УДК 621.791:613.6

DOI: https://doi.org/10.37434/as2025.02.07

САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА РІВНЯ ШУМУ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

В.А. Кулєшов, А.Г. Покляцький

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: kuleshovva@ukr.net

У роботі представлено результати досліджень характеристик акустичного шуму під час зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП, зарубіжний аналог – FSW) алюмінієвих сплавів 1460 (Al–Cu–Li) і 1201 (Al–Cu) з метою створення рекомендацій для поліпшення санітарно-гігієнічних характеристик на робочому місці оператора-зварника. Встановлено, що величина рівня шуму на робочому місці при ЗТП з частотою обертання інструмента 1420 об/хв дорівнює 83,3 ± 1 дБА для сплаву 1460 і 80,2 ± 1 дБА для сплаву 1201. Рекомендовано застосування спеціальних методів і засобів захисту від шуму. Бібліогр. 9, табл. 4, рис. 2.

Ключові слова: алюмінієві сплави 1460 та 1201, зварювання тертям з перемішуванням, рівень акустичного шуму, захист від шуму

Вступ. У роботі досліджені фізичні характеристики такого шкідливого фактору, як акустичне випромінювання, під час зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів 1460 (Al–Cu–Li) і 1201 (Al–Cu) та надано рекомендації для застосування спеціальних методів і засобів захисту від небезпечного шуму на робочому місці оператора-зварника. Роботу можна розглядати як продовження [1], в якій проведено, зокрема, порівняльне дослідження акустичного шуму під час механізованого аргонодугового зварювання неплавким електродом (АДЗНЕ, зарубіжний аналог – TIG) сплавів 1460 і 1201.

Методика досліджень. Дослідження санітарно-гігієнічних характеристик шуму на робочому місці проводилися у лабораторних умовах. В якості зварюваних матеріалів використовували високоміцні алюмінієві сплави 1460 і 1201, які широко застосовуються при виготовленні конструкцій відповідального призначення у різних галузях машинобудування [2, 3]. Хімічний склад і границя міцності сплавів наведені в табл. 1.

Процес зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) здійснювали на розробленій в ІЕЗ ім. Є.О. Патона лабораторній установці, яка дозволяє отримувати стикові з'єднання листів високоміцних алюмінієвих сплавів завтовшки до 2,5 мм. Частота обертання інструмента становить 1420 об/хв, а швидкість його лінійного переміщення (швидкість зварювання) може регулюватися в межах 7…38 м/год. Зварювали стикові з'єднання листів сплавів завтовшки лише 2 мм. Оскільки для оцінки механічних властивостей з'єднань необхідно було отримати високоякісні шви, то зварювання здійснювали зі швидкістю 14 м/год, за якої забезпечуються оптимальні умови для їх формування [4]. При цьому використовували спеціальний зварювальний інструмент з діаметром бурта 12 мм і наконечником конічної форми діаметром 3,4 мм в основі [5].

Перед зварюванням проводили хімічне травлення листів за загальноприйнятою технологією. Після чого здійснювали механічне зачищення торців зварюваних кромок і поверхневих шарів завтовшки 0,10…0,15 мм, щоб уникнути утворення пор у зварних з'єднаннях.

Листи завтовшки 2 мм, завдовжки 400 мм і завширшки 200 мм розміщували таким чином, щоб зварні шви були орієнтованими вздовж напрямку їх прокату. Датчик шуму знаходився на відстані 0,55 м від центру місця зварювання. У процесі отримання стикових з'єднань у нижньому положенні на горизонтальній площині точка зварювання наближалася до датчика випромінювання, а потім – віддалялася. Дослідження проводилися у закрито-

Таблиця 1. Хімічний склад і границя міцності алюмінієвих сплавів 1460 і 1201 відповідно до ГОСТ 4784-97

Марка сплаву	Масова частка хімічних елементів, % (основа – Al)												Границя міцності $\sigma_в$, МПа
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Li	Sc	Інші	
1460	0,10	0,15	2,6...3,3	0,1	0,1	0,05	0,25	0,01...0,06	0,06...0,15	2,0...2,5	0,05-0,14	0,008...0,1 Be	504
1201	0,20	0,30	5,8...6,8	0,2...0,4	0,2	–	0,1	0,02…0,1	0,10...0,25	–	–	0,05...0,15 V	427

Кулешов В.А. – https://orcid.org/0000-0001-7518-7429, Покляцький А.Г. – https://orcid.org/0000-0002-4101-2206

© В.А. Кулєшов, А.Г. Покляцький, 2025

му приміщенні без витяжної вентиляції; відстань від підлоги до верху пластини становила 100 см; температура повітря ~ 15 ºС при середній відносній вологості.

Для вимірювання шумових характеристик використовувався точний інтегруючий вимірювач рівня звуку моделі 2230 фірми Brüel & Kjær (Precision Integrating Sound Level Meter Type 2230) першого класу точності. Прилад дозволяє визначати еквівалентний рівень звуку L_{eq}, а також максимальний $L_{p\,max}$ і мінімальний $L_{p\,min}$ рівень звуку з точністю до 1 дБ.

Санітарно-гігієнічна оцінка шуму на робочому місці проводилась у відповідності до вимог ДСН 3.3.6.037-99 [6]. Згідно із встановленими нормами для визначення впливу шуму на робочий персонал достатньо двох вимірюваних величин: еквівалентного рівня звуку L_{eq} у дБА та максимального рівня звуку $L_{p\,max}$ у дБА. Під час санітарно-гігієнічної оцінки шуму на робочому місці зварника прийнято, що при 8-годинній робочій зміні гранично допустимий рівень (ГДР) шуму дорівнює L_{eq} = 80 дБА; максимальний рівень звуку не повинен перевищувати 110 дБА.

Додатковим джерелом шуму під час проведення вимірювань було допоміжне устаткування: механізм лінійного переміщення столу із закріпленими на ньому зварюваними пластинами, механізм обертання інструмента, джерело живлення; вентиляційне обладнання було вимкнуто. Оскільки у вимірюваному шумі $L_{вим}$ поряд зі зварювальним шумом $L_{зв}$, який генерує зварювальний процес, був присутній і фоновий шум $L_{фон}$, вироблений допоміжним обладнанням, для оцінки його внеску окремо проводилися вимірювання його акустичних характеристик. Мікрофон знаходився на висоті 1,5 м над рівнем поверхні, на якій стоїть працівник, і на відстані 0,55 м від середини зварного шва та віддалений не менш ніж на 0,5 м від оператора, який проводив вимірювання.

Таблиця 2. Параметри шуму $L_{вим}$ при ЗТП сплаву 1460

Номер виміру	Шум при зварюванні $L_{вим}$, дБА		
	L_{eq}	$L_{p\,max}$	$L_{p\,min}$
1	82,7	94,0	81,1
2	83,1	90,6	80,9
3	83,4	100,3	81,6
4	83,5	84,6	81,3
5	83,5	87,4	81,4
6	83,4	85,2	81,4
7	83,6	90,5	82,1
8	83,5	84,6	82,1
Фоновий шум $L_{фон}$, дБА			
	81,6	85,3	81,0

Вимірювання шуму при ЗТП сплаву 1460. Параметри шуму, що утворюються під час ЗТП, і фонового шуму $L_{фон}$ наведені у табл. 2.

З аналізу даної серії вимірювань видно, що шум є непостійним для вимірів з №№ 1–3, 5, 7 оскільки $L_{p\,max} - L_{p\,min} \geq 5$ дБА і, навпаки, постійним для вимірів з № 4, 6, 8 [6]. Дотримуючись алгоритму обчислення погрішності вимірів [7], знайдемо, що дійсна величина рівня шуму на робочому місці дорівнює 83,3 ± 1 дБА, погрішність вимірів визначається виняткова інструментальною помилкою.

З даних табл. 2 випливає, що $L_{вим} - L_{фон} \approx 3$. Можна показати [6], застосовуючи принцип адитивності енергетичних потоків від різних джерел шуму, що величина зварювального шуму $L_{зв} = 10\cdot\log(10^{0,1\cdot L_{вим}} - 10^{0,1\cdot L_{фон}}) = 10\cdot\log(10^{8,33} - 10^{8,16}) \approx 78,4$ дБА. Таким чином, рівень зварювального шуму на робочому місці при ЗТП сплаву 1460 не перевищує величину ГДР. Основним джерелом шуму на робочому місці є допоміжне устаткування.

Розглянемо характер впливу на шум такого технологічного параметра процесу, як швидкість переміщення столу. Рівень шуму, що генерується при частоті обертання інструмента 1420 об/хв за відсутності переміщення столу, $L_{об}$ = 79,2 дБА. Рівень шуму, що генерується при переміщенні інструмента (обертання відсутнє) на швидкостях 14…32 м/год, наведено в табл. 3.

Використовуючи засоби аналізу даних MS Excel, отримаємо квадратичну залежність рівня шуму від величини швидкості переміщення (рис. 1), яка визначається виразом (1) та представлена графічно на рис. 1.

$$L_{пер} = -0,0167\cdot(V_{пер})^2 + 1,15\cdot V_{пер} + 65,617 \quad (1)$$

При цьому квадрат величини лінійної кореляції (R^2 = 0,998) вказує на дуже високу вірогідність отриманої залежності [7]. Зазначимо слабку залежність рівня шуму від швидкості переміщення столу: при збільшенні швидкості переміщення ~ 130 % рівень шуму підвищився тільки на 21 %.

Оцінимо швидкість переміщення, за якої рівень вимірюваного шуму буде меншим граничної величини 80 дБА. Знайдемо, що рівень шуму від переміщення столу повинен бути близько 72 дБА:

Таблиця 3. Параметри шуму від столу $L_{пер}$, що переміщується, без обертання інструмента

Швидкість переміщення $V_{пер}$, м/год	$L_{пер}$, дБА		
	L_{eq}	$L_{p\,max}$	$L_{p\,min}$
14	78,4	82,1	77,3
20	82,1	83,2	70,8
26	84,1	85,6	76,3
32	85,4	87,8	75,8

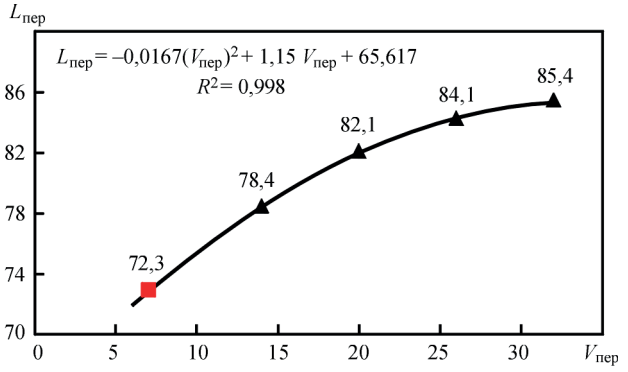

Рис. 1. Залежність рівня шуму $L_{пер}$ від величини швидкості переміщення столу $V_{пер}$ без обертання інструмента: ▲ – величина виміряного шуму; ■ – прогноз

$$L_{пер} = 10\cdot\log(10^{L_{зв}/10} - 10^{L_{об}/10}) = 10\cdot\log(10^{80/10} - 10^{(79,2/10)}) \approx 72,3 \text{ дБА} \qquad (2)$$

Як витікає з (1), такий рівень шуму буде утворюватися при швидкості переміщення столу близько 7 м/год (рис. 1). Таке зменшення швидкості зварювання практично не вплине на фізико-механічні властивості зварних з'єднань, але сприятиме зменшенню ймовірності виникнення характерних для цього способу зварювання дефектів. Таким чином, зварювання тертям з перемішуванням сплаву 1460 завтовшки 2,0 мм з частотою обертання 1420 об/хв і швидкістю зварювання 14 м/год є небезпечним і вимагає застосування спеціальних методів і засобів захисту від шуму.

Шум при ЗТП сплаву 1201. При ЗТП сплаву 1201 було змінено лише один технологічний параметр – швидкість зварювання, він зменшений до 12 м/год.

Параметри шуму, що утворюються при зварюванні тертям з перемішуванням, наведені у табл. 4.

Оскільки $L_{p\ max} - L_{p\ min} \le 5$ дБА, шум є постійним при всіх вимірах і його величина дорівнює 80,2 ± 1 дБА. Тоді $L_{зв} = 10\cdot\log(10^{0,1\cdot L_{вим}} - 10^{0,1\cdot L_{фон}}) = 10\cdot\log(10^{8,02} - 10^{7,93}) \approx 73,0$ дБА. Отже, рівень зварювального шуму на робочому місці при ЗТП сплаву 1460 не перевищує величину ГДР. Основним джерелом шуму на робочому місці є допоміжне устаткування.

Таким чином, рівень виміряного шуму на робочому місці при ЗТП сплаву 1201 завтовшки 2,0 мм з частотою обертання 1420 об/хв і швидкістю зварювання 12 м/год незначно перевищує величину ГДР і вимагає застосування спеціальних методів і засобів захисту від шуму.

Таблиця 4. Параметри шуму $L_{вим}$ при ЗТП сплаву 1201

Номер виміру	$L_{вим}$, дБА		
	L_{eq}	$L_{p\ max}$	$L_{p\ min}$
1	80,5	81,6	79,6
2	79,9	80,9	79,1
3	80,1	81,0	79,1
4	80,2	81,1	79,0
Фоновий шум $L_{фон}$, дБА			
	79,3	80,6	78,6

Порівняльний аналіз отриманих результатів. Представимо результати вимірів рівнів шуму, генеровані під час зварювання сплавів 1460 і 1201, графічно (рис. 2). Вони відрізняються приблизно на 3 дБА, хоча в обох випадках величини технологічних параметрів практично рівні (відрізняються лише швидкості переміщення зварювального столу на 2 м/год). Проаналізуємо причини такої розбіжності. Спочатку розглянемо вплив швидкості переміщення столу. Підставляючи значення швидкості 12 і 14 м/год у рівняння (1), знаходимо, що різниця між рівнями шуму, генерованого переміщенням столу, не перевищує 1,4 дБА. Тобто, переміщення столу – це не єдина причина відмінності рівнів шуму. Інша причина – вплив механічних властивостей сплавів на процес генерації шуму при терті з перемішуванням. Дійсно, згідно з табл. 1, відмінність у міцності алюмінієвих сплавів складає близько двадцять відсотків.

З табл. 1, 2 і 4 видно, що міцність сплавів також впливає на характер протікання процесу зварювання: він стійкіший у менш міцного сплаву 1201.

Зауважимо, що при АДЗНЕ сплавів 1460 і 1201 шум досить сильний (95...99 дБА) при величині номінального зварювального струму 140...260 А. За санітарно-гігієнічною оцінкою такого шкідливого фактору, як акустичний шум, технологія ЗТП, що належить до механічного класу зварювальних технологій, має явну перевагу перед технологією АДЗНЕ, яка належить до термічного класу. Можна припустити, що це твердження є правильним і для інших зварювальних технологій зазначених класів.

Методи та засоби захисту від шуму. ЗТП алюмінієвих сплавів 1460 і 1201 вимагає застосування спеціальних методів і засобів захисту від шуму зварників та оточуючого персоналу, оскільки рівні шуму на робочому місці оператора-зварника вищі

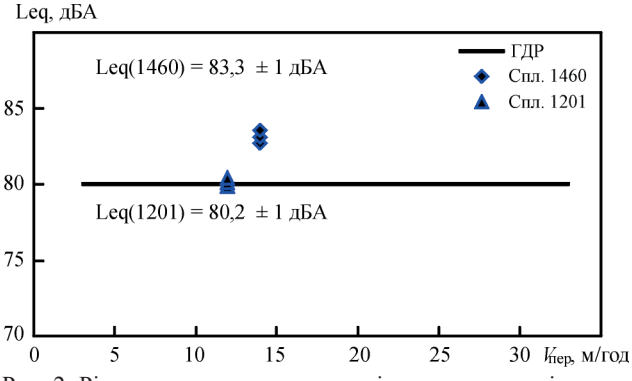

Рис. 2. Рівень шуму при зварюванні тертям з перемішуванням сплавів 1460 і 1201 (частота обертання зварювального інструмента – 1420 об/хв): ♦ – сплав 1460; ▲ – сплав 1201; $L_{eq}(1460) = 83,3 \pm 1$ дБА; $L_{eq}(1201) = 80,2 \pm 1$ дБА

за ГДР = 80 дБА і можуть досягати 84,3 дБА для сплаву 1460 і 81,2 дБА для сплаву 1201. Засоби та методи зниження шуму підрозділяються на засоби та методи колективного захисту та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) [8].

Засоби колективного захисту по відношенню до джерела збудження шуму підрозділяються на засоби, що знижують шум у джерелі його виникнення, і засоби, що знижують шум на шляху його поширення від джерела до об'єкта, що захищається. ЗІЗ захищає безпосередньо орган слуху (вухо), послаблюючи рівні звуків, що діють на барабанну перетинку. Ми обмежимося розглядом кількох способів захисту від шуму, в першу чергу незатратних. Одним із способів зниження шуму в джерелі виникнення є зміна величин технологічних параметрів зварювання, які впливають на рівень шуму. Як випливає з (1) і (2), рівень шуму можна знизити до безпечної величини без втрати якості зварювання, значно зменшивши швидкість переміщення столу.

Два інших, простих і незатратних, методів боротьби з шумом є «захист часом» і «захист відстанню». Так званий «захист часом» дає можливість так організувати роботу, щоб сумарний шумовий вплив на працівника за робочу зміну був нешкідливим для його здоров'я. При «захисті відстанню» визначають безпечні за шумом зони. Це вкрай важливо при дистанційно керованих і механізованих зварювальних роботах.

Розглянемо метод «захисту часом». Якщо рівень шуму перевищує ГДР, то безпечні умови роботи зберігаються при відповідному скороченні часу перебування в такій шумовій обстановці: для збереження тієї ж дози шуму треба його скорочувати [6]. Тому, наприклад, при рівні шуму 83,0 дБА тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати 4 год. Дійсно, шуми з рівнями звуку L_1 і L_2, що діють протягом часу T_1 і T_2 відповідно, генерують однакову дозу шуму, якщо виконується співвідношення:

$$T_2 = 10^{0,1\cdot(L_1 - L_2)}\cdot T_1. \qquad (3)$$

Тоді при $L_1 = 80$ дБА та $L_2 = 83$ дБА маємо $T_2 = 10^{-0,3}\, T_1 \approx 0,50 T_1$. Якщо тривалість робочої зміни $T_1 = 8$ год, то $T_2 = 4$ год.

У нашому випадку при $L_2 = 84,3$ дБА отримуємо $T_2 = 10^{-0,43}\, T_1 \approx 0,76\cdot 8$ год ≈ 6 год; при $L_2 = 81,2$ дБА отримуємо $T_2 = 10^{-0,12}\, T_1 \approx 0,37\cdot 8$ год ≈ 3 год.

Це означає, що тривалість безперервної роботи на робочому місці на відстані 0,55 м від робочого інструмента при ЗТП сплаву 1201 не повинна перевищувати 6-ти год, а при ЗТП сплаву 1460 – 3-х год.

Визначення межі безпечної за шумом робочої зони можливе, але в даній роботі не проводилося. Для визначення дистанції від місця зварювання до межі безпечної зони проведемо її теоретичну оцінку. Джерело шуму будемо розглядати як точкове, отже, звукову хвилю як сферичну, яка поширюється у вільному звуковому полі, де немає відбитків і дисипації звукової енергії. На дистанціях r_1 і r_2 від джерела шуму рівні шуму будуть L_1 і L_2. Із закону про збереження енергії звукової хвилі при r_1 і r_2 [9] отримуємо наступне співвідношення:

$$r_2 = 10^{0,05\cdot(L_1 - L_2)}\cdot r_1. \qquad (4)$$

Підставляючи у (4) виміряну величину рівня шуму $L_1 = 84,3$ дБА на дистанції $r_1 = 0,55$ м і $L_2 = 80$ дБА, знаходимо відстань до безпечної зони $r_2 = 10^{0,05\cdot 4,3}\cdot 0,55$ м $\approx 0,9$ м при зварюванні сплаву 1460. Аналогічно при зварюванні сплаву 1201 відстань до безпечної зони буде $r_2 = 10^{0,05\cdot 1,2}\cdot 0,55$ м $\approx$ $\approx 0,6$ м.

Для механізованого ЗТП алюмінієвих сплавів 1460 і 1201 отримано цілком прийнятні величини безпечних зон у конкретних виробничих умовах. Очевидно, що порівняно зі способом зниження шуму шляхом зменшення швидкості зварювання спосіб «захисту відстанню» економічно вигідніший. Таким чином, можна рекомендувати метод «захист відстанню» як ефективніший спосіб захисту при ЗТП.

Висновки

При виконанні досліджень встановлено, що:

1. При зварюванні тертям з перемішуванням на лабораторній установці сплавів 1460 і 1201 завтовшки 2,0 мм з частотою обертання 1420 об/хв еквівалентний рівень шуму на робочому місці незначно перевищує величину 80 дБА для сплаву 1201 і є небезпечним при зварюванні сплаву 1460.

2. При зварюванні тертям з перемішуванням рівень шуму залежить від механічних властивостей сплавів. Процес зварювання рівномірніший у менш міцного сплаву 1201, ніж у 1460.

3. Механізоване зварювання тертям з перемішуванням досліджуваних високоміцних алюмінієвих сплавів 1460 і 1201 вимагає застосування спеціальних методів і засобів захисту від шуму. Рекомендовано знижувати вплив шуму на робочий персонал до безпечної величини за допомогою методу «захисту відстанню».

Список літератури

1. Лук'яненко А.О., Кулєшов В.А., Покляцький А.Г. (2024) Санітарно-гігієнічна оцінка шуму при механізованому аргонодуговому зварюванні неплавким електродом алюмінієвих сплавів. *Автоматичне зварювання*, **1,** 67–71. DOI: https://doi.org/10.37434/as2024.01.08
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. (2005) *Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение) Справочник.* Фридляндер И.Н. (ред.). Киев, КОМИНТЕХ.
3. Ищенко А.Я., Лабур Т.М. (2013) *Сварка современных конструкций из алюминиевых сплавов*. Київ, Наукова думка.
4. Покляцький А.Г. (2019) Прогнозування параметрів процесу зварювання тертям з перемішуванням тонколисто-

вих алюмінієвих сплавів. *Автоматичне зварювання*, **8**, 53–59. DOI: http://doi.org/10.15407/as2019.08.06
5. Іщенко А.Я., Покляцький А.Г. (2010) *Інструмент для зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів.* Пат. 54096 Україна, МПК B23K 20/12; № u201005315; заяв. 30.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20.
6. (1999) ДСН 3.3.6.037-99 *Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку*.
7. Тейлор Дж. (1985) *Введение в теорию ошибок*. Москва, Мир.
8. Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В. та ін. (2019) *Охорона праці та цивільний захист. Підручник*. Левченко О.Г. (ред.). Київ, Основа.
9. Грінченко В.Т., Вовк Ш.В., Маципура В.Т. (2007) *Основи акустики.* Київ, Наукова думка.

References

1. Lukyanenko, A.O., Kuleshov**,** V.A., Poklyatskyi, A.G. (2024) Sanitary and hygienic assessment of noise at nonconsumable electrode mechanized argon-arc welding of aluminium alloys. *Avtomatychne Zvaryuvannya*, **1,** 67–71 [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.37434/as2024.01.08
2. Beletsky, V.M., Krivov, G.A. (2005) Aluminium alloys (Composition, properties, technology, application): Refer Book. Ed. by I.N. Friedlander. Kyiv, COMINTECH [in Russian].
3. Ishchenko, A.Ya., Labur, T.M. (2013) *Welding of modern structures of aluminium alloys*. Kyiv, Naukova Dumka [in Russian].
4. Poklyatskii, A.G. (2019) Prediction of parameters of friction stir welding of sheet aluminium alloys. *The Paton Welding J.*, **8**, 37–42. DOI: http://doi.org/10.15407/tpwj2019.08.06
5. Ishchenko, A.Ya., Poklyatskyi, A.G. (2020) *Tool for friction stir welding of aluminium alloys*. Pat. 54096 Ukraine, Int. Cl. B23K 20/12; PWI, No. u201005315, fill. 30.04.2010, publ. 25.10.2010 [in Ukrainian].
6. (1999) SN 3.3.6.037-99: *Sanitary standards of production noise, ultrasound and infrasound*. Introd. 01.12.1999 [in Ukrainian].
7. Taylor, J. (1985) *Introduction to theory of errors*. Moscow, Mir [in Russian].
8. Levchenko, O.G., Polukarov, O.I., Zatsarny, V.V. et al. (2019) *Occupational safety and civil protection: Textbook*. Ed. by O.G. Levchenko. Kyiv, Osnova [in Ukrainian].
9. Grinchenko, V.T., Vovk, Sh.V., Matsypura ,V.T. (2007) *Basics of acoustics*. Kyiv, Naukova Dumka [in Ukrainian].

SANITARY AND HYGIENIC ASSESSMENT OF NOISE LEVELS DURING FRICTION STIR WELDING OF ALUMINIUM ALLOYS

V.A. Kuleshov, A.G. Poklyatskyi

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.
E-mail: kuleshovva@ukr.net

The paper presents the results of research on the characteristics of acoustic noise during friction stir welding (FSW) of aluminium alloys 1460 (Al-Cu-Li) and 1201 (Al-Cu) in order to create recommendations for improving sanitary and hygienic characteristics at the welder's workplace. It was established that the noise level at the workplace during FSW with a tool rotation frequency of 1420 rpm is 83.3 ± 1 dBA for 1460 alloy and 80.2 ± 1 dBA for 1201 alloy. The use of special methods and means of protection against noise is recommended. 9 Ref., 4 Tabl., 2 Fig.

Keywords: aluminium alloys 1460 and 1201, friction stir welding, occupational safety, acoustic noise level, noise protection

Отримано 12.02.2025
Отримано у переглянутому вигляді 19.03.2025
Прийнято 14.04.2025

ПЕРЕДПЛАТА 2025

Журнали	Вартість передплати на друковані версії журналів*, грн.				
	місяць	два місяця	квартал	півроку	рік
«Автоматичне зварювання», видається з 1948 р., **6** випусків на рік. ISSN 3041-2374 (Print). ISSN 3041-234X (Online). Передплатний індекс 70031	–	300	–	900	1800
«Сучасна електрометалургія», видається з 1975 р., **4** випуски на рік. ISSN 3041-238 (Print). ISSN 3041-2331 (Online). Передплатний індекс 70693	–	–	300	600	1200
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль», видається з 1989 р., **4** випуски на рік. ISSN 3041-2366 (Print). ISSN 3041-2358 (Online). Передплатний індекс 74475	–	–	300	600	1200
«The Paton Welding Journal»**, видається з 2000 р., **12** випусків на рік. ISSN 0957-798X (Print). ISSN 3041-2293 (Online). Передплатний індекс 21971.	600	1200	1800	3600	7200

*Вартість з урахуванням доставки рекомендованою бандероллю.
** Журнал «The Paton Welding Journal» містить статті, отримані від авторів з усього світу і вибірково переклади на англійську мову статей з журналів «Автоматичне зварювання», «Сучасна електрометалургія», «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».
Передплату на журнали можна оформити по каталогам передплатних агенцій «УКРПОШТА», «Прес Центр», «Меркурій» та у видавництві. Передплата через видавництво з любого місяця на любий термін, в т.ч. на попередні періоди та окремі статті, починаючи з першого року видання.
Передплата на електронну версію журналів. Вартість передплати на електронну версію журналів дорівнює вартості передплати на друковану версію. Випуски журналу надсилаються електронною поштою у форматі pdf.
На сайті видавництва у 2024 р. доступні для вільного копіювання випуски журналів з 2007 по 2023 рр.

Адреса видавництва
Міжнародна Асоціація «Зварювання»
03150, Україна, Київ, вул. Казимира Малевича, 11. Тел.: (38044) 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua; www.patonpublishinghouse.com