



ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМА ПРИ СВАРКЕ В АРГОНОСОДЕРЖАЩИХ ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

О.Г. ЛЕВЧЕНКО¹, В.А. КУЛЕШОВ¹, А.Ю. АРЛАМОВ²

¹ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²НТУУ «Киевский политехнический институт», 03056, г. Киев, ул. Дашавская, 6/2

Избыточный шум, превышающий предельно допустимый уровень, присущ многим сварочным процессам. Среди способов сварки плавлением, выделяющихся в этом отношении, можно отметить газовую, лазерную, плазменную и электродугую сварку. Цель данной работы заключалась в измерении характеристик акустического шума на рабочем месте при ручной сварке неплавящимся электродом в аргоне и полуавтоматической сварке в среде защитного газа Ar + CO₂. Сварку проводили в сварочной металлической кабине высотой 1,8 м, шириной 2,0 м и глубиной 2,4 м. Параметры шума измеряли интегрирующим шумомером первого класса точности. Точка измерения на рабочем месте сварщика находилась на расстоянии 0,55 м от сварочной дуги. Одиночное измерение проводилось в течение примерно 60 с при работающей вентиляционной установке. Свариваемые стальные пластины (Ст3) толщиной 12 мм располагались на сварочном столе и сваривались в аргонном газе вольфрамовым электродом диаметром 2,4 мм. Полуавтоматическую сварку стальных пластин (Ст3) толщиной 4 мм проводили в смеси 82 % Ar и 18 % CO₂ омедненной сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Установлено, что при ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом значение эквивалентного уровня звука на рабочем месте сварщика в широком диапазоне номинальных значений силы тока $I = 45 \dots 210$ А не превышает 64 дБА, что значительно меньше установленной санитарно-гигиенической нормы 80 дБА, и сравним с уровнем фонового шума 57 дБА. При полуавтоматической сварке в среде защитного газа Ar + CO₂ значение эквивалентного уровня звука на рабочем месте сварщика в диапазоне номинальных значений силы тока $I = 80 \dots 250$ А превышает ПДУ и достигает величины 96 дБА. Наблюдаются две качественно различные друг от друга области зависимости уровня шума от силы сварочного тока. При слабых токах в диапазоне значений 80...150 А шум усиливается, однако дальнейшее увеличение силы тока приводит к ослаблению шума из-за возникновения эффекта «погружённой дуги». В области роста отмечается близкая к линейной зависимость уровня шума от сварочного тока, но при этом усиление шума незначительное — примерно на 11 % при увеличении силы тока в два раза. Установлена граница безопасной по шуму рабочей зоны на расстоянии 2 м от места сварки. Данные настоящей работы могут быть использованы при санитарно-гигиенической оценке шумовых эпизодов конкретных процессов сварки в защитных газах. Библиогр. 6, табл. 5, рис. 5.

Ключевые слова: сварка в защитном газе, аргон, смесь Ar + CO₂, акустический шум, характеристики

В данной статье, являющейся продолжением работы [1], представлены результаты исследований характеристик шума на рабочем месте сварщика при сварке в защитных газах: при ручной сварке неплавящимся электродом и полуавтоматической сварке.

Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Сварку проводили аппаратом аргонодуговой сварки на постоянном токе Master 2200 фирмы «Kemppi OY» (Финляндия) в сварочной металлической кабине высотой 1,8 м, шириной 2 м и глубиной 2,4 м. Свариваемые стальные пластины (Ст3) толщиной 12 мм располагались на сварочном столе и сваривались в защитном аргонном газе вольфрамовым электродом диаметром 2,4 мм.

Параметры шума измеряли интегрирующим измерителем уровня звука (модель 2230) фирмы «Brüel & Kjær» первого класса точности, функциональные и технические характеристики которого соответствуют требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 17187–2010 «Шумомеры.

Часть 1. Технические требования» [2]. Точка измерения находилась на расстоянии вытянутой руки (0,55 м) от сварочной дуги.

Измерения шума на типичном рабочем месте проводили в соответствии с требованиями ДСН 3.3.6.037–99 «Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука» [3]. При всех измерениях регистрировали уровни шума с частотной коррекцией А (общий уровень шума), необходимые для проведения санитарно-гигиенической оценки: эквивалентный уровень звука L_{eq} , максимальный (L_p)_{max} и минимальный (L_p)_{min} уровни звукового давления.

Одиночное измерение проводили в течение примерно 60 с при работающей вентиляционной установке. Характеристики фонового шума $L_{фон}$ производимого вспомогательным оборудованием (генератором тока, вентиляционной установкой) и другими источниками шума, находящимися в сварочном цеху, следующие: $L_{eq} = 56,5$ дБА; (L_p)_{max} = 72,7 дБА; (L_p)_{min} = 53,3 дБА.

Таблица 1. Измеренный уровень шума $L_{изм}$ на рабочем месте сварщика

$I_{св}$, А	L_{eq} , дБА	$(L_p)_{max}$, дБА	$(L_p)_{min}$, дБА
45	59,6	71,6	54,9
100	60,2	65,4	57,2
150	63,1	68,2	57,5
210	65,9	80,0	57,2

Данные о величинах шума, генерируемых при сварке на рабочем месте сварщика в диапазоне номинальных значений сварочного тока 45...210 А, приведены в табл. 1.

Определим величину шума $L_{св}$, генерируемого непосредственно сварочным процессом. Величина измеряемого шума $L_{изм}$ состоит из двух частей: фонового $L_{фон}$ и сварочного шума $L_{св}$. Используя принцип аддитивности шумовых энергетических потоков (интенсивностей) в точке измерения, можно показать [4], что величина $L_{св}$ определяется выражением

$$L_{св} = L_{фон} + 10 \lg(10^{(L_{изм} - L_{фон})/10} - 1). \quad (1)$$

Откуда следует, что если величина измеряемого шума $L_{изм}$ значительно больше величины фонового шума, так как разность $L_{изм} - L_{фон} \geq 10$, то с высокой степенью точности (в пределах погрешности измерений ± 1 дБ) можно считать, что $L_{изм} \approx L_{св}$. Поскольку в данном случае это условие не выполняется, вычислим величину $L_{св}$ по формуле (1), используя данные табл. 1. Уровень шума $L_{св}$ на рабочем месте сварщика при $I_{св} = 45$ А соответствует 56,7 дБА; при 100 А — 57,8 дБА; 150 А — 62,0 дБА; 210 А — 65,4 дБА.

Графически значения L_{eq} приведены на рис. 1.

Видно, что шум, производимый сварочным процессом, значительно ниже установленного предельно допустимого уровня (ПДУ), равного 80 дБА [3]. Шум закономерно снижается при уменьшении силы тока, так как энерговыделение в воздухе при этом также падает.

Зафиксировано незначительное изменение уровня шума в довольно большом диапазоне изменений номинальных значений силы тока: рост силы тока

Таблица 2. Измеренный уровень шума $L_{изм}$ и расчетные величины сварочного шума $L_{св}$ на рабочем месте сварщика

$I_{св}$, А	$L_{изм}$			$L_{св}$
	L_{eq} , дБА	$(L_p)_{max}$, дБА	$(L_p)_{min}$, дБА	L_{eq} , дБА
80	84,9	91,9	75,6	84,7
107	88,7	93,6	81,6	88,6
110	91,5	96,0	84,2	91,5
125	90,2	95,6	85,6	90,1
133	93,6	96,5	88,6	93,6
150	95,5	98,6	81,8	95,5
175	93,1	97,4	78,0	93,1
200	92,4	97,1	76,2	92,4
250	94,2	98,0	75,6	94,2

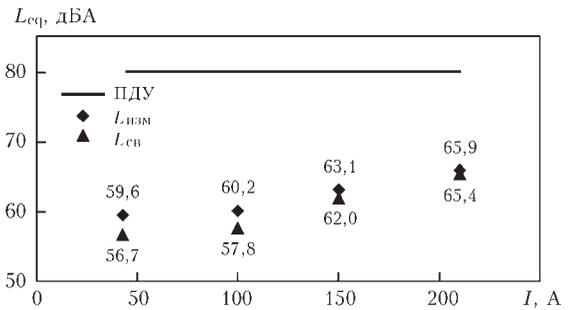


Рис. 1. Зависимость уровней шума $L_{изм}$ и $L_{св}$ на рабочем месте сварщика от силы сварочного тока I

в 4,7 раза вызвал усиление шума только на 12 %. Вклад фонового шума в общую генерацию шума возрастает при снижении силы сварочного тока и сравним с величиной сварочного шума. Таким образом, аргодуговая сварка неплавящимся электродом не требует проведения защитных противозумовых мероприятий.

Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа Ar + CO₂. Полуавтоматическую сварку стальных пластин (Ст3) толщиной 4 мм проводили в смеси 82 % Ar и 18 % CO₂ омедненной сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. При сварке использовали источник питания сварочный инвертор Invertec V350-PRO фирмы «Lincoln Electric» (США). Оборудование для подачи проволоки — LF-72 фирмы «Lincoln Electric».

Условия сварки и методика измерений были аналогичны предыдущему случаю. Данные измерений величин $L_{изм}$ и $L_{св}$ приведены в табл. 2. Уровень фонового шума $L_{фон}$ на рабочем месте сварщика следующий: $L_{eq} = 71,1$ дБА; $(L_p)_{max} = 84,7$ дБА; $(L_p)_{min} = 64,1$ дБА.

Графически данные измерения величин приведены на рис. 2.

Результаты измерений показывают значительное превышение величины ПДУ, особенно, на интенсивных режимах сварки. При этом наблюдаются две области зависимости уровня шума от силы сварочного тока, качественно отличающиеся друг от друга. При слабых токах в диапазоне значений 80...150 А шум усиливается, но при дальнейшем росте сварочного тока уровень шума падает. Это объясняется снижением уровня акустического излучения из-за уменьшения длины дуги, наблюдаемого на больших зна-

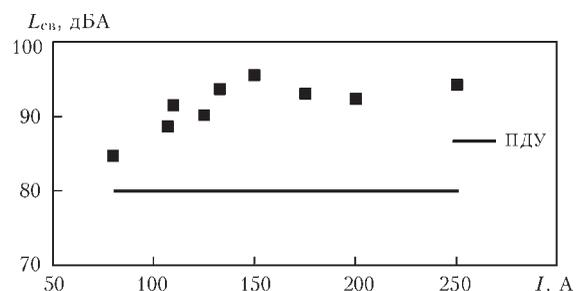


Рис. 2. Уровень сварочного шума на рабочем месте при полуавтоматической сварке в смеси Ar + CO₂

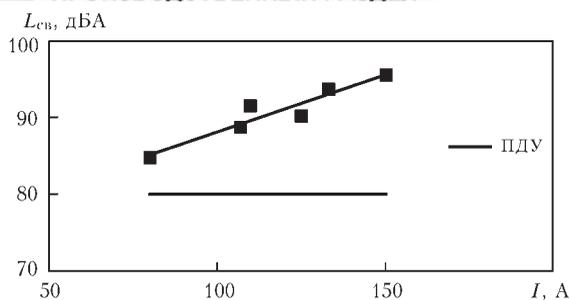


Рис. 3. Уровень сварочного шума на рабочем месте при полуавтоматической сварке в среде защитного газа $Ar + CO_2$ в линейной области роста шума

Таблица 3. $L_{изм}$ на расстоянии 1 м от сварочной дуги

$I_{св}$, А	$L_{изм}$		
	L_{eq} , дБА	$(L_p)_{max}$, дБА	$(L_p)_{min}$, дБА
80	83,3	92,9	74,6
107	84,8	92,0	81,7
125	85,7	92,0	84,7
133	86,1	92,7	85,2

Таблица 4. $L_{изм}$ на расстоянии 1,5 м от дуги

$I_{св}$, А	$L_{изм}$		
	L_{eq} , дБА	$(L_p)_{max}$, дБА	$(L_p)_{min}$, дБА
80	81,3	90,8	72,0
107	81,9	91,4	71,7
125	82,3	91,7	72,4
133	82,2	91,6	72,9

Таблица 5. $L_{изм}$ на расстоянии 2,0 м от дуги

$I_{св}$, А	$L_{изм}$		
	L_{eq} , дБА	$(L_p)_{max}$, дБА	$(L_p)_{min}$, дБА
80	78,1	87,5	70,8
107	78,6	87,9	70,5
125	79,1	88,1	71,4
133	79,0	88,0	71,8

чениях тока во время осуществления режима сварки «погруженной дугой» [5].

Отметим линейный характер зависимости в области роста уровня шума, на что указывает достаточно высокое значение квадрата величины линейной корреляции $R^2 = 0,90$ (рис. 3). В указанном диапазоне фиксируется незначительное усиление шума примерно на 11 % при увеличении силы тока вдвое.

Для определения безопасной по уровню шума рабочей зоны для вспомогательного персонала были проведены измерения уровня шума на различном удалении от источника шума. Данные измерений уровней шума $L_{изм}$ на расстоянии от сварочной дуги, равном 1,0 м, 1,5 м и 2,0 м представлены в табл. 3–5.

Используя средства анализа данных MS Excel, можно показать, что полученные данные хорошо аппроксимируются линейными зависимостями, что подтверждают достаточно высокие значения квадрата линейной корреляции R^2 , лежащие в ди-

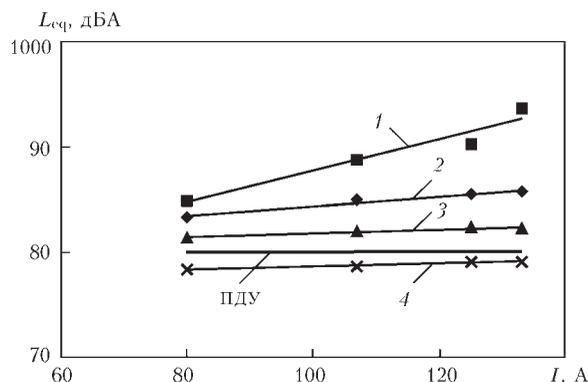


Рис. 4. Уровни измеренного шума при полуавтоматической сварке в среде защитного газа на расстояниях 0,55 (1), 1,0 (2), 1,5 (3) и 2,0 м (4)

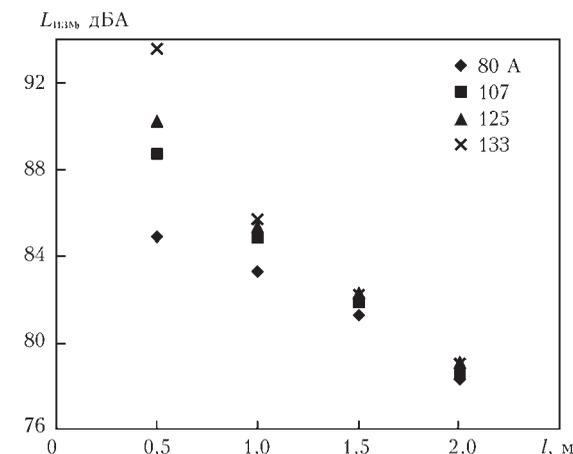


Рис. 5. Зависимость $L_{изм}$ от расстояния при различных значениях силы тока

апазоне 0,92...0,97. Отметим, что линейная зависимость между уровнем шума и значением сварочного тока характерна также при ручной дуговой сварке покрытыми электродами [1]. Графически данные измерений и их линейные тренды изображены на рис. 4. С удалением от места сварки уровень шума снижается и уже на расстоянии 2 м его величина становится ниже ПДУ. Таким образом, граница безопасной по шуму рабочей зоны находится в промежутке расстояний от сварочной дуги 1,5...2,0 м.

На больших расстояниях от источника шума измеренные величины уровней шума слабо зависят от режима сварки и, в принципе, из-за рассеяния звуковых волн уровень шума снижается до фонового уровня (рис. 5).

Поскольку уровень производимого шума на рабочем месте значительно превышает ПДУ, необходимо применять защитные противозумовые мероприятия для снижения воздействия шума на сварщика [6], например, снабжая его соответствующими средствами индивидуальной защиты или сокращая время работы согласно [3]. Отметим также, что для персонала, находящегося вблизи места проведения таких сварочных работ (но не ближе двух метров), защита не требуется.

Выводы

1. При ручной аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом в защитном газе уровень шума на рабочем месте сварщика в широком диапазоне номинальных значений сварочного тока (45...210 А) не превышает 64 дБА, что значительно меньше установленной санитарно-гигиенической нормы (ПДУ = 80 дБА), и сравним с уровнем фонового шума 57 дБА.

2. При полуавтоматической сварке в среде защитного газа $Ar + CO_2$ уровень шума на рабочем месте сварщика в диапазоне номинальных величин силы тока (80...250 А) превышает ПДУ и достигает 96 дБА. С увеличением сварочного тока от 80 до 150 А шум усиливается, а дальнейшее

увеличение тока приводит к ослаблению шума вследствие погружения дуги в сварочную ванну. Безопасная по шуму рабочая зона находится на расстоянии 1,5...2,0 м от сварочной дуги.

1. Левченко О.Г., Кулешов В.А., Арламов А.Ю. Санитарно-гигиеническая оценка шума при ручной дуговой сварке покрытыми электродами // Автомат. сварка. – 2014 – № 9 – с. 47–50.
2. ГОСТ 17187–2010. Шумомеры. Ч. 1: Технические требования. – Введ. 01.07.2012.
3. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Введ. 01.12.1999.
4. Грінченко В.Т., Вовк Ш.В., Маціпура В.Т. Основи акустики. – Київ: Наук. думка, 2007. – 640 с.
5. Теория сварочных процессов / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 560 с.
6. Левченко О.Г., Кулешов В.А. Производственный шум. Ч. 3 // Сварщик. – 2013. – № 4 – С. 34–39.

Поступила в редакцию 13.05.2015

Международный симпозиум к 100-летию со дня рождения Б.И. Медовара

7–10 июня 2016 г., Киев, Украина

Тематика симпозиума

- ЭШП и другие процессы специальной электрометаллургии, их научные основы, технологии и оборудование;
- электрошлаковое литье;
- сварка высоколегированных и высокопрочных сталей, а также аустенитных сталей и сплавов;
- теория кристаллизации сталей и сплавов;
- управление затвердеванием в металлургии и сварке;
- крупные кузнечные и листовые слитки;
- моделирование затвердевания в процессах специальной электрометаллургии и сварки;
- современные стали для магистральных газопроводов, сосудов давления, крупных поковок, роторов, валков;
- родственные области металлургии, сварки и металловедения.

Организационный комитет

Тел.: +38(044) 287-52-18, +38(044) 337-30-81. Тел./факс: +38(044) 337-30-82

E-mail: org@medovar100.org, info@medovar100.org

Дополнительная информация на сайте симпозиума www.medovar100.org

Международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ»

13–15 июня 2016 г.

Киев, ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины

Тематика конференции:

- ◆ ЭЛС
- ◆ лазерная сварка
- ◆ гибридные процессы сварки
- ◆ STIR
- ◆ контактно-стыковая сварка высокопрочных сталей
- ◆ сварка дугой, вращающейся в магнитном поле
- ◆ 3D аддитивные технологии, базирующиеся на сварочных процессах

<http://pwi-scientists.com/rus/modernweld2016>

