

Линейная калибровка лазерного сканера.

Панков В.В. к.т.н., Панков С.В. к.т.н., Богородский И.Г. к.э.н., Аникин Д.А.

Введение

Применение лазерных сканеров, при оценке квалификации сварщиков [1,2], и оценке качества сварного шва [3], исключает субъективизм экспертов, обеспечивает прослеживаемость выполняемых процедур, позволяет определять победителей и рейтинг конкурсантов при проведении соревнований сварщиков без привлечения экспертов [4].

Авторы патентов РФ № 2550673 «Устройство для оценки качества сварного шва», РФ № 2644617 «Мобильный сканер для определения качества поверхности сварного шва» и РФ № 2569276 «Способ оценки квалификации сварщика» разработали метод и средства определения числового Индекса Квалификации Сварщика (ИКС). Значение ИКС вычисляется по результатам лазерного сканирования профиля сварного шва, выполненного сварщиком, и сравнением скана реального сварного шва с профилем виртуального эталонного шва.

Лазерный сканер – это прибор, выполняющий измерения с помощью лазерного излучения. Сканер выполняет измерения с очень высокой частотой (до нескольких сотен тысяч измерений в секунду), в результате чего получается большой объем координатных данных.

При определении и подтверждении действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору, применяют калибровку.

Предмет статьи – разработка линейной калибровки лазерного сканера.

Метод линейной калибровки применяется для лазерных сканеров, производимых по патентам РФ № 2550673 «Устройство для оценки качества сварного шва», РФ № 2644617 «Мобильный сканер для определения качества поверхности сварного шва», моделей LSP, LSP-U, LSR и их аналогов,

используемых при сканировании формы поверхностей сварных соединений. Внешний вид лазерного сканера LSP-U приведен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид лазерного сканера LSP-U

Основой линейных измерений в любой промышленной сфере является применение плоскопараллельных концевых мер длины (КМД) по ГОСТ 9038-90 или их аналогов в форме прямоугольного параллелепипеда, с нормируемым размером между измерительными плоскостями. В связи с универсальностью и широким спектром применимости, в качестве определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик лазерных сканеров авторы используют КМД.

Калибровка лазерного сканера состоит из сканирования КМД и определения абсолютной погрешности измерения и среднеквадратического отклонения повторных измерений от средних значений.

Внешний вид КМД, установленной на вспомогательной подложке для калибровки сканера, показан на рис.2.



Рис.2. Внешний вид КМД, установленной на подложку для калибровки лазерного сканера.

После сканирования КМД и автоматического выполнения вычислительных алгоритмов, определяются и запоминаются 3D координаты точек поверхности КМД. Вычислительные алгоритмы включают следующие процедуры (не рассматриваются в данной работе):

- получение и запись координат облака точек сканируемой поверхности;
- фильтрация шумов;
- интерполяция с целью регуляризации;
- распознавание границ КМД;
- расчистка «плохих» значений границ КМД;
- отображение цифровой реплики КМД на экране монитора

На экране монитора цифровая реплика КМД на подложке имеет следующий вид (рис.3).

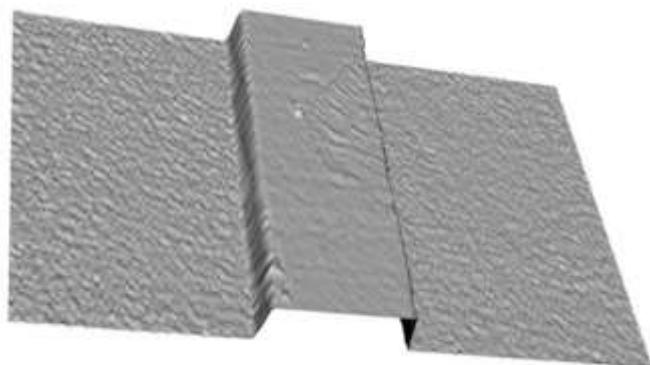


Рис. 3. Цифровая реплика КМД на вспомогательной подложке.

Линейная калибровка лазерного сканера по высоте и ширине выполняется программой автоматически вычислением абсолютной погрешности измерения и среднеквадратического отклонения нормируемого размера КМД. Расчетные формулы приведены ниже по тексту.

Абсолютная погрешность измерения сканера КМД по высоте и ширине (в миллиметрах), определяется по формулам:

$$Err_h = |h - h^0| \quad Err_w = |w - h^0|$$

где h^0 - истинный размер КМД, мм;

Неопределенность результатов измерений характеризуется среднеквадратическим отклонением повторных измерений от средних значений высоты и ширины по формулам:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (h_k - \bar{h})^2} \quad \sigma_w = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (w_k - \bar{w})^2}$$

Измерение высоты h и ширины w КМД сканером для целей определения погрешности измерений производится не менее 20 раз. Значения высоты h и ширины w концевой меры при каждом измерении, определяется в соответствие с разработанными авторами вычислительными алгоритмами .

Средние значения высоты и ширины, рассчитываются по формулам:

$$\bar{h} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K h_k \quad \bar{w} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_k$$

где K - количество повторных измерений

k - номер измерения ($k=1, \dots, K$)

h_k - измеренная сканером высота КМД при k -том измерении, мм

w_k - измеренная сканером ширина КМД при k -том измерении, мм

При выполнении линейной калибровки используются КМД или их аналоги, имеющие только один калиброванный (нормированный) размер. В

связи с этим калибровка выполняется последовательно: вначале сканер калибруется линейно по высоте измерения, а после поворота КМД вокруг продольной оси на 90^0 и повторного сканирования сканер калибруется по ширине измерения. Расчет средних значений и среднеквадратических отклонений измеряемой высоты и измеряемой ширины выполняется программой автоматически. Выбор размера КМД по ГОСТ 9038-90 или аналогов определяет калибровщик, учитывая возможности лазерного сканера, указанные в его техническом описании, в интервале нормированных значений КМД от 2мм до 20мм. Пример расчетных значений метрологических характеристик при калибровке с применением КМД 4мм приведен ниже по тексту.

Калибровка по ширине КМД

Калибровка по высоте КМД

Добавить измерения Кол-во измерений: 25 Очистить таблицу			Добавить измерения Кол-во измерений: 25 Очистить таблицу		
	Высота	Ширина		Высота	Ширина
3	8.90148	3.73524	3	4.00588	8.64772
4	8.89893	3.71579	4	4.00564	8.58652
5	8.89981	3.86057	5	3.99843	8.69851
6	8.88830	3.72268	6	4.00425	8.59342
7	8.89478	3.75288	7	3.98781	8.72321
8	8.90142	3.68710	8	3.99800	8.49710
9	8.90603	3.74598	9	4.00755	8.60239
10	8.89030	3.73152	10	3.99892	8.66604
11	8.87554	3.80777	11	4.00051	8.60067
12	8.88284	3.82189	12	3.99981	8.59970
13	8.89961	3.68383	13	3.97964	8.66509
14	8.88988	3.77688	14	3.98437	8.68240
15	8.89687	3.75052	15	3.98667	8.61150
16	8.88865	3.69653	16	3.99495	8.59811
17	8.89405	3.75332	17	3.98398	8.61963
18	8.86836	3.66672	18	3.99400	8.62160
19	8.89023	3.68214	19	3.97719	8.64653
20	8.88435	3.74252	20	3.98604	8.57389
21	8.88509	3.65081	21	3.98633	8.60478
22	8.88507	3.72929	22	3.98256	8.64820
23	8.89439	3.76751	23	3.97456	8.69180
24	8.88120	3.80353	24	3.98851	8.47237
25	8.87692	3.72675	25	3.97944	8.59274
26	8.87216	3.76137	26	3.97460	8.67566
27	8.88161	3.80991	27	3.97934	8.57561
28	8.89125	3.69634	28	3.98770	8.64664
Среднее	8.89170	3.73732	Среднее	3.99122	8.60822
Отклонение	0.01301	0.05387	Отклонение	0.01026	0.07530

Абсолютная погрешность = 0,26мм

Среднеквадратическое отклонение = 0,05

Абсолютная погрешность 0,009мм

Среднеквадратическое отклонение = 0,01

Заключение.

Использование КМД при линейной калибровке показало ничтожно малую погрешность при измерении высоты и существенную погрешность при измерении ширины КМД. Это обстоятельство обусловлено особенностями конструктивного исполнения КМД, имеющих фаски по краям нормируемой плоскости, и лазерного датчика, который не «видит» точки нормированной плоскости в непосредственной близости от вертикальных плоскостей КМД. Выпуклости сварных швов имеют криволинейные формы отличные от формы КМД. Авторами ведутся исследования по совершенствованию процедуры линейной калибровки по КМД. Результаты исследований и модифицированная методика калибровки будут опубликованы позже.

Выводы

1. Предложены метод и средства линейной калибровки лазерного сканера с применением концевых мер длины по ГОСТ 9038-90 и их аналогов.
2. Разработан программный интерфейс автоматического определения высоты и ширины концевой меры длины и расчет среднеквадратического отклонения измеряемой величины.
3. Выпуклости сварных швов имеют криволинейные формы отличные от формы КМД. В связи с данным обстоятельством авторы проводят исследования по совершенствованию процедуры линейной калибровки по КМД и переходом к использованию эталонов, по форме подобных профилям выпуклости сварного шва, прописанными в ГОСТ.

Список литературы

1. Панков В.В. Оценка квалификации сварщиков с применением цифровых технологий. /Панков В.В., Букин В.М., Панков С.В., Богородский И.Г.// Сварка и диагностика- 2012. №6-с.54-58
2. Панков В.В. Методика оценки практических навыков сварщиков с применением технологии 3DLD. /Панков В.В., Панков С.В.,

Богородский И.Г. //Электронное научное издание Сварка и контроль – Уфа: УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2022. – 144 с.

3. Панков В.В. Мера формы сварного шва как основа разработки цифровых технологий качества сварных швов. /Панков В.В., Панков С.В., Богородский И.Г., Букин В.М. // Журнал нефтегазового строительства. -2014 №4 - с.38 - 43.
4. Панков В.В. Как стать чемпионом мира по сварке. /Панков В.В., Букин В.М., Панков С.В., Глебов С.Н. //Научно-технический журнал Мир Сварки №1 (52) - с.31-34.