



ПРАВИЛА МАШИННОЙ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ И РАНЖИРОВАНИЯ КОНКУРСАНТОВ

«ARC CUP» IWC

«Arc Cup» International Welding Competition

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Правила регламентируют порядок машинной оценки практических навыков и ранжирования конкурсантов. Правила являются дополнением раздела VI. Assessment on Test Pieces, Technical File.

1.2. Правила предназначены для объективной и достоверной оценки практических навыков конкурсантов в номинациях:

- Shielded metal arc welding (SMAW/111);
- Gas metal arc welding (GMAW/135);
- Argon tungsten-arc welding (GTAW/141);
- Oxygen-acetylene flame welding (OFW/311).

1.3. Правила не применяется при оценке практических навыков конкурсантов в номинации Welding of Finished Products.

1.4. Правила основаны на сравнении расчетной эталонной формы лицевой и корневой поверхности сварного шва с формой цифровых реплик лицевой и корневой поверхности сварного шва, полученных с применением технологии 3D лазерной диагностики формы поверхности сварного шва (3DLD) и позволяют ранжировать практические навыки конкурсантов по Индексу Квалификации Сварщика (WQI).

1.5. Значения WQI находятся в интервале $0 \leq WQI \leq 100$. Значение WQI=100 характеризует высший уровень практических навыков конкурсанта, его способность формировать эталонный сварной шов.

1.6. Правила не учитывают:

внутренние дефекты сварного шва методами УЗК (Ultrasonic) и РК (X Ray);

требования, не связанные с умением сварщика формировать лицевую и корневую поверхность сварного шва.

1.7. Машинная оценка по технологии 3DLD проводится техническими средствами и программным обеспечением специально разработанными для проведения «Arc Cup» IWC и выполняется 3DLD экспертами.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МАШИННОЙ ОЦЕНКИ ПО ТЕХНОЛОГИИ 3DLD

2.1. В технологических картах на сварку (WPS) должны быть приведены допустимые размеры ширины и высоты лицевой и корневой поверхности сварного шва КСС (Test Pieces).

2.2. Для проведения машинной оценки по технологии 3DLD предъявляются КСС (Test Pieces), выполненные конкурсантами в соответствии с технологической картой на сварку (WPS) и удовлетворяющие всем требованиям, изложенным в Technical File.

2.3. На КСС (Test Pieces) трубы для расположения осей PF конкурсант должен обозначить маркером линию в положении «12 часов», для расположения осей труб H-L045, PC должен указать стрелкой направление наклона оси трубы к земле. На КСС (Test Pieces) пластин в положении PC и PF конкурсант должен обозначить маркером направление оси наклона сварного шва к земле стрелкой.

2.4. Для каждого конкурсанта по результатам машинной оценки должен быть сформирован сертификат в электронном виде (Приложение 1).

2.5. Машинная оценка выполняется в соответствии с Методикой, приведенной в Приложении 2.

3. РАНЖИРОВАНИЕ КОНКУРАНТОВ «ARC CUP» IWC

3.1. Ранжирование участников конкурса осуществляется по значениям WQI для всех КСС (Test Pieces) и в номинациях, указанных в п. 1.2, выполненных конкурсантом.

3.2. Абсолютный чемпион в каждой номинации, указанной в п.1.2, определяется по максимальному среднеарифметическому значению WQI, рассчитанному для всех КСС, выполненных конкурсантом по условию конкурса.

3.3. Для подведения итогов конкурса формируется рейтинговая таблица участников «ARC CUP» IWC, в которой приведены значения WQI для лицевой и корневой поверхности сварного шва каждого КСС (Test Pieces) и среднеарифметическое значение для всех КСС (Test Pieces), выполненных конкурсантами.




CERTIFICATE OF WELDING SKILL



Awarded to a participant of Langfang-2019 «ARC CUP» International Welding Competition

Vladimir Korolev

Team	Russia
Test piece code	261
Welding process	Gas metal arc welding (135)
Material	Group 1.1
Joint type and weld type	Tube (T) Butt weld (BW)
Diameter, thickness (mm)	133, 10
Welding position	PC 
Filler material	AWS ER70S-6
Proof No (WPS)	135-BW-1-T10-PC
Joint design, welding sequence	WPS according to EN ISO 15608

Welder Qualification Index (WQI) obtained using 3DLD technology

Visualization of deviations from the reference form.

- above reference
- below reference

Face **WQI 90.74**



Root **WQI 82.89**



3DLD Expert



Dmitry Anikin

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ СВАРЩИКОВ

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей методике используются следующие термины и определения:

WQI – цифровой индекс квалификации сварщика, определяемый по технологии 3DLD. Цифровые значения **WQI** могут быть от 0 до 100.

Практические навыки сварщика - способность сварщика формировать лицевую и корневую поверхность сварного шва, заданных в WPS - размерах, сварочных материалах, пространственном положении, характеризуемые цифровым индексом WQI;

Технология 3DLD – процедура оценки практических навыков сварщика по форме лицевой и корневой поверхности сварного шва, основанная на сравнении цифровых реплик формы поверхности сварного шва, полученных лазерным сканированием с эталонами, рассчитанными по физико-математической модели (рис. 1).

Цифровая реплика формы поверхности - координаты точек поверхности сварного шва, измеренные с использованием лазерного сканирования и записанные в электронном виде.

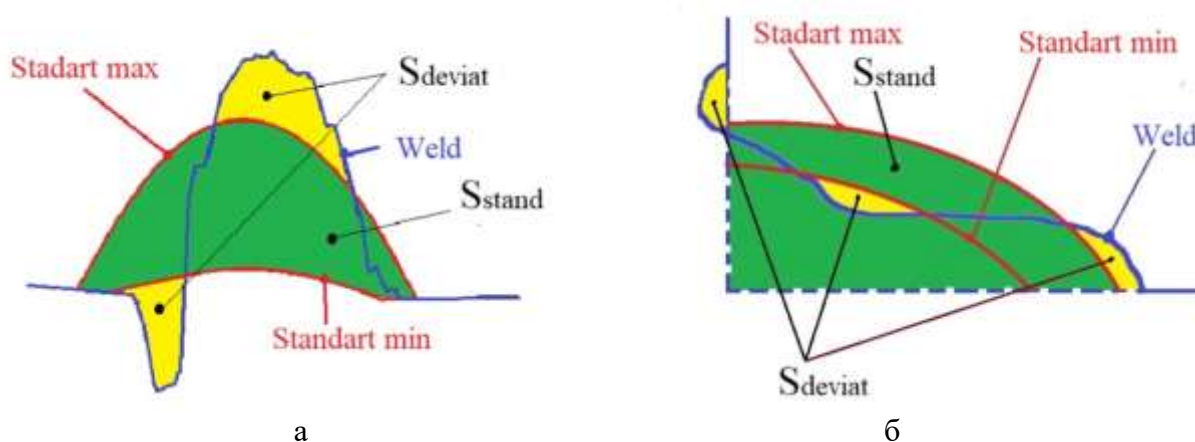


Рис.1. Схема сравнения цифровой реплики формы сварного шва с эталоном
а- для стыкового шва, б- для углового шва.

2. ЦЕЛЬ МЕТОДИКИ

2.1. Настоящая методика разработана в целях:

- объективной и достоверной оценки практических навыков конкурсантов, характеризуемой цифровым индексом квалификации сварщика (WQI);
- обеспечения сопоставления и прослеживаемости уровня практических навыков конкурсантов при проведении «ARC CUP» IWC.

3. ПОРЯДОК ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ

- 3.1. После выполнения конкурсантами задания в соответствии с требованиями Technical file и WPS, КСС (Test Pieces) передаются 3DLD экспертам для оценки.
- 3.2. Перед сканированием 3DLD эксперт вводит в программу исходные данные, необходимые для определения WQI конкурсанта и выполняет сканирование лицевой и корневой поверхности сварного шва КСС (Test Pieces), с применением оборудования для лазерного сканирования Plate and Tube (Рис. 2 а, б, в).



а



б



в

Рис.2. Оборудование для лазерного сканирования КСС

- а- лицевой и корневой поверхности стыкового сварного шва пластин;
б- лицевой и корневой поверхности сварного шва труб;
в- лицевой поверхности углового шва пластин.

3.3. После окончания сканирования программа автоматически визуализирует на мониторе компьютера цифровую реплику лицевой и корневой поверхности сварного шва КСС (Test Pieces), выполненного конкурсантом (Рис.3а,б,в). Данные сканирования 3DLD эксперт сохраняет в электронном виде для каждого конкурсанта.

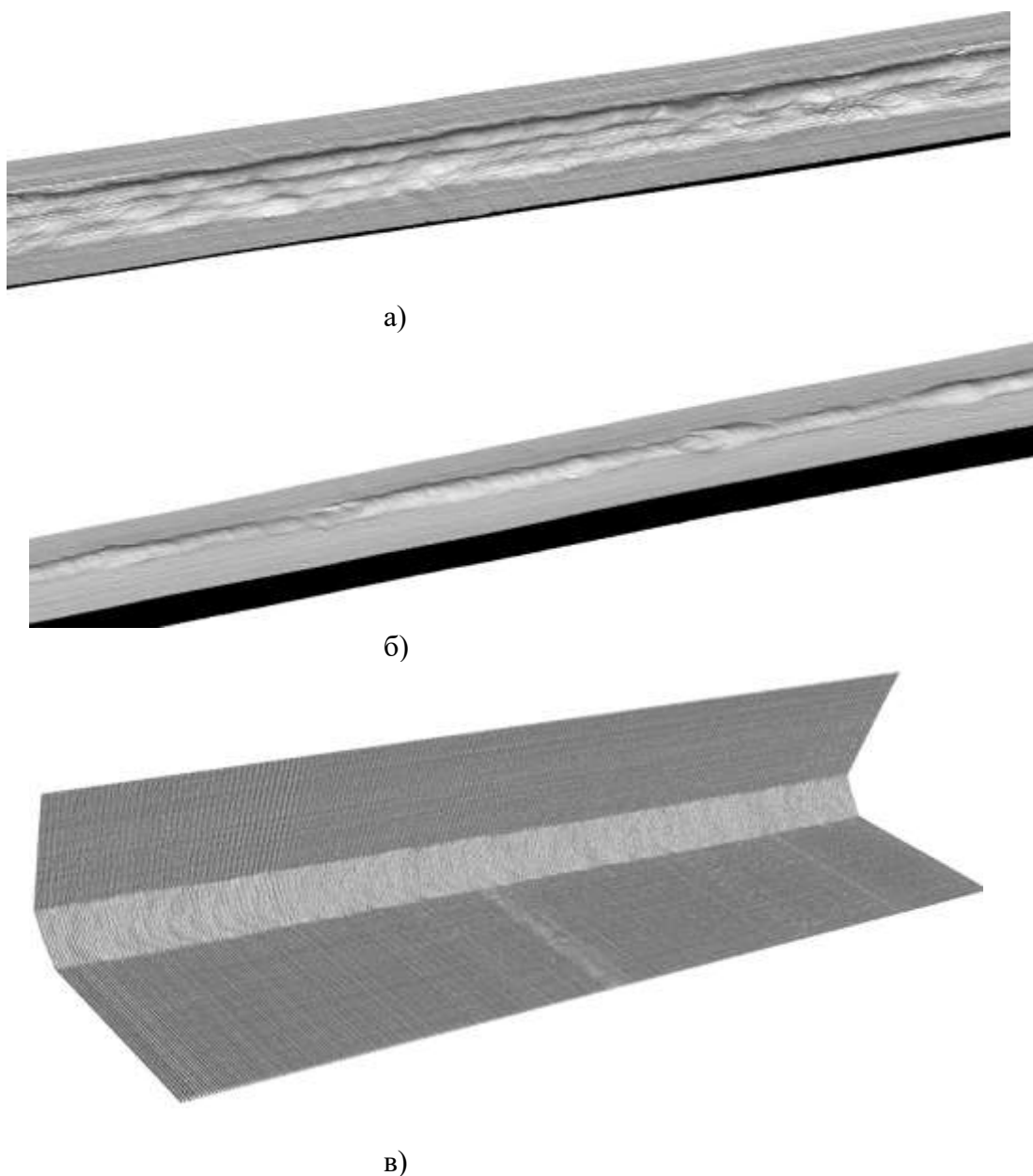


Рис. 3. Визуализация цифровой реплики лицевой (а), корневой (б) поверхности стыкового сварного шва и лицевой (в) поверхности углового сварного шва КСС.

3.4. Определение WQI выполняется программой автоматически по формуле:

$$WQI = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left(1 - \frac{S_j^{DEVIAT}}{S^{STAND}} \right)$$

где

WQI - индекс квалификации сварщика;

$N = Lw/dLw + 1$ - количество измеренных сечений сварного шва с шагом измерения $dLw \geq 1$ мм;

Lw – длина сварного шва;

j – номер текущего значения, измеренного поперечного сечения сварного шва;

S^{STAND} – площадь эталона

S_j^{DEVIAT} — абсолютное отклонение площади j - го сечения поверхности сварного шва от площади эталона, которое определяется по формуле:

$$S_j^{DEVIAT} = \int_0^B Z_j^{DAVIAT}(x) dx, \text{ где}$$

$Z_j^{DEVIAT}(x)$ - абсолютная величина отклонения формы поверхности сварного шва в j -ом сечении от внешней и внутренней формы эталона, которая определяется по формуле:

$$Z_j^{DEVIAT}(x) = \begin{cases} Z^{STANDmin}(x) - Z_j^F(x) & \text{при } Z_j^F(x) < Z^{STANDmin}(x) \\ Z_j^F(x) - Z^{STANDmax}(x) & \text{при } Z_j^F(x) > Z^{STANDmax}(x) \\ 0 & \text{при } Z^{STANDmin}(x) \leq Z_j^F(x) \leq Z^{STANDmax}(x) \end{cases}$$

B – ширина сканирования в интервале от 30 до 70мм;

$Z_j^F(x)$ – измеренные значения координат поверхности j – го поперечного сечения сварного шва с шагом $dx = 0,1 \dots 0,5$ мм;

Z, x – координаты в системе координат ZOX ;

$Z^{STANDmax}(x)$ — кривая, определяющая внешнюю форму эталона сварного шва;

$Z^{STANDmin}(x)$ — кривая, определяющая внутреннюю форму эталона сварного шва.

Внешнюю $Z^{STANDmax}(x)$ и внутреннюю $Z^{STANDmin}(x)$ формы эталонных кривых сварного шва в любом пространственном положении вычисляют в соответствии с установленными в WPS допустимыми значениями ширины (e) и высоты (g) сварного шва с учетом физико-механических свойств расплавленного металла решением интегро-дифференциального уравнения:

$$\frac{d\tau}{dl} = -k_0 + \frac{\cos \delta}{a_k^2} \int_0^l \sin \tau d\lambda$$

где

l - расстояние от начальной точки эталонной кривой до точки расчета измеренное вдоль кривой, значение l изменяются от 0 до L ;

L - длина эталонной кривой сварного шва;

dl – шаг дифференцирования вдоль эталонной кривой;

$d\lambda$ - шаг интегрирования вдоль эталонной кривой;

$\tau(l)$ - угол наклона касательной эталонной кривой к горизонту, в расчетной точке;

k_0 - кривизна эталонной кривой сварного шва в начальной точке, определяемая в ходе решения уравнения;

a_k - физико-механическое свойство расплавленного материала сварного шва - капиллярная постоянная.

δ - угол продольного наклона сварного шва;

φ - угол поперечного наклона сварного шва.

$Z(x)$ - уравнение, описывающее эталонные кривые сварного шва, записывается в параметрической форме $\{Z(l), x(l)\}$ и имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} x &= \int_0^l (\cos \varphi \cos \tau + \sin \varphi \sin \tau) d\lambda \\ Z &= \int_0^l (-\sin \varphi \cos \tau + \cos \varphi \sin \tau) d\lambda \end{aligned} \right\} 0 \leq l \leq L$$

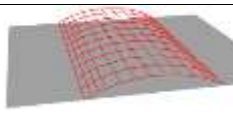

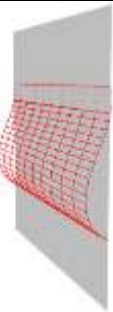

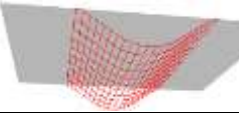

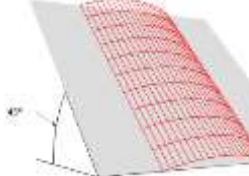

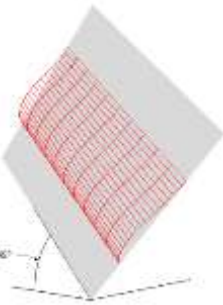

Площадь эталона рассчитывают по формуле:

$$S^{STAND} = \int_0^{e_{max}} [Z^{STANDmax}(x) - Z^{STANDmin}(x)] dx$$

Примеры расчетных эталонных форм стыковых сварных швов (butt weld) приведены в Таблице 1, угловых швов (fillet weld) в Таблице 2.

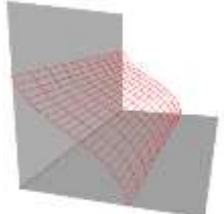

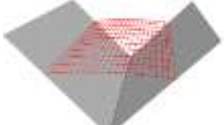

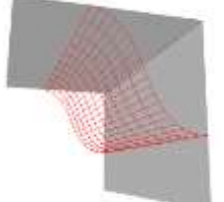
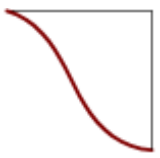


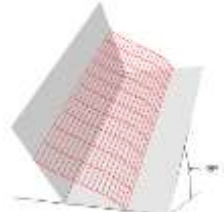

Расчетные эталонные формы стыкового шва (butt weld)

Таблица 1.

N п/п	Положение стыкового сварного шва	δ	φ	Расчетная выпуклость g, вогнутость (gz) эталона, мм	Расчетная форма эталона	
					3D	2D
1	Нижнее (РА)	0	0	2,00		
2	Горизонтальный на вертикальной плоскости (РС)	0	90	2,75(-0,13)		
3	Потолочное (РЕ)	0	180	2,15		
4	Нижнее	45	0	2,02		
5	Горизонтальный на плоскости под углом 45° к горизонту	45	90	2,44		

Расчетные эталонные формы углового шва (fillet weld)

Таблица 2

№ п/п	Положение углового сварного шва	δ	φ	Расчетная выпуклость g, вогнутость (g) эталона, мм	Расчетная форма эталона	
					3D	2D
1.	Нижнее (PB)	0	0	+1,08(-0,38)		
2	Нижнее «лодочку» (PA)	0	45	+0,51		
3.	Потолочное (PD)	0	180	+1,47(-0,76)		
4.	Потолочное «лодочку»	0	225	+0,56		
5.	Нижнее	45	0	+0,90(-0,20)		

3.5. Программа автоматически определяет WQI и визуализирует отклонения формы поверхности сварного шва от эталона, окрашивая их разными цветами (рис.4).

Code A212

● above reference
● below reference

Face WQI = 96,05



Root WQI = 93,86



Рис.4 Визуализированные отклонения формы поверхностей сварного шва от эталона.

- 3.6. Сертификат оценки практических навыков конкурсанта формирует, распечатывает и подписывает 3DLD эксперт.
- 3.7. Определение победителей и рейтинговая таблица участников «ARC CUP» IWC выполняются автоматически.