. Выбор оптимальной ширины штрипса заключается в обеспечении требуемого качества трубы при минимальном расходном коэффициенте [2].

Рассмотрим наиболее конкурентно способные методы расчета оптимальной ширины штрипса: способ предложенный Б.Д. Жуковским в 1969 году, способ предложенный В.С. Юсуповым в 2015 году, способ предложенный А.В. Колобовым, опубликованный в 2005 году, особый интерес представляет способ, предложенный Д.М. Новокшоновым, который был опубликован в 2019 году [3-5].

В оригинальном способе, предложенном Д.М. Новокшоновым [2], уменьшение расходного коэффициента металла достигается благодаря высокой точности определения оптимальной ширины штрипса независимо от характера формоизменения путем учета увеличения периметра заготовки за счетгиба как в группе клетей с открытым, так и с закрытым калибром. Ширина заготовки определяется по формуле (1) [2].

$$B = \pi D(1 + m)(1 + \varepsilon) - t \left(f - k + \sin\left(\frac{\varphi^1 - \varphi^2}{2}\right) \right), \quad (1)$$

где

D – наружный диаметр готовой трубы;

m – величина обжатия при редуцировании в калибровочной группе клеток;

ε – относительная деформация трубной заготовки;

t – фактическая толщина штрипса;

f – безразмерный коэффициент, учитывающий характер формоизменения;

k – безразмерный коэффициент;

φ_1 – угол раскрытия кромок на входе в группу с закрытым профилем;

φ_2 – угол раскрытия кромок на выходе из группы с закрытым профилем;

Результаты расчета ширины исходного штрипса по анализированным выше способам, представлены в таблице 1 для трех типоразмеров труб.

Таблица 1 – Результаты расчета ширины исходной заготовки по анализированным методам

D_T	s_T	$\frac{D_T}{s_T}$	Б.Д. Жуковский. 1969 г.				В.С. Юсупов. 2015 г.				А.В. Колобов. 2005 г.				Д.М. Новокшенов. 2019 г.						
			ΔB_ϕ , мм	ΔB_k , мм	ΔB_c , мм	B , мм	ε_1 , %	ε_2 , %	ε_3 , %	B , мм	$\mu_{\phi r}$	μ_{cb}	μ_k	$\frac{\Delta B_{cb}}{mm}$	B , мм	m	k	ε	f	t	B , мм
102	3	34	2,3	2,6	2	317,918	0,55	0,5	1,1	343,17	1,006	1,01	1,009	0,6	319,46	0,01	0,5	0	2,5	3	316,83
114	6	19	2,5	2,8	2,1	346,692	0,52	0,5	1,1	374,25	1,006	1,01	1,009	0,6	348,44	0,01	0,5	0	2,5	6	344,7
219	8	27,38	6	5	3,2	677,076	0,3	0,5	1,1	729,58	1,001	1,01	1,01	0,6	677,48	0,01	0,7	0,004	2,7	8	673,67
Предполагаемая формула			$B = \pi(D_T - s_T) + \Delta B_\phi + \Delta B_k + \Delta B_c$				$B = \pi(D_T - s_T)k \prod_{i=1}^n \left(\frac{\varepsilon_i + 100}{100} \right)$ $\varepsilon_1 = 0,938e^{-0,0017P}$; $\varepsilon_2 = 0,5 - 1,2\%$; $\varepsilon_3 = 1,1 - 2,3\%$; $k = 1,08$				$B = \pi(D_T - s_T)\mu_{\phi r}\mu_{cb}\mu_k + \Delta B_{cb}$ $\mu_{\phi r} = 0,938e^{-0,0017P}$; $\mu_{cb} = 1,008 - 1,012$; $\mu_k = 1,007 - 1,013$;				$B = \pi D(1 + m)(1 + \varepsilon) - t \left(f - k + \sin\left(\frac{\varphi^1 - \varphi^2}{2}\right) \right)$ $\varepsilon = 0 - 0,006$; $m = 0,008 - 0,012$;						

На сегодняшний день на трубоэлектросварочном агрегате ТЭСА 40-133 ведется формовка рядовых марок стали: сталь 10, сталь 20. С растущей тенденцией спроса на более качественную продукцию возникла потребность производить трубы из низколегированной стали 09Г2С. Для реализации этой потребности необходимо адаптировать существующую технологию производства.

Для моделирования новой технологии был использован программный комплекс MSC.Marc. На основе компоновки стана и геометрии профиля валков был смоделирован процесс формовки трубы из исследуемого материала. Расчеты показали высокие вертикальные деформации, возникающие в периферийной точке штрипса. Ниже представлен график значений вертикальной деформации в периферийной точке (рис.1).

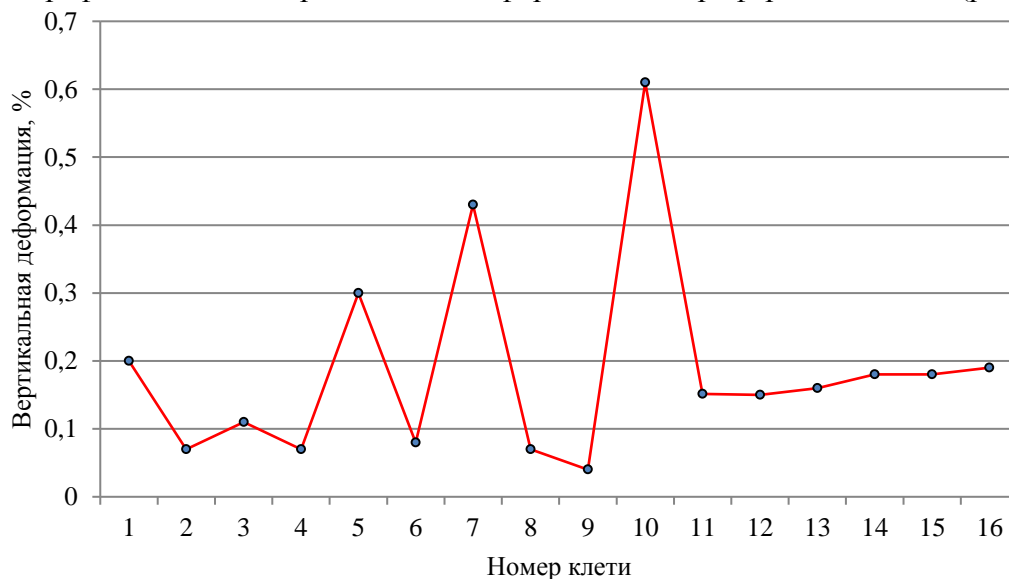


Рис. 1. Вертикальная деформация в периферийной точке

Причиной высоких значений вертикальной деформации для десятой клетки является наличие непроформованных участков в третьей и четвертой клетке открытого типа (рис.2).

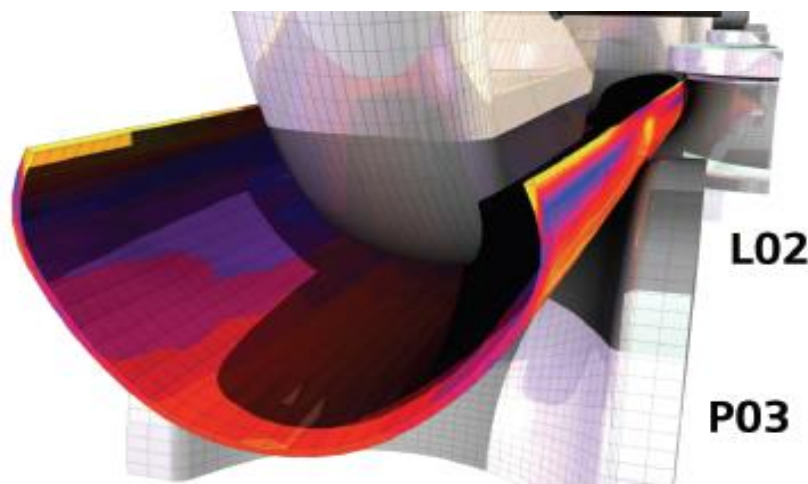


Рис. 2. Трубная заготовка в третьей клетке открытого калибра

В результате этого профиль имеет форму вытянутого вверх овала, и при входе в первую клетку с закрытым калибром обжимается по высоте, из-за этого осевое течение металла возрастает, что приводит к гофрообразованию (рис.3).

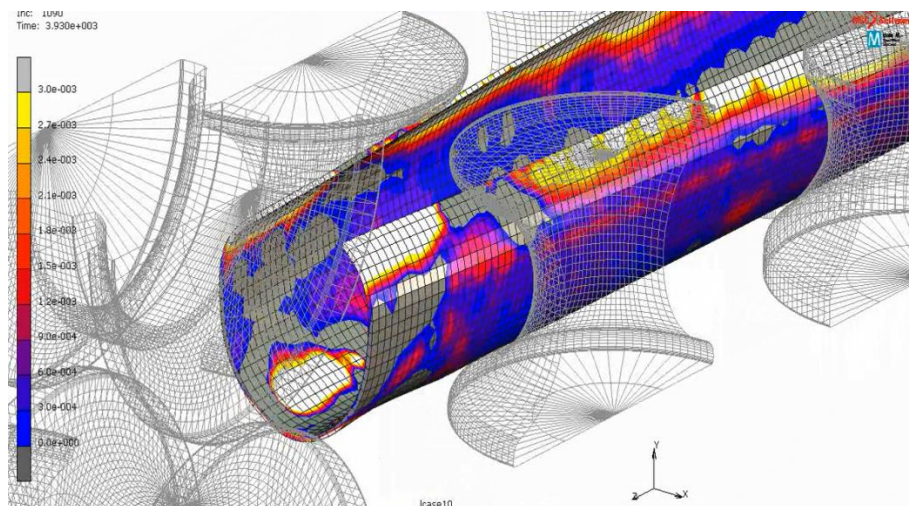


Рис. 3. Растягивающие напряжения перед клетью с закрытым калибром

Для решения этой проблемы было предложено устранить недоформованные участки в открытой группе клетей, путем корректировки профиля валков, а также изменить форму очага деформации, разгрузив пятую клеть, перевести часть нагрузки на следующие клетки закрытого типа[6].

В ходе применения предложенных решений на модели, было получено снижение продольной деформации кромки за счет уменьшения чрезмерного обжатия прикормочной области. Также был замечен спад напряжений в узлах клетей с закрытым профилем за счет применения клиновидного очага деформации.

Выводы:

- Анализ способов расчета ширины полосы показал, для при формовке труб рассмотренных типоразмеров самый экономичным способом является метод, предложенный Д.М. Новокшионовым, который позволяет снизить расходный коэффициент металла на 5-8 кг/т в зависимости от сортамента.
- Смоделирован процесс прокатки стали 09Г2С на ТЭСА 40-133, выявлены ключевые места, необходимые для адаптации существующей технологии под формовку новой марки стали.

Литература

1. *Пашков Н.Г.* Разработка эффективных способов формоизменения прямошовных электросварных труб нефтяного сортамента в линии трубоэлектросварочного агрегата: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук. М., 2007. 24с.
2. *Новокшионов Д. Н.* Способ производства прямошовных труб диаметром от 10 до 530 мм на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах: заяв. на изобр. №2018108646 Российская федерация. 2019. 5 с.
3. *Головкин Р.В.* Производство прямошовных труб на непрерывных трубоэлектросварочных станах: учебное пособие / Р.В. Головкин, Е.М. Кричевский. - М.: Металлургия, 1969. - 284 с.
4. *Юсупов В.С.* Совершенствование технологии производства электросварных прямошовных труб / В.С. Юсупов, А.В. Колобов, К.Э. Акопян, М.С. Селезнев, М.А. Сомин // Сталь. - 2015. - №8. - С. 44-50.
5. *Колобов А.В.* Исследование и совершенствование непрерывной валковой формовки при производстве электросварных прямошовных труб: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. М., 2005. 172 с.

6. *Новоколонов Д. Н., Соколова О. В., Лепестов А. Е.* Метод конечных элементов как средство оптимизации схемы формоизменения трубной заготовки // САПР и графика. 2016. №4. С. 72–74.