

А.А. Гетьман, ВМПИ, г. Санкт-Петербург

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИТЫХ, СВАРНЫХ И ШТАМПОВАННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 1.

В статье д.т.н. В.М. Соифера «К вопросу о прочности литых деталей» в журнале «Литейные производства» 2015, №10, убедительно показано, что механические свойства конкретных сложных по конструкции литых деталей могут отвечать требуемым свойствам конструкции лишь при соответствующих свойствах материала с учетом процессов кристаллизации и затвердевания сплава в отливке.

Исследования указывают, что конструктивное оформление литых деталей необходимо рассматривать с учетом процессов кристаллизации и затвердевания сплавов, формирования структуры и механических свойств.

Сравнение механических свойств литого и ковального металла довольно глубоко исследовано многими учеными. Наряду с этим значительный интерес при создании машин и различных устройств представляет поведение одинаковых по конфигурации литых, сварных и штампованных деталей, имеющих различия в конструктивном оформлении в зависимости от специфики и технологии изготовления, внутреннего строения и напряженного состояния при идентичных условиях эксплуатации. Эти данные с достаточной степенью достоверности можно получить путем сравнения результатов исследований механических свойств литых, сварных и штампованных конструктивных элементов, изготовленных по оптимальной технологии и испытанных в одинаковых условиях нагружения.

Основываясь на вышеизложенном, выполнена работа, раскрывающая сущность поставленной задачи для мелких деталей из стали типа хромансиль, которая используется для изготовления заготовок литьем, сваркой и штамповкой. Конструкционная прочность сварных соединений оценивалась при испытании на статическую и циклическую нагрузки плоских поперечных образцов из листовой стали ЗОХГСА толщиной 2, 4 и 6 мм; а также Т-, Х- и Z-образных конструктивных элементов, полученных путем приварки к силовой стенке толщиной 2, 4 и 6 мм односторонних, двухсторонних или двухсторонних со сдвигом ребер того же или меньшего сечения.

Исследовалось влияние величины смещения ребер, которые составляли от одной до четырех толщин ребра, типа шва – одно и двухсторонний и различных видов сварки: атомноводородная (АВС), полуавтоматическая электродуговая сварка в среде углекислого газа (ПудЭС), ручная дуговая электросварка электродами с ионизирующей и качественной обмаз-

ками (ДЭС, Ви-9-6 и ДЭС, Ви10-6. Исследование сварных изделий выполнено при консультациях академика Академии наук УССР К.К. Хренова.

Длина катета шва не превышала 1,2 а, где а – наименьшая толщина свариваемых листов. Размеры сварных образцов для проведения испытаний при статических и циклических нагрузках соответствовали типоразмерам и условиям испытания для литых конструктивных элементов. Химический состав и механические свойства исходной листовой стали в состоянии поставки приведены в **табл. 1**. Размеры заготовок и схема вырезки образцов показана на **рис. 1**.

Толщина листовой стали ЗОХГСА мм	Химический состав, %								Механические свойства		
	C	Si	Cr	Mn	S	P	Cu	Ni	δ_b , МПа	δ_p , МПа	δ_b , %
2	0,30	1,10	1,00	0,89	0,012	0,018	–	0,08	628	466	23,0
4	0,31	0,95	0,97	1,08	0,014	0,015	0,012	0,19	670	–	22,0
6	0,30	1,10	0,89	1,15	0,012	0,017	0,16	0,12	682	–	16,7

Таблица 1. Химический состав и свойства исходной листовой стали ЗОХГСА

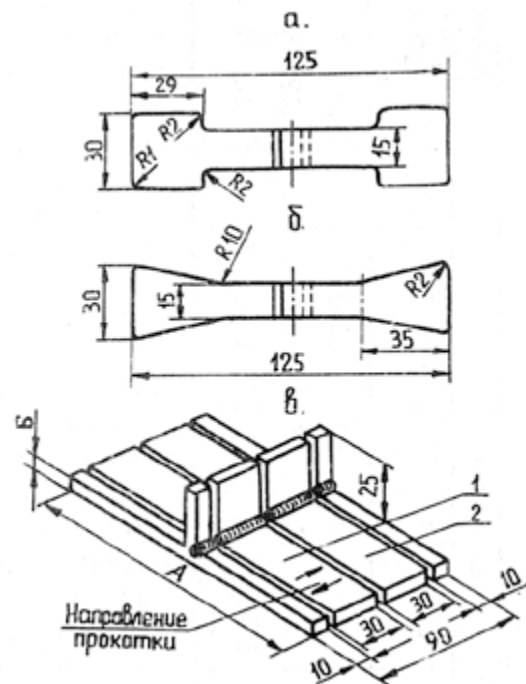


Рис. 1. Сварная заготовка вырезанные образцы (1, 2) для испытания при статических (а) и циклических (б) нагрузках при б = 2, 4 и 6 мм

Атомноводородная сварка осуществлялась аппаратом ABC – 40 при силе тока 23-38 А, диаметре вольфрамового электрода 1,5 мм. Использовалась присадочная проволока диаметром 2 мм из стали 20ХМА.

Полуавтоматическая дуговая электросварка в среде углекислого газа выполнялась установкой А-547-П при напряжении тока на дуге 27 V, сила сварочного тока 100 А и присадочной проволоке марки Св08Г2С.

Для дуговой электросварки использовались однопостовой сварочный генератор ПС-500, электроды диаметром 3-4 мм марки Ви-9-6 (при прямой полярности) и Ви-10-6 (при обратной полярности) и силе сварочного тока 100-180 А.

Заготовки после сварки отжигались для снятия внутренних напряжений, а затем подвергались закалке и отпуску на прочность 1000-1200 МПа. Контроль качества термообработки осуществлялся путем замера твердости и исследования микроструктуры листовой стали сварных образцов.

Качество 374 сварных заготовок под образцы определялось путем внешнего осмотра, обмера, рентгеновского просвечивания и металлографического анализа сварных швов.

По нормам, разработанным для сварных соединений стальных сосудов, работающих под давлением, качество сварных швов оценено по рентгеновским снимкам не ниже 2 баллов.

Испытания при статических и циклических нагрузках выполнялись на тех же машинах и по методике, принятой для литых образцов.

Конструкционная прочность штампованных узлов сопряжений при циклических нагрузках определялась на механически обработанных образцах толщиной 4 и 6 мм из соответствующих штампованных заготовок из стали 30ХГСА (рис. 2). Исследовалось влияние продольного и поперечного направ-

ления волокна стали, типа конструктивного элемента и величины смещения ребер на 1-4 их толщины; величины радиуса закругления в сопряжениях и толщины стенок.

Типоразмеры штампованных образцов и условия их испытания были аналогичны соответствующим типоразмерам и условиям испытания литых и сварных конструктивных элементов.

В качестве исходного материала для штамповки использовалась горячекатанная сталь 30ХГСА диаметром 65 мм: химический состав: 0,31% С; 1,0% Mn; 0,98% Si; 0,025% P; 0,01% S; 0,97% Cr; 0,15% Ni; 0,19% Cu, механические свойства: $\sigma_b = 1150$ МПа; $\sigma_T = 1040$ МПа; $\delta_5 = 14\%$; $\psi = 56\%$; $a_n = 6,6$ кгм/см².

Образцы подвергались термической обработке $\sigma_b = 1000$ -1200 МПа. Контроль качества образцов осуществлялся путем замера твердости на 100% образцах, выборочно магнитному контролю на дефектоскопе УМДЗ-2500 в режиме циркулярного намагничивания и напряженности поля 60-100 Э и изучения макроструктуры образца от каждого варианта на предмет определения направления волокна. Испытания на циклические нагрузки производились на тех же машинах и по методике, принятой для литых и сварных образцов.

Экспериментальные данные показывают, что приварка ребер к образцам из листовой стали 30ХГСА оказывает большее в сравнении с литыми ребрами влияние на механические свойства плоских стенок, предел текучести снижается на 8,8%, а относительное удлинение – на 23%. Литые ребра вызывают относительные изменения условного предела текучести всего на 1,5%, в то время как приваренные – на 10,7% (табл. 2). Наличие ребер в литых и сварных конструктивных элементах меньше всего влияют на временное сопротивление. Одно ребро снижает предел текучести сварных конструктивных элементов на 6%, а литых на 8%. Второе ребро, расположенное симметрично при Х-образномсопряжении, приводит к дальнейшему уменьшению предела текучести сварных конструктивных элементов на 5,3% относительно Т-образных сопряжений, но при этом увеличивает предел текучести литых конструктивных элементов на 6,5%.

Два симметрично расположенных ребра в сравнении с плоскими образцами снижают предел текучести для сварных конструктивных элементов на 8,9%, а литых – на 6,9%. Причем, для Z-образных конструктивных элементов в обоих случаях предел текучести имеет среднее значение между Т- и Х- образными конструктивными элементами.

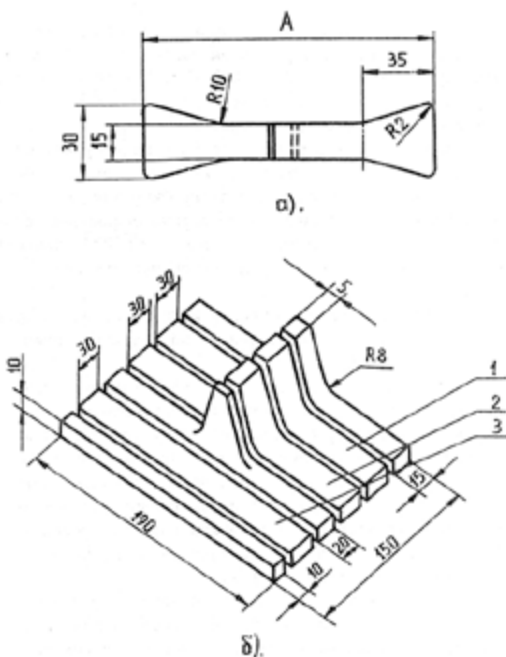


Рис. 2. Образцы (а) для испытаний на циклические нагрузки, вырезанные из штампованных заготовок (б) при $b = 4$ мм – А-155 мм, при $b = 6$ мм – А = 190 мм.

Характеристика образцов	δ_b , МПа	δ_T , МПа	δ_T/δ_b , %	δ , %
Плоские без ребер:				
а) литые	918	842	91,7	2,75
б) из листа	1043	951	91,0	9,64
Образцы с ребрами:				
а) литые	866	784	90,7	2,56
б) сварные	1069	866	81,2	7,41
Отношение свойств образцов с ребрами к свойствам образцов без ребер, %				
а) литые	94,4	93,1	99,0	93,5
б) сварные	102,2	91,1	89,3	77,0
Отношение свойств литых образцов с ребрами к свойствам таких же сварных образцов, %				
	81,0	90,6	11,5	34,5

Таблица 2. Механические свойства плоских образцов Т-, Х- и Z-образных литых и сварных конструктивных элементов толщиной 2 мм из стали типа хромансиль при статической нагрузке

Для сравнительной оценки влияния литых и сварных конструктивных элементов на их механические свойства наиболее показателен характер изменения отношения предела текучести к временному сопротивлению. Наличие односторонних, двусторонних или двусторонних со сдвигом ребер в сварных конструктивных элементах приводит к более резкому снижению этого отношения чем в литых. Снижение относительного удлинения одинаково характерно как для литых, так и для сварных конструктивных элементов. Одно ребро создает зону, которая незначительно участвует в пластической деформации. Второе симметричное ребро снижает степень участия такой зоны в пластической деформации, а раздвижение ребер удваивает число таких зон. Поэтому максимальное относительное удлинение наблюдается в плоских образцах без ребер с последовательным уменьшением в Т-, Х- и Z- образных конструктивных элементах.

Анализ изменения долговечности литых и сварных конструктивных элементов позволяет сделать вывод, что литые Т-, Х- и Z-образные сопряжения толщиной 2, 4 и 6 мм ведут себя по отношению к циклическим нагрузкам так же, как соответствующие сварные сопряжения, выполненные АВС, различными видами ДЭС.

Сварные Х-образные конструктивные элементы имеют меньшую долговечность, чем Т-образные, и эта разница более существенна при двусторонних швах. В случае ДЭС и ПудЭС при прочих равных условиях переход от Т- к Х-образным конструктивным элементам приводит к уменьшению долговечности в среднем на 20,0% при одностороннем и на 35,0% при двустороннем шве. Частота разрушений конструктивных элементов по зоне перехода имеет максимальное значение также для Х-образных сопряжений и растет с увеличением количества сварных швов в сопряжении. При этом решающее влияние на уровень механических свойств стали сварных конструктивных элементов оказывает количество повторных тепловых воздействий и количество швов (табл. 3).





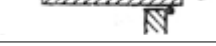

Схемы наложения сварных швов	Относительная долговечность конструктивных элементов, %%			
	Вид сварки			
	АВС	ДЭС Ви-9-6	ДЭС Ви-10-6	средние значения
	100	100	100	100
	66,7	122,5	92,5	93,9
	69,4	90,8	104,0	88,1
	63,9	89,6	81,5	78,3
	66,1	84,3	69,8	73,4
	50,8	54,3	90,4	65,2

Таблица 3. Относительная долговечность сварных конструктивных элементов с толщиной стенок 4 и 6 мм из стали ЗОХГСА. Средние данные для 237 образцов

Продолжение статьи читайте в следующем номере журнала Арматуростроение.

11-я международная специализированная выставка с конгрессом по промышленным арматурам

Ваш бизнес без препятствий



27 – 29 ноября
2018

Дюссельдорф, Германия

Вентили открывают новые возможности.

Посетите крупнейшую в мире выставку вентиляей и промышленной арматуры:

в период с 27 по 29 ноября 2018, VALVE WORLD EXPO в очередной раз станет инновационной платформой, местом встречи и трендовым барометром для специалистов со всего мира.

Получите информацию о новейших технологиях и продуктах, обменивайтесь идеями с другими экспертами из Вашей отрасли на выставке VALVE WORLD EXPO и сопутствующих ей конференциях VALVE WORLD CONFERENCE и PUMP SUMMIT в Дюссельдорфе.



www.valveworldexpo.com



Спонсор:



Спонсоры:



000 «Мессе Дюссельдорф Москва»
119021 Москва, ул. Тимур Фрунзе, д. 3, стр. 1
Тел.: +7 (495) 955 91 99 #202, 648
E-mail: PlkulevaE@messe-duesseldorf.ru

messe-duesseldorf.ru



Messe
Düsseldorf