

УДК 621.791.793

Семенов В. М.

**ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА ЦИЛИНДРОВ С ПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ ШВАМИ**

Создание новых более мощных машин тяжелого кузнечно-прессового оборудования повлекло за собой увеличение габаритов и веса отдельных их узлов и деталей (цилиндров, плунжеров, станин) [1]. Изготовление таких деталей, особенно крупных цилиндров, в цельнокованом исполнении невозможно из-за отсутствия кузнечно-прессового и печного оборудования необходимой мощности [2]. В связи с этим большинство крупных цилиндров изготавливают обычно сварными с применением электрошлаковой сварки (ЭШС) из двух частей: кованой обечайки и днища. Однако не всегда удается применить этот вариант, если днище само представляет собой крупную конструкцию, изготовление которой в цельном исполнении также создает определенные трудности, связанные с обеспечением требуемых механических свойств и качества при изготовлении слитков и поковок крупного сечения.

В этом случае днища можно изготовить сварным (электрошлаковым способом) из двух или более частей и затем к нему приварить кольцевым швом обечайку. При этом в процессе сварки кольцевой шов пересекает прямолинейные швы днища, что создает опасность образования в этих местах трещин и требует разработки мер, предотвращающих это.

В настоящее время отсутствуют сведения об изготовлении, с помощью ЭШС, крупных сварных конструкций и особенно цилиндров с пересекающимися швами. Разработка такого варианта изготовления деталей позволяет обеспечить свойства и качество изделия, а также создать материал- и энергосберегающий процесс, что подтверждает актуальность выполнения таких исследований.

Целью работы является создание принципиальной методологии изготовления крупных толстостенных сварных конструкций с пересекающимися швами, обеспечивающих требуемые свойства и качество сварных соединений.

Задачи работы состояли в разработке конструкторско-технологического решения изготовления крупных сварных изделий с пересекающимися швами и технологического процесса электрошлаковой сварки крупных цилиндров с кольцевыми швами диаметром до 3000 мм и толщиной до 400 мм

Ниже приведена уникальная технология изготовления крупного цилиндра из стали 25 ГС (рис. 1), в котором днище сварено из трех частей.

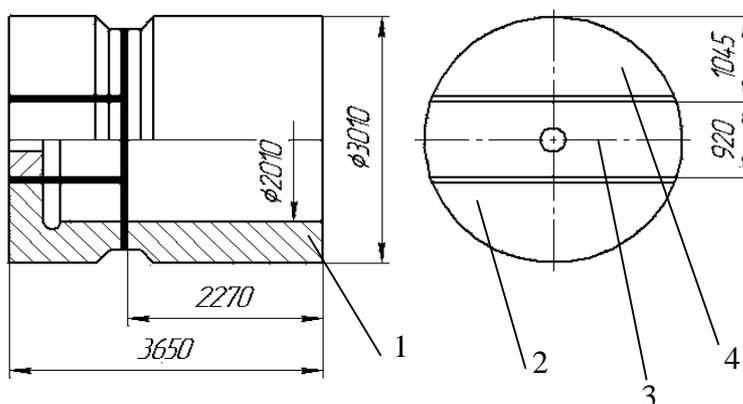


Рис. 1. Общий вид цилиндра со сварным днищем:

1 – обечайка; 2 – средняя часть днища; 3, 4 – боковые части

Сведения по заготовкам цилиндра и химический состав стали приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения по заготовкам и химический состав стали

Наименование заготовки	Масса, т		Химический состав, %						
	слитка	поковки	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
Обечайка 1	170	108	0,23	1,64	0,78	0,018	0,019	0,29	0,20
Средняя часть днища 2	41,5	26,8	0,24	1,29	0,78	0,019	0,015	0,24	0,22
Боковая часть днища 3	47	28,3	0,25	1,50	0,80	0,019	0,016	0,28	0,24
То же 4	47	28,3	0,28	1,30	0,78	0,019	0,015	0,18	0,22

Предварительная конструкторско-технологическая проработка изготовления цилиндра позволила наметить следующую последовательность выполнения операций: механическая обработка заготовок днища под сварку с припуском сборки и сварка элементов днища; термическая обработка – отпуск сварного днища; механическая обработка днища с обечайкой под сварку с уменьшенными припусками, сварка цилиндра; окончательная термическая обработка цилиндра – нормализация с отпуском; механическая обработка согласно чертежу. Двойная механическая обработка днища требовала увеличенных, в сравнении с обычными, припусков на обработку.

Требовалось так же, как упоминалось выше, предупредить возможность образования трещин при пересечении швов и обеспечить требуемый уровень механических свойств сварного соединения не ниже свойств основного металла  $\sigma_m = 280$  МПа,  $\sigma_s = 500$  МПа,  $\delta = 14$  %,  $\psi = 30$  %,  $a = 50$  Дж/см<sup>2</sup>.

На рис. 2 показана схема сборки днища из трех частей.

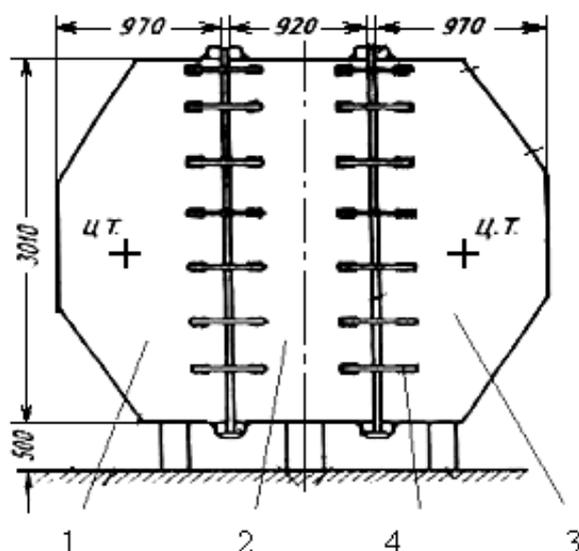


Рис. 2. Схема установки днища на опоры под сварку:

1–3 – свариваемые заготовки днища; 4 – сборочные планки

В результате предварительной проработки и изучения возможных вариантов изготовления цилиндра была принята для использования методология изготовления крупных сварных изделий с пересекающимися швами, представленная ниже в виде блок-схемы.

Формулировка требований к готовому сварному цилиндру  
с пересекающимися швами

Механические свойства основного металла и сварного соединения после термической обработки – нормализации с отпуском:

$$\sigma_T \geq 280 \text{ МПа}; \sigma_B \geq 500 \text{ МПа}; \delta \geq 14 \%; KCV \geq 30 \text{ Дж/см}^2$$

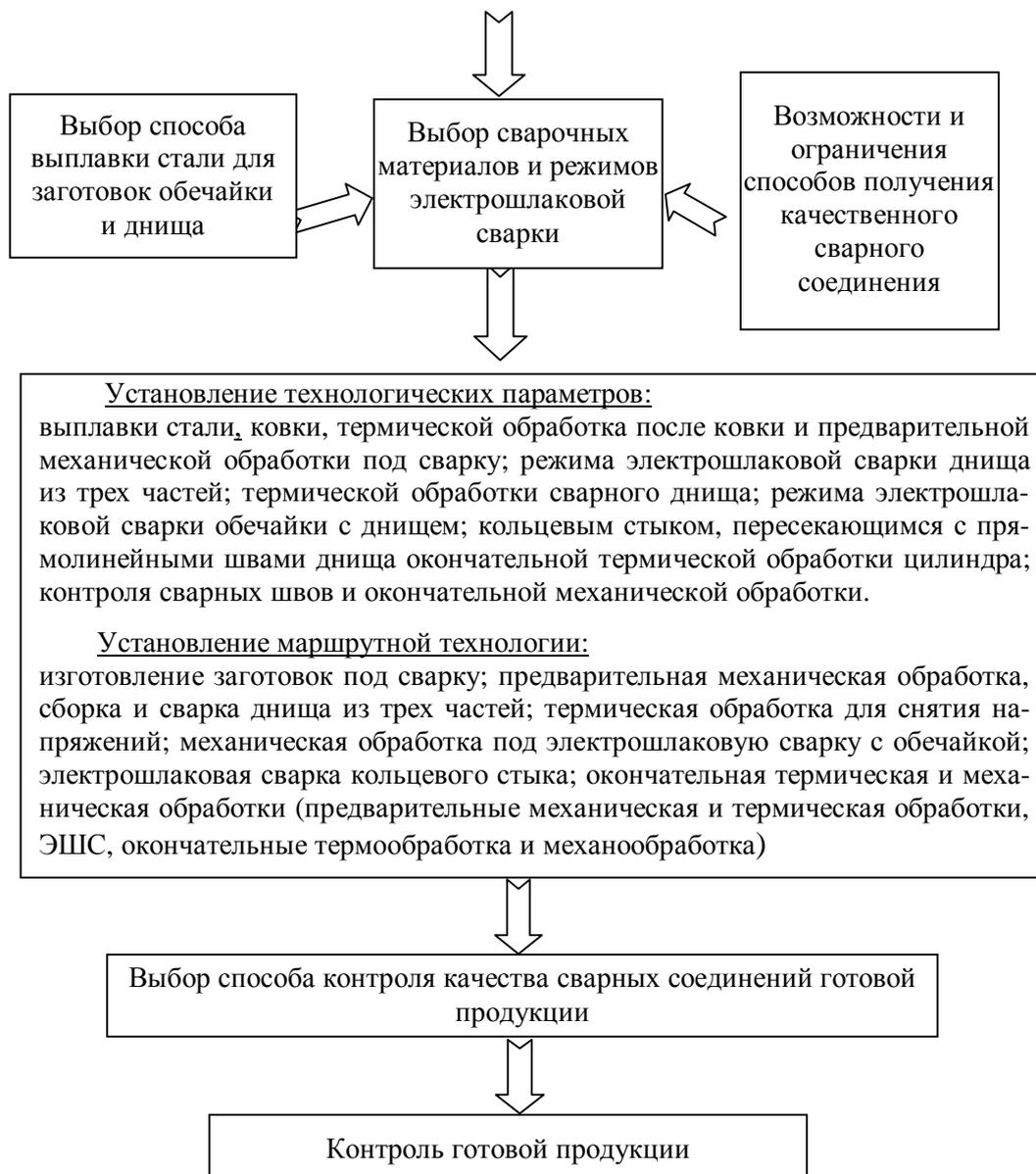


Рис. 3. Структурная блок-схема методологии создания крупных сварных конструкций с пересекающимися швами

Ниже приведены меры по предотвращению образования трещин при ЭШС.

Выплавку стали 25ГС производили в кислой мартеновской печи, обеспечивающей получение металла более чистого по сере, способствующей снижению опасности образования трещин.

Для получения качественного сварного соединения технологиюковки обечайки назначали таким образом, чтобы место сварного шва находилось на донной части слитка, наиболее чистой по неметаллическим включениям. По известной экспрессной методике [3] определили оптимальную скорость сварки, гарантирующую отсутствие трещин.

Электрошлаковую сварку прямолинейных стыков днища выполняли при режиме: напряжение сварки 45...50 В; скорость подачи проволоки 200 м/ч; скорость сварки 0,35 м/ч, применяли сварочную проволоку Св 10Г2 Ø 3 мм и флюс АН-8. После электрошлаковой сварки днище подвергали термической обработке – отпуску при температуре 580–600 °С для снятия сварочных напряжений. При выполнении сварки участков пересечения кольцевого и прямолинейных швов с целью уменьшения опасности появления трещин скорость сварки понижали до 0,30 м/ч и использовали подогрев этих мест до температуры 100...120 °С. После сварки с целью обеспечения требуемых механических свойств цилиндр подвергали термической обработке – нормализации (880...900 °С) с отпуском (580...600 °С).

При использовании сварочной проволоки Св 10Г2 с флюсом АН-8 и термической обработки обеспечили требуемые механические свойства сварного соединения равноценные свойствам основного металла  $\sigma_T = 284$  МПа,  $\sigma_s = 510$  МПа,  $\delta = 16\%$ ,  $\psi = 32\%$ ,  $a = 52$  Дж/см<sup>2</sup>.

Контроль сварных швов производили ультразвуковой дефектоскопией, в результате которой дефектов не было обнаружено. Ниже показан общий вид и разрез сварного цилиндра с пересекающимися швами.

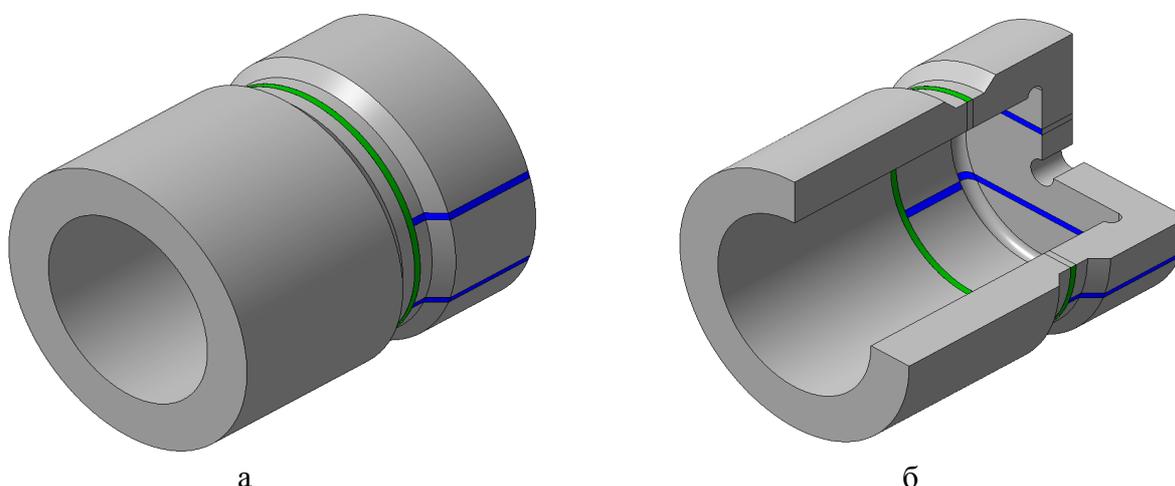


Рис. 4. Общий вид сваренного цилиндра (а) и его разрез (б)

### ВЫВОДЫ

1. Предложена методология изготовления с помощью электрошлаковой сварки крупных сварных конструкций с пересекающимися швами.
2. Разработана технология электрошлаковой сварки цилиндров диаметром до 3000 мм и толщиной до 400 мм с пересекающимися швами.
3. Для предотвращения опасности образования трещин было предложено: выплавку стали для свариваемых заготовок производить в сталеплавильной печи с кислой футеровкой; при изготовлении поковки для обечайки донную часть слитка располагать в месте, предназначенном для сварки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патон Б. Е. Электрошлаковая сварка (Перспективы развития) / Б. Е. Патон, Д. А. Дудко, И. И. Лычко, И. И. Суцук-Слюсаренко // «Автоматическая сварка». – 1999. – № 9. – С. 4–6.
2. Суцук-Слюсаренко И. И. Основные и сварочные материалы / И. И. Суцук-Слюсаренко, И. И. Лычко, В. М. Семенов. – Киев «Наукова думка». – 1981. – 110 с.
3. Семенов В. М. Электрошлаковая сварка крупных поковок толщиной до 1300 мм из стали 20ХНМФ / В. М. Семенов, С. В. Подлесный // Харьков Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 3(15). – С. 45–51.