



УДК 669.187.526.001.2

ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЕ ЛИТЬЕ ВМЕСТО КОВКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФОНТАННОЙ АРМАТУРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

**В. Л. Шевцов, М. Л. Жадкевич, В. Я. Майданник,
Л. Г. Пузрин, А. Г. Богаченко**

Показано, что заготовки прочных корпусов фонтанной арматуры (ФА), изготовленные методом ЭШЛ, по показателям пластичности и вязкости превосходят кованный металл корпусов ФА, которые изготавливаются передовыми зарубежными фирмами. Установлено также, что металл ЭШЛ превосходит кованный и по способности воспринимать пластическую деформацию в условиях сложного напряженного состояния. Производство ФА высокого давления с применением ЭШЛ обеспечивает при минимальной себестоимости наиболее высокую ее надежность во время длительной эксплуатации.

It is shown that billets of strong valve bodies of Christmas tree (CT), produced by ESC method, are superior by characteristics of ductility and toughness to the forged metal of valve bodies of CT, which are manufactured by advanced foreign companies. It is established that ESC metal is also superior to the forged metal by the capability to undergo the plastic deformation in the conditions of a complex stressed state. The manufacture of high-pressure CT using ESC provides at minimum cost the highest its reliability during long-time service.

Ключевые слова: фонтанная арматура; прочные корпуса; высокое давление; кованный металл; электрошлаковый литой металл; механические свойства; сопротивление хрупкому разрушению; надежность

Фонтанная арматура применяется для добычи нефти и газа фонтанным методом. Она устанавливается на устье скважины и используется для ее обслуживания во время эксплуатации и управления потоком добываемых продуктов. Фонтанная арматура, которая устанавливается на скважинах большой глубины (порядка 4000 м), работает под давлением до 70 МПа. Повышенная пожароопасность нефти и природного газа и их токсичность требуют особенно высокой надежности работы фонтанной арматуры во время всего длительного периода ее эксплуатации [1]. В первую очередь это касается способности металла корпусов отдельных узлов ФА противостоять хрупкому разрушению при работе под высоким давлением.

В комплект ФА входит массивная головка для подвески колонны насосно-компрессорных труб, стволовые задвижки, задвижки на отводах, дроссели и другие узлы. Полный комплект ФА на давление 70 МПа в собранном виде имеет высоту 3,6 м и массу 3,5 т (рис. 1). В процессе изготовления

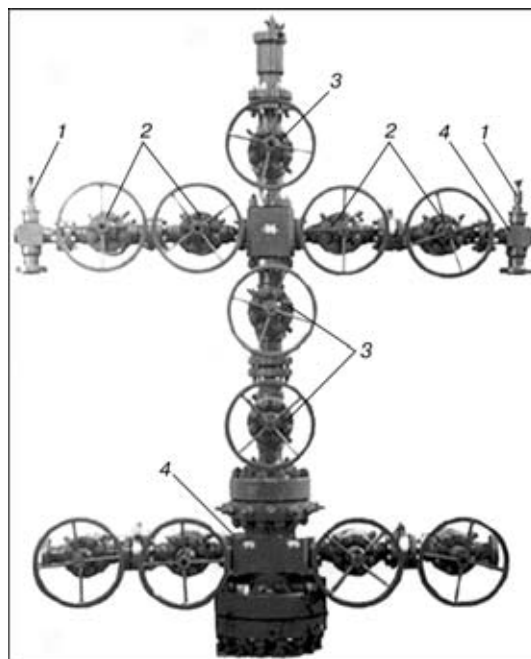


Рис. 1. Фонтанная арматура АФК6-80/50Х70: 1 — дроссели; 2 — задвижки на отводах с проходным сечением диаметром 50 мм; 3 — стволовые задвижки с проходным сечением диаметром 80 мм; 4 — головки насосно-компрессорной трубы

© В. Л. ШЕВЦОВ, М. Л. ЖАДКЕВИЧ, В. Я. МАЙДАННИК, Л. Г. ПУЗРИН, А. Г. БОГАЧЕНКО, 2003



Таблица 1. Механические свойства заготовок корпусов фонтанной арматуры, полученных разными способами

Способ получения	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$, %	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
Литье* (сталь 34CrMo4)	363...396 376	651...729 695	51,1...55,8 54,2	6,0...20,0 11,1	10,0...27,1 17,7	16,3...25,8 21,1
Ковка* (сталь 34CrMo4)	466...496 483	704...782 735	62,6...69,1 65,8	18,0...25,0 22,3	31,1...62,0 48,8	28,5...131,6 95,6
ЭШЛ** (сталь 35ХМ)	548...588 568	700...746 721	78,2...78,8 78,5	17,7...23,3 20,0	63,4...69,5 66,4	146...206 179,3

Примечание. Над чертой приведены минимальные и максимальные значения, под чертой — средние; * Данные фирмы «Cameron» [4]; ** Данные фирмы «Элтерм», полученные при испытании 24 заготовок.

Таблица 2. Марочный химический состав сталей, используемых для изготовления прочных корпусов узлов ФА

Марка стали	Содержание, % мас								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	S	P
34CrMo4	0,30...0,37	0,17...0,37	0,50...0,80	0,80...1,20	0,15...0,30	≤0,30	Г 0,06	≤0,035	≤0,035
35ХМ	0,32...0,40	0,17...0,37	0,40...0,70	0,80...1,10	0,15...0,25	≤0,30	≤0,06	Г 0,035	≤0,035

корпус каждого узла такой арматуры подвергается испытанию давлением 105 МПа. В Украине до недавнего времени такую фонтанную арматуру не изготавливали. Потребность в ней удовлетворялась исключительно за счет импорта.

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины совместно с инновационной фирмой «Элтерм» впервые в Украине освоил изготовление надежной фонтанной арматуры, работающей под давлением 70 МПа [2, 3]. При разработке технологии производства такой фонтанной арматуры основное внимание было направлено на повышение надежности ее работы во время длительной эксплуатации. В этой статье мы осветим решение только одной, но, по нашему мнению, наиболее важной задачи — обеспечения надежной работы прочных корпусов ФА при высоком давлении.

Корпуса узлов ФА, особенно задвижек, имеют довольно сложную форму. Масса заготовок, из которых изготавливают эти корпуса, может составлять более 500 кг. Такие заготовки часто получают методами обычного литья. Отливки при изготовлении из них деталей требуют только минимальной механической обработки. Однако из-за низкой теплопроводности материала формы кристаллизация металла при литье происходит замедленно и с небольшим переохлаждением. Вследствие этого в металле отливки формируется крупнозернистая структура, имеет место значительная зональная ликвация легирующих элементов и примесей. Поверхностные слои отливки затвердевают в первую очередь и дальнейшая ее кристаллизация происходит без дополнительной подпитки жидким металлом. В результате этого в теле литой заготовки образуются поры и усадочные рыхлоты, что снижает плотность металла и приводит к относительно низким и нестабильным механическим свойствам литых заготовок. Данные о механических свойствах

заготовок корпусов ФА, полученных разными способами из стали 34CrMo4 и однотипной стали 35ХМ, приведены в табл. 1. Химический состав этих сталей представлен в табл. 2.

Как видно из табл. 1, самыми низкими оказываются показатели пластичности (δ , ψ) и вязкости (KCU) у заготовок корпусов ФА, изготовленных обычным литьем. Именно эти показатели определяют способность металла сопротивляться хрупкому разрушению в условиях объемного напряженного состояния, которое может возникнуть под действием высокого рабочего давления в тех местах корпусов, где присутствуют концентраторы напряжения, например усадочные рыхлоты. Поэтому изготавливать корпуса методом традиционного литья экономически выгодно только при производстве ФА, которая работает под давлением не более 35 МПа. Такое давление не вызывает в литых заготовках корпусов фонтанной арматуры опасного уровня напряжений.

Все зарубежные фирмы, производящие фонтанную арматуру для работы под давлением свыше 35 МПа, изготавливают корпуса ее узлов из кованых заготовок. Кованый металл, в отличие от металла обычных отливок, имеет большую плотность, повышенные прочностные свойства и, что особенно важно для предотвращения опасности хрупкого разрушения, более высокие и стабильные пластичность и вязкость. Однако производство корпусов ФА методамиковки значительно удорожает их изготовление из-за необходимости применять дорогостоящее оборудование, а также увеличивать припуски на размеры заготовок, т.е. повышать объемы механической обработки.

Немецкая фирма «Cameron» — ведущий производитель фонтанной арматуры разработала технологию изготовления заготовок ее корпусов, которая включает выплавку стали в электропечах, разливку ее в металлические изложницы, повторный нагрев

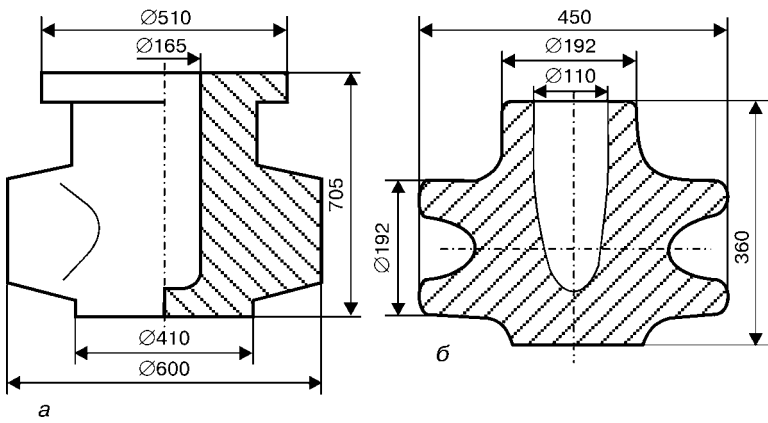


Рис. 2. Схемы заготовок ЭШЛ: а – корпуса энергетической задвижки; б – тройника

слитков и обжатие их на прессах. Затем поверхность полученных поковок обрабатывают и разрезают на заготовки строго определенной массы. Эти мерные куски прессуют в закрытых штампах и получают из них заготовки сложной формы с большой степенью обжатия [4]. Фирма «Самегон», применяя такую трудоемкую технологию, получает заготовки корпусов ФА с высокими механическими свойствами (табл. 1). Наружная конфигурация этих заготовок, как и при обычном литье, близка к форме готовых корпусов задвижек. Однако это преимущество достигается путем использования уникальных ковочных и штамповочных прессов усилием до 35000 т. Отмечая высокое качество и надежность своей продукции, фирма «Самегон» признает при этом, что цена ее фонтанных арматур и задвижек оказывается выше, чем у конкурентов из-за приме-

нения сложного оборудования и дорогостоящих технологий [4].

Вместе с тем, в приведенных фирмой «Самегон» данных обращают на себя внимание пониженные пластические свойства металла фланца и особенно металла патрубка, соединяющего фланец с корпусом задвижки. Наряду с высокими значениями относительного сужения ($\Psi_{\text{прод}}$) и ударной вязкости ($KCU_{\text{прод}}$) продольных образцов патрубка радиальные образцы имеют весьма низкие свойства: $\Psi_{\text{рад}} = 31,1 \%$, а $KCU_{\text{рад}} = 28,5 \text{ Дж/см}^2$ [4]. Показатель анизотропии N , рассчитанный по формуле

$$N = 0,5(\Psi_{\text{прод}}/\Psi_{\text{рад}} + KCU_{\text{прод}}/KCU_{\text{рад}}), \quad (1)$$

для металла этого патрубка равен 3,22. Такое значение показателя N свидетельствует о высокой анизотропии механических свойств металла заготовок корпусов ФА, изготовленных из поковок.

ИЭС им. Е. О. Патона и инновационная фирма «Элтерм» при производстве высококачественной и надежной фонтанной арматуры высокого давления пошли по другому пути и впервые в мире применили для изготовления ее корпусов метод электрошлакового литья (ЭШЛ) [5]. Высокое качество электрошлакового металла ставит его вне конкуренции с металлом открытой выплавки. Этот факт подтверждается многими исследованиями, проведенными у нас и за рубежом [6–8].

Предпосылкой к созданию технологии ЭШЛ заготовок корпусов ФА послужили разработанные ранее в ИЭС им. Е. О. Патона технологии электрошлакового литья корпусов энергетической арматуры, предназначенной для работы на тепловых и атомных электростанциях [5], а также центробежного электрошлакового литья корпусов тройников, используемых на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера при давлении до 35 МПа [9]. При монтаже оборудования эти задвижки и тройники соединяются с трубопроводами при помощи сварки. Для этого их корпуса имеют патрубки (рис. 2), которые при отливке заготовок не препятствуют усадке металла в литейной форме.

Задвижки фонтанной арматуры на концах патрубков имеют фланцы (рис. 3), предназначенные для соединения

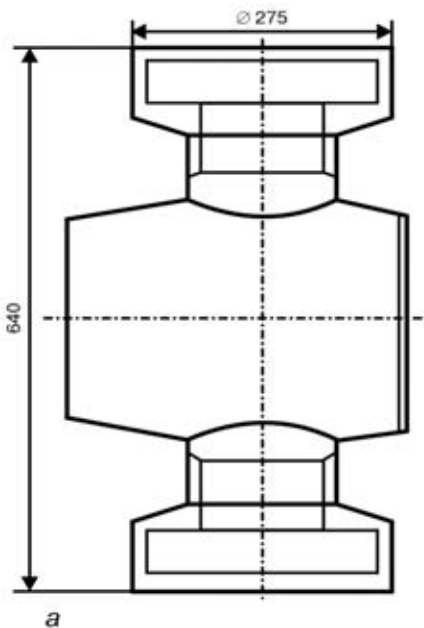


Рис. 3. Схема (а) и внешний вид (б) заготовки корпуса ствольной задвижки ФА с проходным сечением диаметром 80 мм, полученной методом электрошлакового литья (тонкими линиями указан наружный контур готовой детали)



Таблица 3. Химический состав стали 35ХМ до и после электрошлакового литья

Объект анализа	Содержание, % мас							Неметаллические включения, % об · 10 ⁻⁴
	C	Si	Mn	Cr	P	S	O, % · 10 ⁻⁴	
Электрод	0,35... 0,37	0,21... 0,31	0,45 ... 0,60	0,93... 1,15	0,014... 0,019	0,015... 0,020	0,21... 0,24	175... 185
Корпус ЭШЛ	0,35... 0,37	0,19... 0,29	0,43... 0,51	0,93... 1,05	0,014... 0,017	0,006... 0,009	0,20... 0,23	98... 122

Примечание. Приведены данные по 29 плавкам

отдельных узлов ФА с помощью шпилек. Такие соединения необходимы для замены задвижек, вышедших из строя в процессе эксплуатации, прямо на действующей скважине. В связи с высокой пожароопасностью сварочные работы там недопустимы [1]. Изготавливать методом ЭШЛ корпуса задвижек с фланцами значительно сложнее, так как фланцы препятствуют усадке металла в литейной форме и способствуют образованию в литой заготовке горячих трещин.

При создании технологии изготовления заготовок корпусов ФА из электрошлакового металла нами были преодолены эти трудности и разработаны два варианта технологии ЭШЛ. Один — переплав расходуемого электрода в специальных составных охлаждаемых водой формах, способных компенсировать продольную температурную усадку заготовки в процессе ЭШЛ. Конфигурация внутренней поверхности этих форм соответствует наружной поверхности выплавляемых заготовок [10]. Другой — центробежное литье с использованием электрошлаковой тигельной плавки металла [11]. Электрошлаковые заготовки корпусов ФА, полученные этими способами, имеют форму и размеры, близкие к готовым корпусам (рис. 3). Заготовки ЭШЛ, так же как заготовки, полученные обычным литьем или штамповкой в закрытых штампах, требуют только минимальной механической обработки по наружной поверхности. При этом качество литых электрошлаковых заготовок не только не уступает качеству кованных, но даже превышает его по многим показателям (табл. 1).

При электрошлаковом переплаве снижается содержание в металле таких вредных примесей, как сера, газы и неметаллические включения. В табл. 3 показано изменение состава стали 35ХМ в процессе

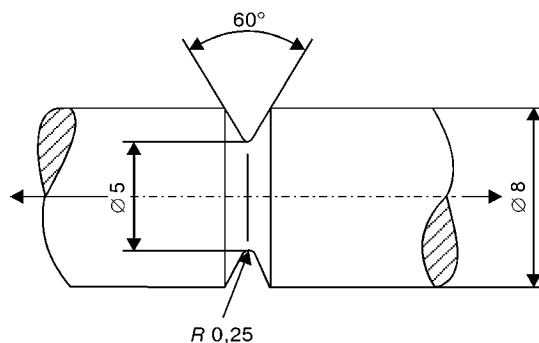


Рис. 4. Схема надреза на образце для испытаний на растяжение

изготовления из нее методом электрошлакового литья заготовок корпусов ФА. Благодаря направленному теплоотводу кристаллизация электрошлаковых заготовок происходит с заметно более высокой скоростью и большим переохлаждением, чем при обычном литье, что способствует получению плотной мелкозернистой структуры металла и уменьшению в теле литой заготовки микроскопической и зональной ликвации. Все это приводит к повышению плотности электрошлакового металла. Например, плотность литой электрошлаковой стали марки 35ХМ, из которой изготавливают корпуса фонтанной арматуры, равна 7,8201 г/см³. В то же время плотность проката из этой стали составляет только 7,7811 г/см³, то есть на 0,5 % меньше [6]. Благодаря всем этим положительным факторам электрошлаковый металл приобретает более высокие пластичность и вязкость, чем кованный (табл. 1). Это способствует повышению сопротивляемости металла хрупким разрушениям, что должно приводить к росту надежности конструкции, изготовленной из литых электрошлаковых заготовок.

Для подтверждения этого положения нами были проведены сравнительные механические испытания литого электрошлакового металла и деформированного металла обычной выплавки с целью определить способность этих металлов сопротивляться разрушению под действием высоких напряжений в условиях объемного напряженного состояния вблизи концентратора и упрочняться в ходе деформации без разрушения. Такое состояние имеют при эксплуатации корпуса узлов фонтанной арматуры.

Прочные корпуса фонтанной арматуры высокого давления изготавливают из конструкционных сталей марок 40Х, 38ХМ, 35ХМ и некоторых других. Для проведения испытаний мы взяли наименее легированную сталь 40Х, которая среди вышеуказанных марок имеет наиболее низкий уровень пластичности. Механические испытания проводили на круглых образцах с надрезом (рис. 4). Эти образцы вырезали в разных направлениях из заготовки литого электрошлакового корпуса задвижки и катаного расходуемого электрода, который использовали для выплавки этой заготовки.

При одноосном растяжении таких образцов в месте надреза возникает объемное напряженное состояние, которое препятствует пластической деформации металла. Причем величина напряжений возле



Таблица 4. Механические свойства гладких образцов из стали 40X

Место вырезки образцов	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$, %	δ , %	ψ , %	KCU , Дж/см ²
Корпус ЭШЛ:						
продольные	<u>482... 505</u> 494	<u>701... 713</u> 707	<u>68,7... 70,8</u> 69,7	<u>23,0... 23,3</u> 23,1	<u>61,9... 65,9</u> 63,9	<u>93,5... 119,9</u> 106,7
радиальные	<u>496... 518</u> 507	<u>699... 741</u> 720	<u>69,9... 71,0</u> 70,5	<u>15,7... 22,0</u> 18,9	<u>59,8... 63,9</u> 61,9	<u>142,1... 142,3</u> 142,2
Электрод (прокат):						
продольные	<u>564... 583</u> 573	<u>876... 876</u> 876	<u>64,4... 66,45</u> 65,4	<u>17,0... 18,7</u> 17,8	<u>57,8... 61,9</u> 59,8	<u>89,9... 103,5</u> 96,7
радиальные	<u>513... 517</u> 515	<u>728... 745</u> 736	<u>68,9... 69,4</u> 69,2	<u>15,7... 18,7</u> 17,2	<u>41,0... 41,2</u> 41,1	<u>43,8... 50,14</u> 47,0

Примечание. Над чертой приведены минимальные и максимальные значения, под чертой — средние.

Таблица 5. Результаты испытаний на растяжение образцов с надрезом

Показатели прочности и пластичности	Место вырезки образцов			
	Корпус ЭШЛ		Электрод (прокат)	
	продольные	радиальные	продольные	радиальные
$\sigma_{ист}$, МПа	<u>1405... 1409</u> 1407	<u>1370... 1394</u> 1382	<u>1263... 1269</u> 1266	<u>1181... 1206</u> 1193
ψ_n , %	<u>16,4... 17,6</u> 17,0	<u>17,5... 19,7</u> 18,6	<u>5,3... 5,7</u> 5,5	<u>1,9... 2,5</u> 2,2

Примечание. Над чертой приведены минимальные и максимальные значения, под чертой — средние.

концентратора (надреза) в несколько раз превышает уровень напряжений вдали от него [12, 13]. Такое объемное напряженное состояние имеет место и в массивных корпусах фонтанной арматуры как вблизи возможных дефектов структуры, так и в местах сопряжения отдельных конструктивных элементов корпуса. Способность металла в таких условиях воспринимать без разрушения пластическую деформацию в местах возникновения максимальных напряжений и тем самым перераспределять нагрузку на менее напряженные участки определяет надежность конструкции в процессе эксплуатации.

При испытании на растяжение образцов с надрезом оценка способности металла сопротивляться хрупкому разрушению производится по величине истинных напряжений при разрушении ($\sigma_{ист}$), отношению этой величины к пределу текучести ($\sigma_{ист}/\sigma_{0,2}$) и пределу прочности ($\sigma_{ист}/\sigma_B$) и относительному сужению металла образца в месте надреза после разрушения (ψ_n). При этом величины $\sigma_{0,2}$ и σ_B определяются на обычных гладких образцах без надреза. Истинные напряжения при разрушении образцов с надрезом определяются как частное от деления усилия разрушения на площадь образца в месте разрушения, измеренную после испытаний.

В табл. 4 приведены механические свойства литой электрошлаковой заготовки из стали 40X и катаного расходуемого электрода в виде прутка диаметром 110 мм после закалки в масло от температуры 860 °С и отпуска при 680 °С, полученные при испытании стандартных цилиндрических 5-крат-

ных образцов без надреза. В этой таблице обращают на себя внимание более высокие по сравнению с литым металлом показатели прочности проката, особенно вдоль прокатки. Однако заметны и более низкие показатели его пластичности и вязкости, а также обычно присущая деформированному металлу анизотропия свойств. Для катаного электрода показатель анизотропии, рассчитанный по формуле (1), составляет 1,76. Следует отметить при этом, что металл литой электрошлаковой заготовки корпуса задвижки из стали 40X практически не имеет анизотропии механических свойств ($N = 1,12$).

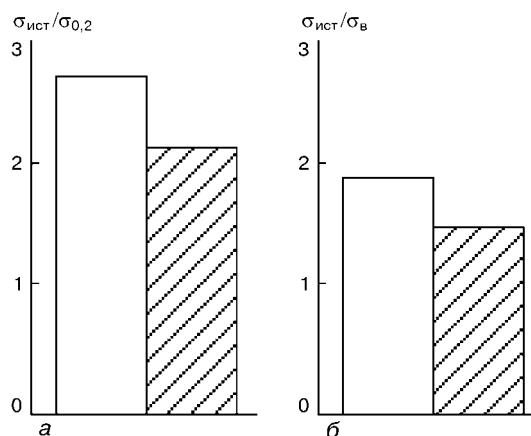


Рис. 5. Отношения $\sigma_{ист}/\sigma_{0,2}$ (а) и $\sigma_{ист}/\sigma_B$ (б) для стали 40X, полученные при сравнительных испытаниях гладких образцов и образцов с острым надрезом: □ — литой электрошлаковый металл; ▨ — деформированный металл открытой выплавки



Результаты испытаний на растяжение образцов с надрезом приведены в табл. 5. Эти образцы изготовлены из тех же заготовок, что и гладкие, и прошли термическую обработку в одной с ними садке. Данные этой таблицы однозначно показывают, что литой электрошлаковый металл значительно превосходит деформированный металл открытой выплавки по величинам истинных напряжений разрушения и особенно относительного сужения в условиях затрудненной пластической деформации в сложнапряженном состоянии. Так, значения $\Psi_{\text{н}}$, полученные при испытании продольных образцов электрошлакового металла, в 3,4 раза выше аналогичных значений у образцов из деформированного металла. Еще большую разницу имеют значения $\Psi_{\text{н}}$, полученные на радиальных образцах.

О преимуществе литого электрошлакового металла свидетельствуют также соотношения $\sigma_{\text{ист}}/\sigma_{0,2}$ и $\sigma_{\text{ист}}/\sigma_{\text{в}}$, приведенные на рис. 5. Как видно, соотношение $\sigma_{\text{ист}}/\sigma_{0,2}$, полученное при испытании образцов из литого электрошлакового металла, на 23 % выше аналогичного соотношения у образцов из деформированного металла. При сравнении соотношений $\sigma_{\text{ист}}/\sigma_{\text{в}}$ видно, что это соотношение у электрошлакового металла на 27 % больше, чем у проката. Приведенные выше результаты испытаний позволяют считать, что конструкции, изготовленные из литого электрошлакового металла, имеют больший запас надежности при эксплуатации, чем аналогичные конструкции, выполненные из деформированного металла открытой выплавки. Таким образом, замена поковок при производстве прочных корпусов фонтанной арматуры на электрошлаковые литые заготовки позволяет увеличить надежность конструкции фонтанной арматуры.

Применение электрошлакового литья для изготовления заготовок корпусов позволило ИЭС им. Е. О. Патона и инновационной фирме «Элтерм» не только создать производство фонтанной арматуры на давление 70 МПа с небольшими капитальными вложени-

ями и минимальными производственными затратами, но и существенным образом повысить надежность ее работы во время длительной эксплуатации.

1. *Вайсберг Г. Л., Римчук Д. В.* Фонтанна безпека. — Харків, 2002. — 474 с.
2. *Фонтанна арматура на тиск до 70 МПа* / В. І. Артемов, В. В. Канаков, В. Л. Шевцов та ін. // *Нафтова і газова промисловість*. — 2001. — № 3. — С. 25–28.
3. *Производство фонтанной арматуры для глубоких нефтяных и газовых скважин методами электрошлакового литья и плазменно-порошковой наплавки* / В. Л. Шевцов, В. Я. Майданник, В. М. Ханенко и др. // *Сварщик*. — 2001. — №4. — С. 8–9.
4. *Стальные поковки вместо стального литья* // Рекламный проспект фирмы «Cameron» (к выставке «Нефтегаз-90»). — 12 с.
5. *Патон Б. Е., Медовар Б. И., Бойко Г. А.* Электрошлаковое литье. — Киев: Наук. думка, 1980. — 192 с.
6. *Электрошлаковый металл* / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара — Киев: Наук. думка, 1981. — 680 с.
7. *Электрошлаковая тигельная плавка и разливка металла* / Медовар Б. И., Шевцов В. Л., Мартын В. М. и др. / Под ред. Патона Б. Е., Медовара Б. И. — Киев: Наук. думка, 1988. — 216 с.
8. *Ujii A., Sato S., Nagata J.* Application of ESR for production of heavy thickness material of pressure vessel // *Electroslag refining : Proc. Conf. Electroslag Refining Organ. Iron and Steel Inst. and Sheffield Met. and Eng. Assoc. Sheffield, 10–11 Jan., 1973; London: Iron and Steel Inst., 1973.* — P. 113–125.
9. *Центробежное электрошлаковое литье заготовок тройников* / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, В. Л. Шевцов и др. // *Пробл. спец. электрометаллургии*. — 1987. — № 1. — С. 3–5.
10. *Электрошлаковое литье заготовок корпусов фонтанной арматуры высокого давления* / В. Л. Шевцов, В. Я. Майданник, М. Л. Жадкевич и др. // Там же. — 1998. — № 4. — С. 3–12.
11. *Центробежное электрошлаковое литье заготовок корпусов задвижек высокого давления* / В. Л. Шевцов, В. Я. Майданник, М. Л. Жадкевич и др. // Там же. — 1999. — № 4. — С. 12–22.
12. *Гуляев А. П.* *Металловедение*. — М.: Металлургия, 1986. — 542 с.
13. *Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии. Справочник* / А. А. Лебедев, Б. И. Ковальчук, Ф. Ф. Гигиняк, В. П. Ломашевский / Под ред. Трошенко В. Т. — Киев: Наук. думка, 1983. — 366 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
Инновационная фирма «Элтерм», Киев
Поступила 15.04.2003