INSTYTUT SPAWALNICTWA
Polskie Spawalnicze Centrum Doskonałości

Hałas przy zgrzewaniu ultradźwiękowym metali

dr inż. Jolanta Matusiak
mgr Piotr Szłapa
mgr inż. Joanna Wyciślik

- Charakterystyka procesu zgrzewania ultradźwiękowego
- Hałas słyszalny i hałas ultradźwiękowy podczas procesu zgrzewania ultradźwiękowego
- Metodyka i stanowisko doświadczalne
- Analiza wyników badań
- Podsumowanie i zalecenia do profilaktyki zagrożeń

Zgrzewanie ultradźwiękowe - metoda łączenia w stanie stałym,

do wytworzenia złącza na dociśniętych do siebie elementach wykorzystuje się energię drgań mechanicznych o częstotliwości

od 10 do 75 kHz pod działaniem siły docisku.

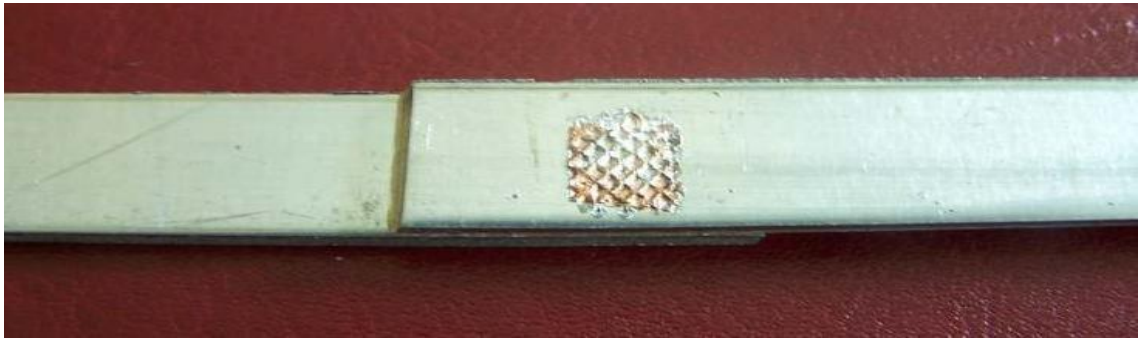
Trwałe połączenie zgrzewanych elementów następuje w wyniku zachodzących w płaszczyźnie zgrzewania procesów tarcia i dyfuzji.

Oscylacyjne siły tarcia tworzą dynamiczne naprężenia w obszarze wzajemnego styku zgrzewanych powierzchni powodując sprężysto-plastyczne odkształcenie materiału.

Metoda zgrzewania ultradźwiękowego pozwala na uzyskanie trwałych połączeń całej gamy metali i stopów metali, również takich, które innymi metodami są trudno spawalne lub niespawalne.

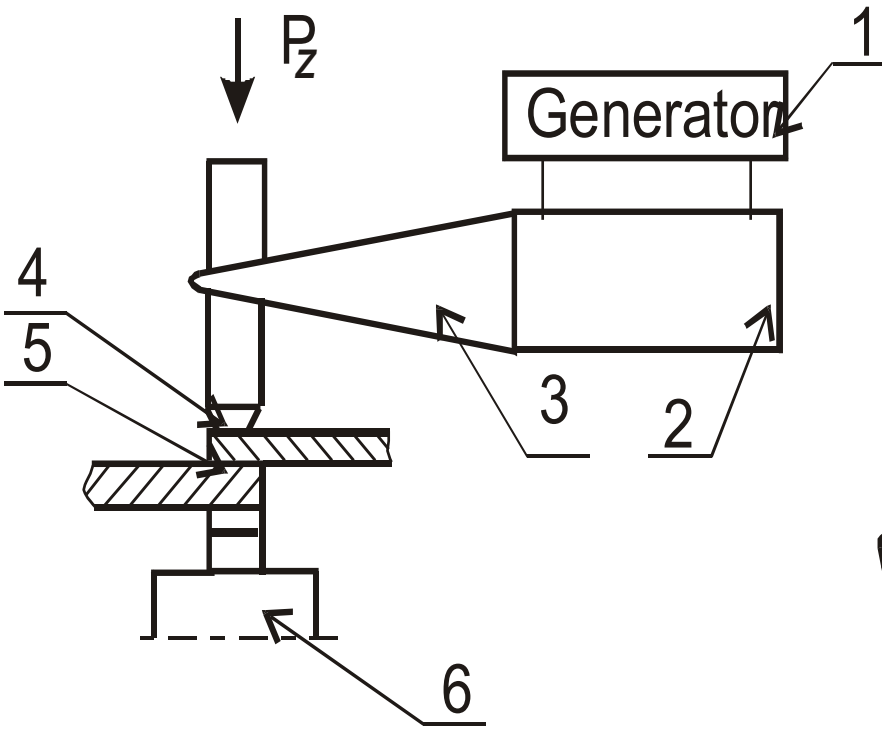
Szczególnie korzystne jest zastosowanie zgrzewania ultradźwiękowego do łączenia materiałów wymagających dużych energii w przypadku zastosowania zgrzewania rezystancyjnego, jak np. aluminium, miedź i ich stopy.

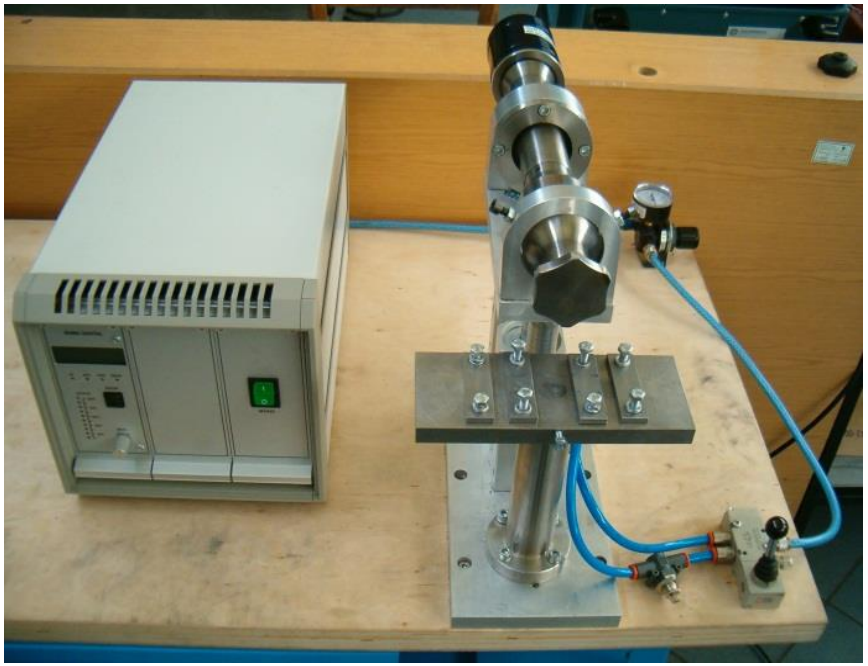
Metodą zgrzewania ultradźwiękowego można wykonywać zgrzeiny **punktowe, odcinkowe, liniowe i pierścieniowe**, zależnie od budowy zgrzewarki i kształtu końcówki roboczej sonotrody.



Elementy do zgrzewania ustawia się na podstawie zwanej kowadełkiem i dociska
z określoną siłą poprzez drgającą sonotrodę z końcówką roboczą.

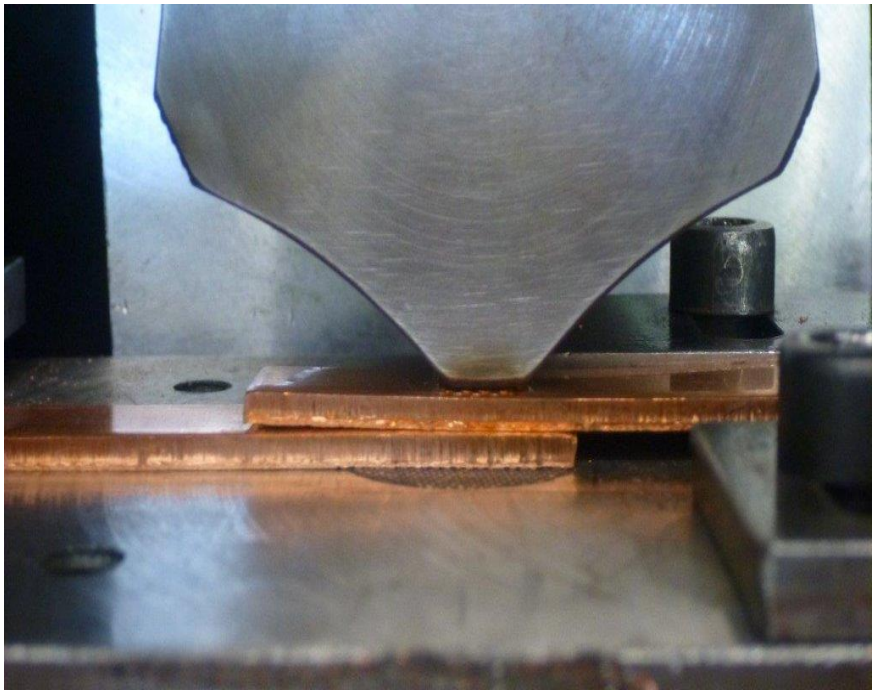
Zgrzewanie ultradźwiękowe

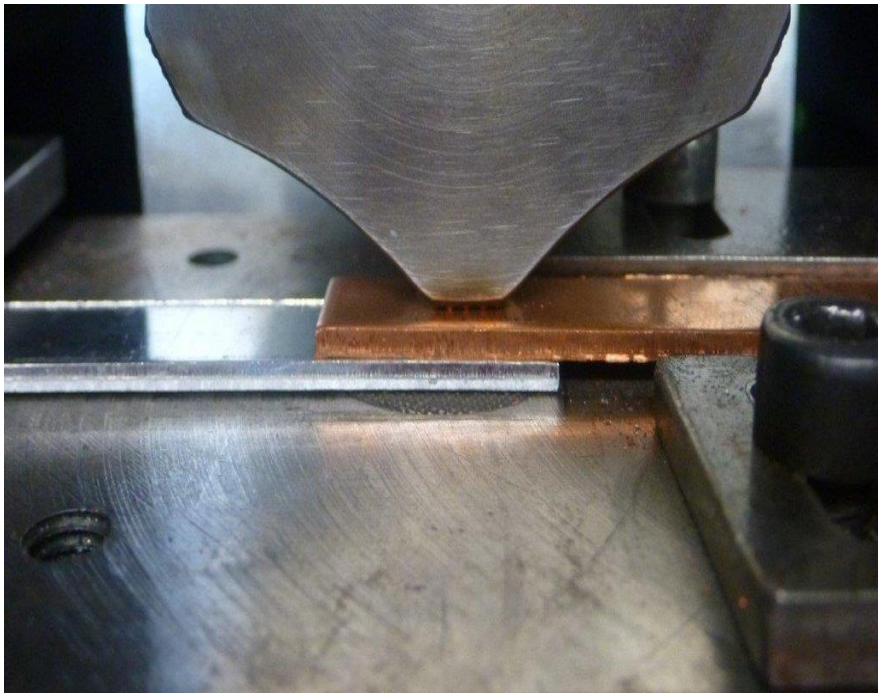




Schemat stanowiska do zgrzewania ultradźwiękowego punktowego:
1 -generator, 2 - przetwornik, 3 - transformator, 4 - sonotroda,
5 - zgrzewane elementy, 6 - kowadełko,
P_z – siła docisku

Zgrzewanie ultradźwiękowe





Widok miejsca zgrzewania zgrzewania

Złącze typu Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm)

Złącze typu Cu (2,0 mm) + PA2 (2,0 mm) Cu + EN AW 5251

Parametry zgrzewania ultradźwiękowego

Amplituda drgań:

główny czynnik określający charakter wydzielania ciepła, rozłożenie i wymiary strefy odkształcania, intensywność niszczenia warstw powierzchniowych, a w wyniku tego i jakości zgrzeiny.

Siła docisku sonotrody:

podczas procesu zgrzewania zapewnia prawidłowy kontakt końcówki roboczej z powierzchnią zgrzewanego elementu.

Wartość siły docisku dobierana jest w zależności od rodzaju zgrzewanych materiałów, ich grubości i twardości oraz rodzaju powierzchni końcówki roboczej sonotrody.

Parametry zgrzewania ultradźwiękowego

Czas zgrzewania: odpowiedni dobór czasu zgrzewania uzależniony jest od pozostałych parametrów procesu oraz wymiarów i rodzaju zgrzewanych materiałów. Najczęściej mieści się on w zakresie od 0,1 do 1,0 s.

Energia zgrzewania: ustalana jest w zależności od rodzaju i grubości zgrzewanego materiału.

Częstotliwość drgań sonotrody

jest stała dla danego układu przetwornik – falowód i nie może być regulowana podczas procesu. W zastosowaniach przemysłowych najczęściej stosuje się zgrzewarki pracujące z częstotliwością 20 kHz.

Hałas w środowisku pracy

Hałas ultradźwiękowy

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych; kHz	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy; dB	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego; dB
10; 12,5; 16	80	100
20	90	110
25	105	125
31,5; 40	110	130

Hałas słyszalny		
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) ; dB	Maksymalny poziom dźwięku A (L_{Amax}); dB	Szczytowy poziom dźwięku C (L_{Cpeak}); dB
85	**115**	**135**

Hałas ultradźwiękowy

Ultradźwięki rozchodzące się w powietrzu mogą wnikać do ciała człowieka przez narząd słuchu i również całą powierzchnią ciała – drogą kontaktową.

Docierając do organizmu człowieka mogą oddziaływać negatywnie na słuch

Hałas ultradźwiękowy

Stwierdzono ujemny wpływ ultradźwięków na narząd przedsionkowy w uchu wewnętrznym, objawiający się bólami i zawrotami głowy, zaburzeniami równowagi, nudnościami, sennością w ciągu dnia, nadmiernym zmęczeniem.

Liczne badania laboratoryjne i środowiskowe wykazały, że potencjalne skutki oddziaływania ultradźwięków powietrznych można sklasyfikować jako skutki słuchowe i termiczne oraz objawy subiektywne i zaburzenia czynnościowe.

Hałas ultradźwiękowy

Zgrzewarki ultradźwiękowe są źródłem niskich częstotliwości ultradźwiękowych.

Ultradźwięki niskich częstotliwości wnikają do organizmu człowieka drogą kontaktową przez bezpośrednie oddziaływanie np. na ręce. Działanie ultradźwięków ma wtedy z reguły charakter miejscowy, przy czym nie wyklucza się również oddziaływania ogólnego na czynności układu nerwowego, pracę serca.

Przy zgrzewaniu ultradźwiękowym drogi przekazania ultradźwięków do organizmu pracownika obsługującego zgrzewarkę to przekazanie przez powietrze i przez zgrzewany element.

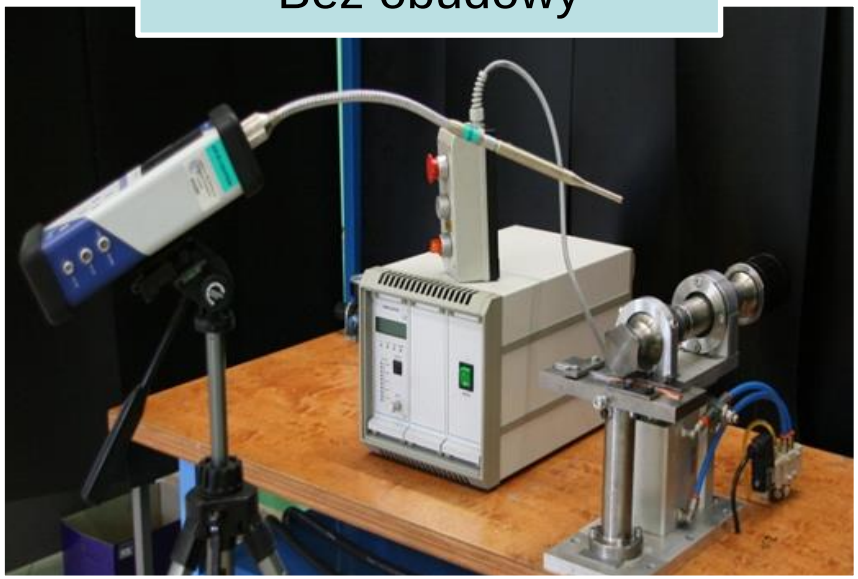
Zestawienie materiałów i parametrów technologicznych dla zgrzewania ultradźwiękowego zastosowane w badaniach

Oznaczenie złącza	Materiał zgrzewany (układ sonotroda/kowadełko)	Parametry technologiczne
A	Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 2800 Ws
B	Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 2400 Ws
C	EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 1520 Ws
D	EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 1520 Ws
E	EN AW 5251 (1,5 mm) + EN AW 5251 (1,5 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 1440 Ws
F	EN AW 5251 (1,0 mm)+ EN AW 5251 (2,0 mm)	Amplituda 16 µm Siła docisku 82 daN Energia 1440 Ws

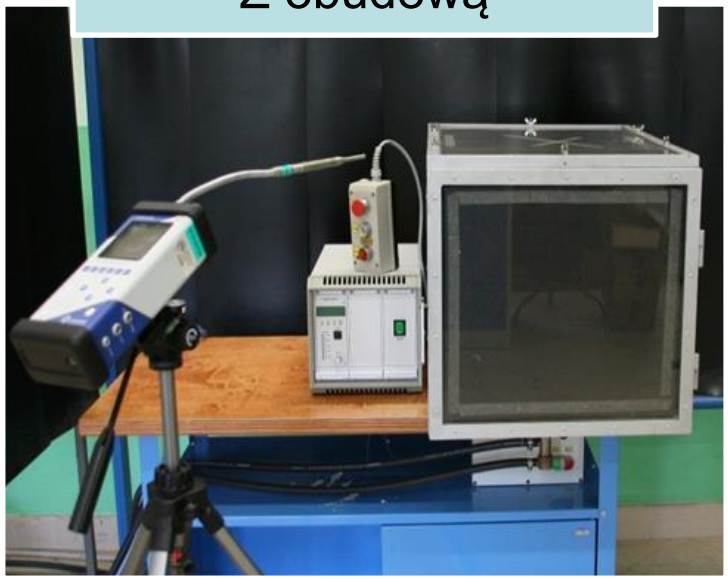
Stanowisko badawcze

Stanowisko dla pomiaru hałasu ultradźwiękowego i słyszalnego przy zgrzewaniu ultradźwiękowym metali

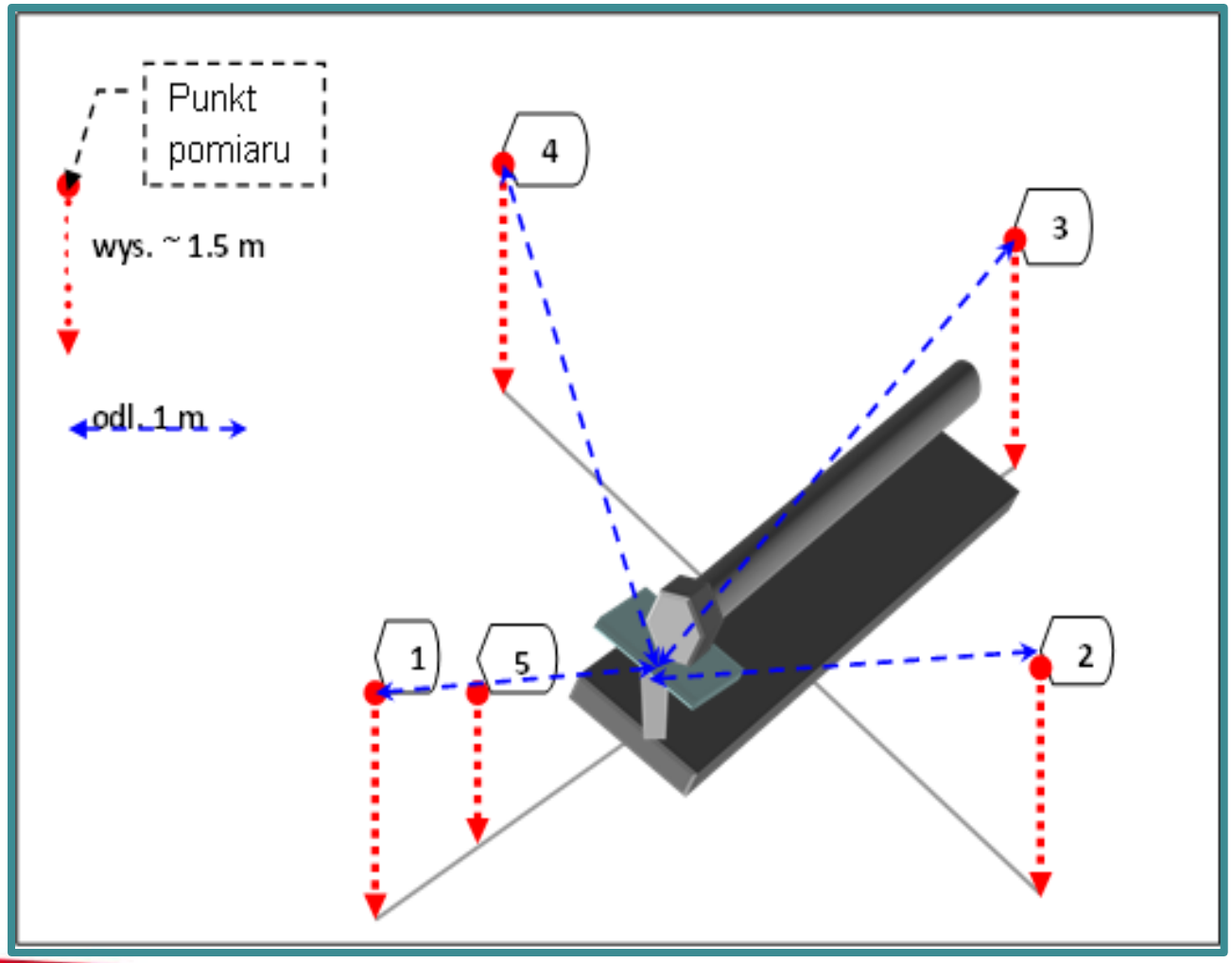
Bez obudowy



Z obudową



Lokalizacja punktów pomiarowych



W opcji pracy zgrzewarki bez obudowy pomiary wykonano w punktach 1,2,3,4

W opcji pracy zgrzewarki w obudowie pomiary wykonano w punktach 1 i 5.

Analiza wyników badań

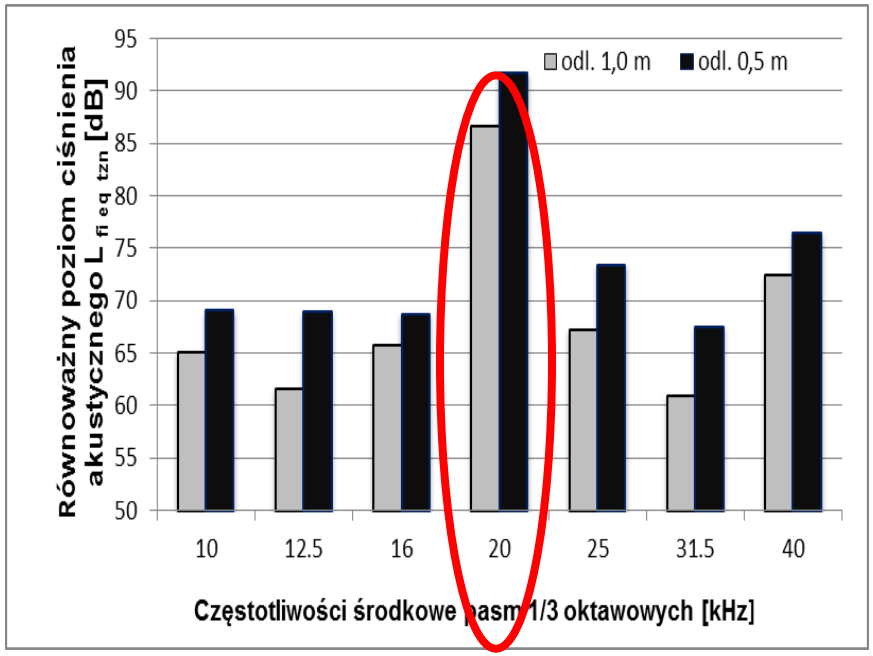
Rozkład częstotliwościowy hałasu ultradźwiękowego powstającego podczas procesu zgrzewania ultradźwiękowego

Wpływ zgrzewanego materiału na wielkość emitowanego hałasu

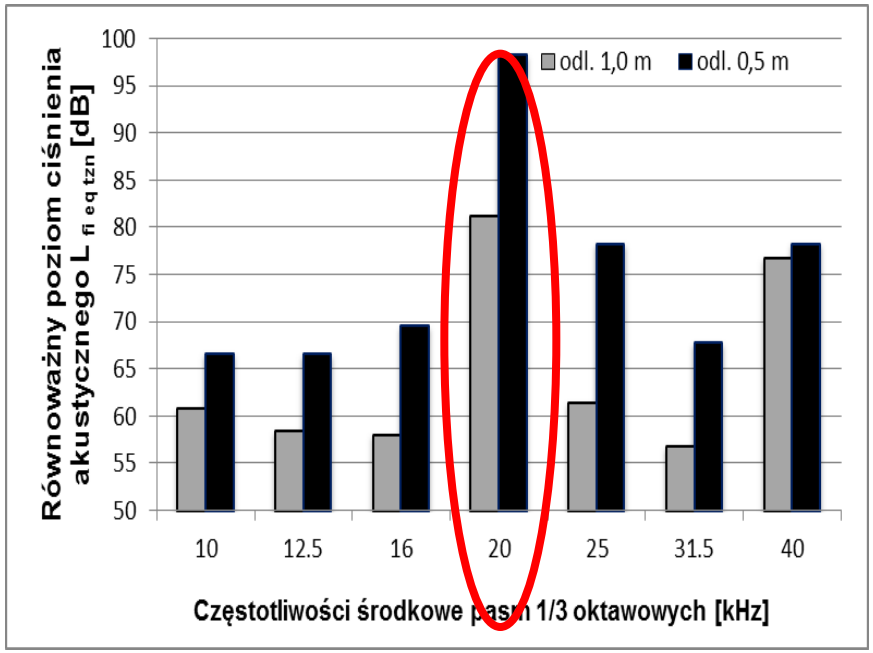
Wpływ zastosowanej obudowy zgrzewarki ultradźwiękowej na proces tłumienia hałasu ultradźwiękowego

Obliczenia symulacyjne poziomu ekspozycji na hałas ultradźwiękowy i hałas słyszalny odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy.

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego w 1/3 oktawowych pasmach częstotliwościowych hałasu ultradźwiękowego przy zgrzewaniu ultradźwiękowym stopu aluminium (zgrzewarka z obudową)

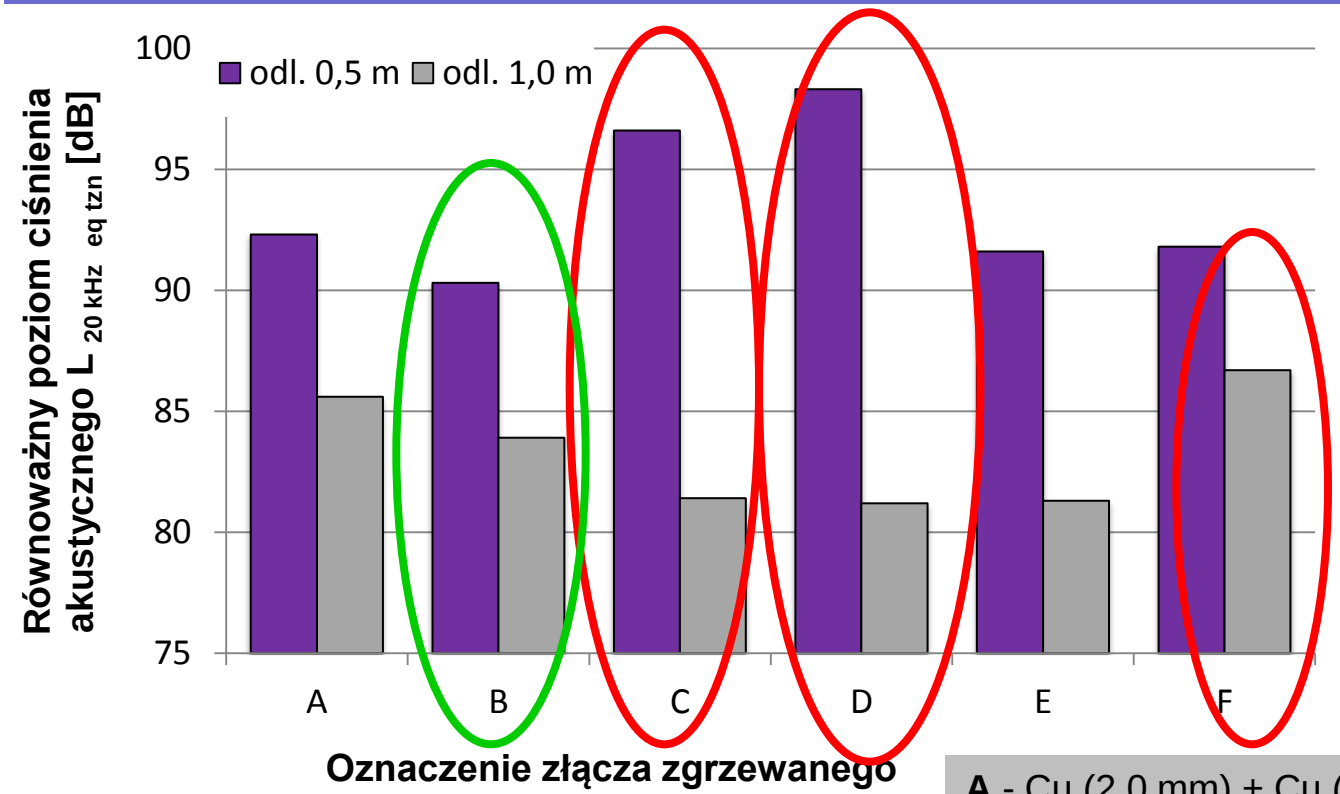


złącze EN AW 5251 (1,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)



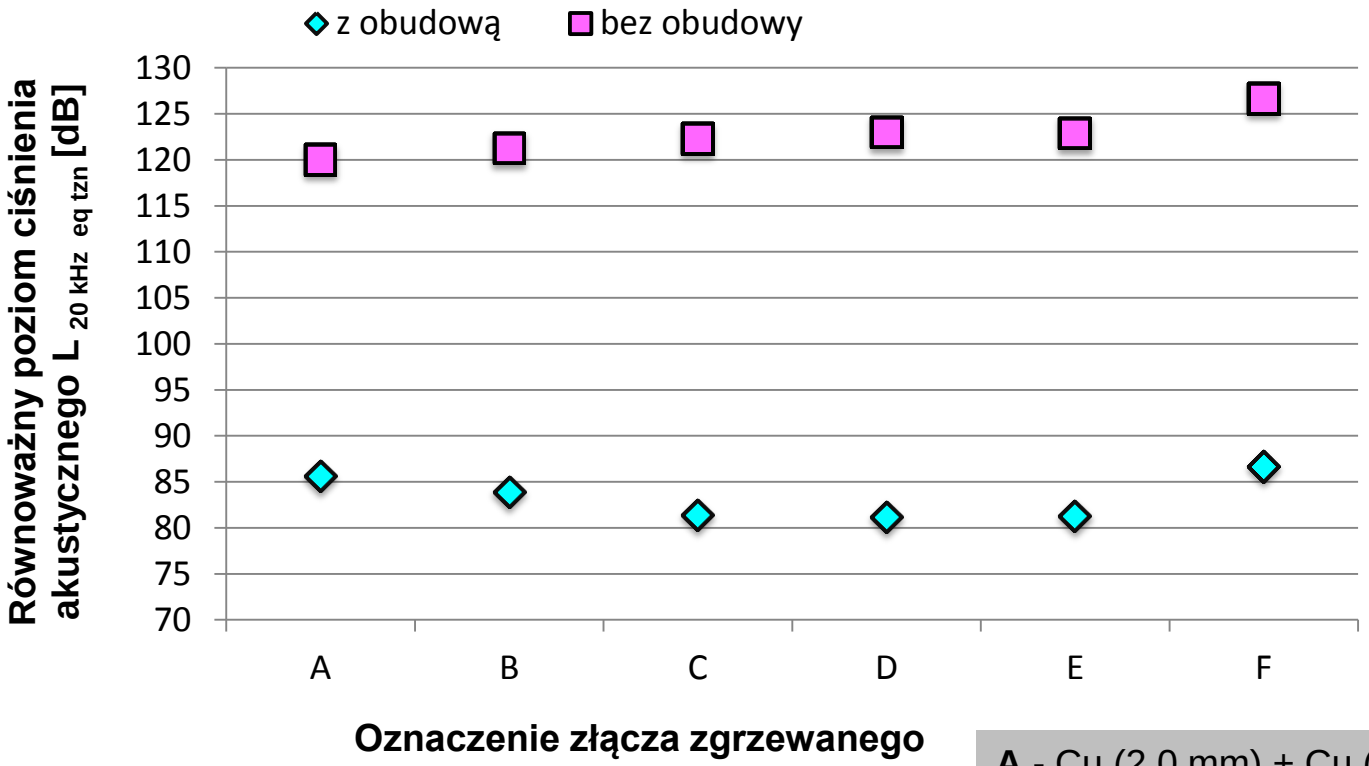
złącze EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego w dominującym 1/3 oktawowym paśmie częstotliwości hałasu ultradźwiękowego (20 kHz) przy zgrzewaniu różnych materiałów. Zgrzewarka ultradźwiękowa z obudową



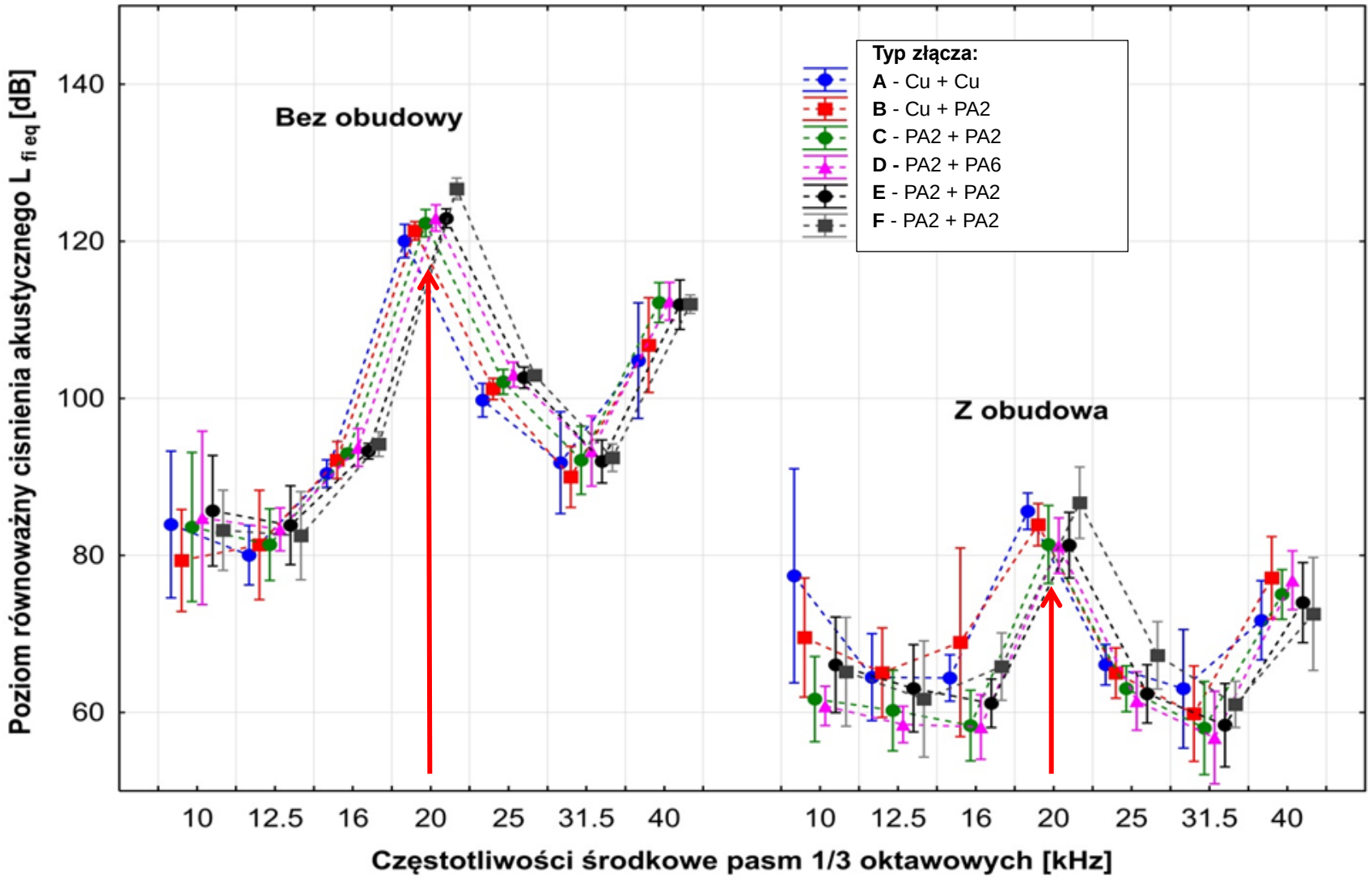
A - Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm),
B - Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
C - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
D - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)
E - EN AW 5251 (1,5 mm) + EN AW 5251 (1,5 mm)
F - EN AW 5251 (1,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego w dominującym tercjowym paśmie częstotliwości hałasu ultradźwiękowego o częstotliwości środkowej 20 kHz przy pracy zgrzewarki z obudową i bez obudowy. Pomiar w odległości 1m od zgrzewarki.



A - Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm),
B - Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
C - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
D - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)
E - EN AW 5251 (1,5 mm) + EN AW 5251 (1,5 mm)
F - EN AW 5251 (1,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)

Analiza widm poziomów ciśnienia akustycznego dla wszystkich badanych typów złączy zgrzewanych i dla pracy zgrzewarki w trybie z obudową i bez obudowy, w odległości pomiarowej 1 m



Obliczenia symulacyjne poziomu ekspozycji na hałas ultradźwiękowy i hałas słyszalny odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy.

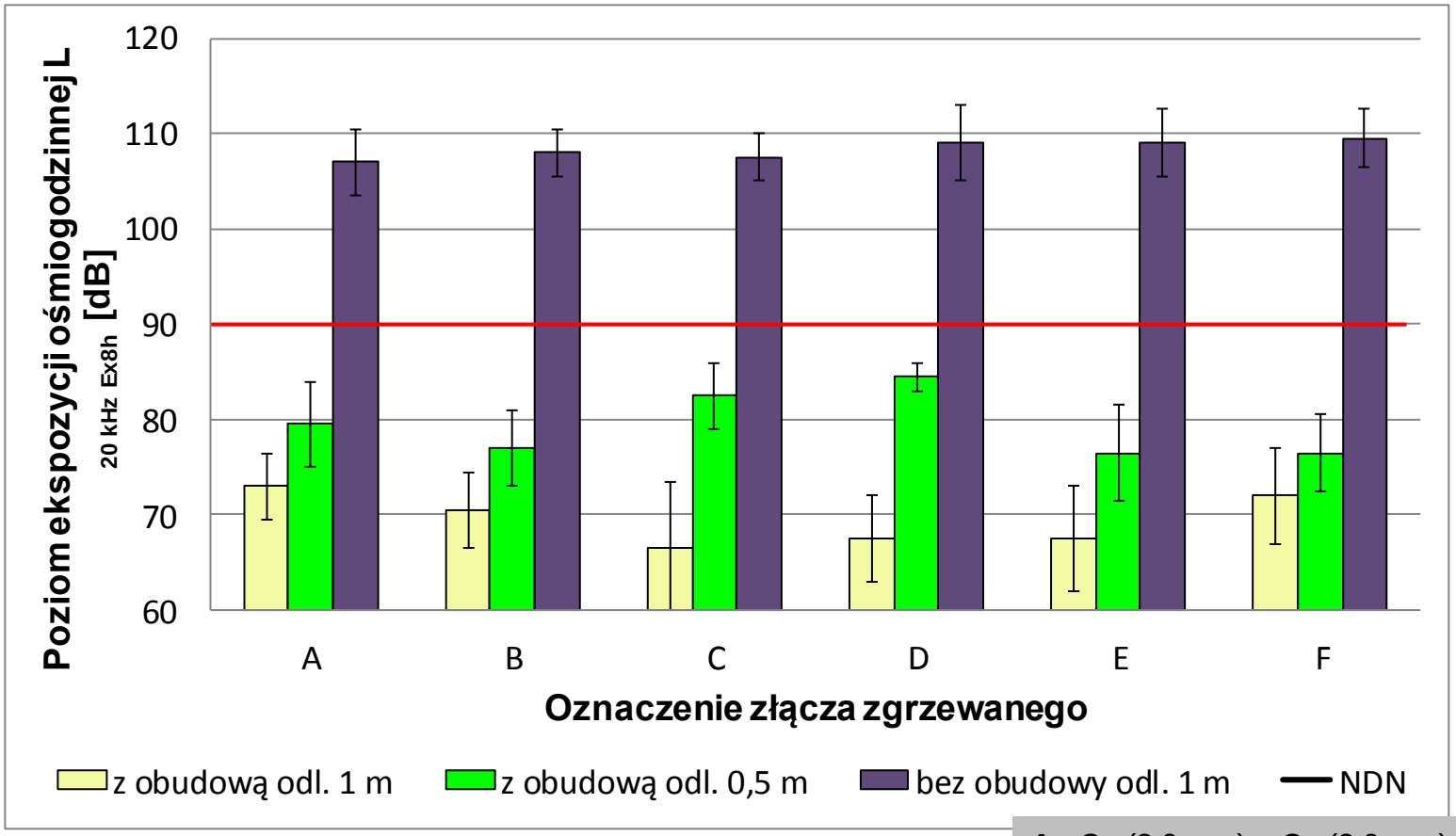
Założono, że w ciągu 8 godzin pracy wykonuje się od 500 do 1500 zgrzein.

Obliczenia wykonano dla dominującej częstotliwości hałasu ultradźwiękowego - 20 kHz oraz dla hałasu słyszalnego.

Wzięto pod uwagę opcje pracy zgrzewarki z obudową i bez obudowy.

Obliczenia symulacyjne wykonano dla stanowiska operatora (odległość 0,5 m od zgrzewarki) i strefy pracy obsługi (odległość 1,0 m od zgrzewarki)

*Poziom ekspozycji na **hałas ultradźwiękowy** dla częstotliwości 20 kHz odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy.*
Zgrzewarka ultradźwiękowa z obudową i bez obudowy.

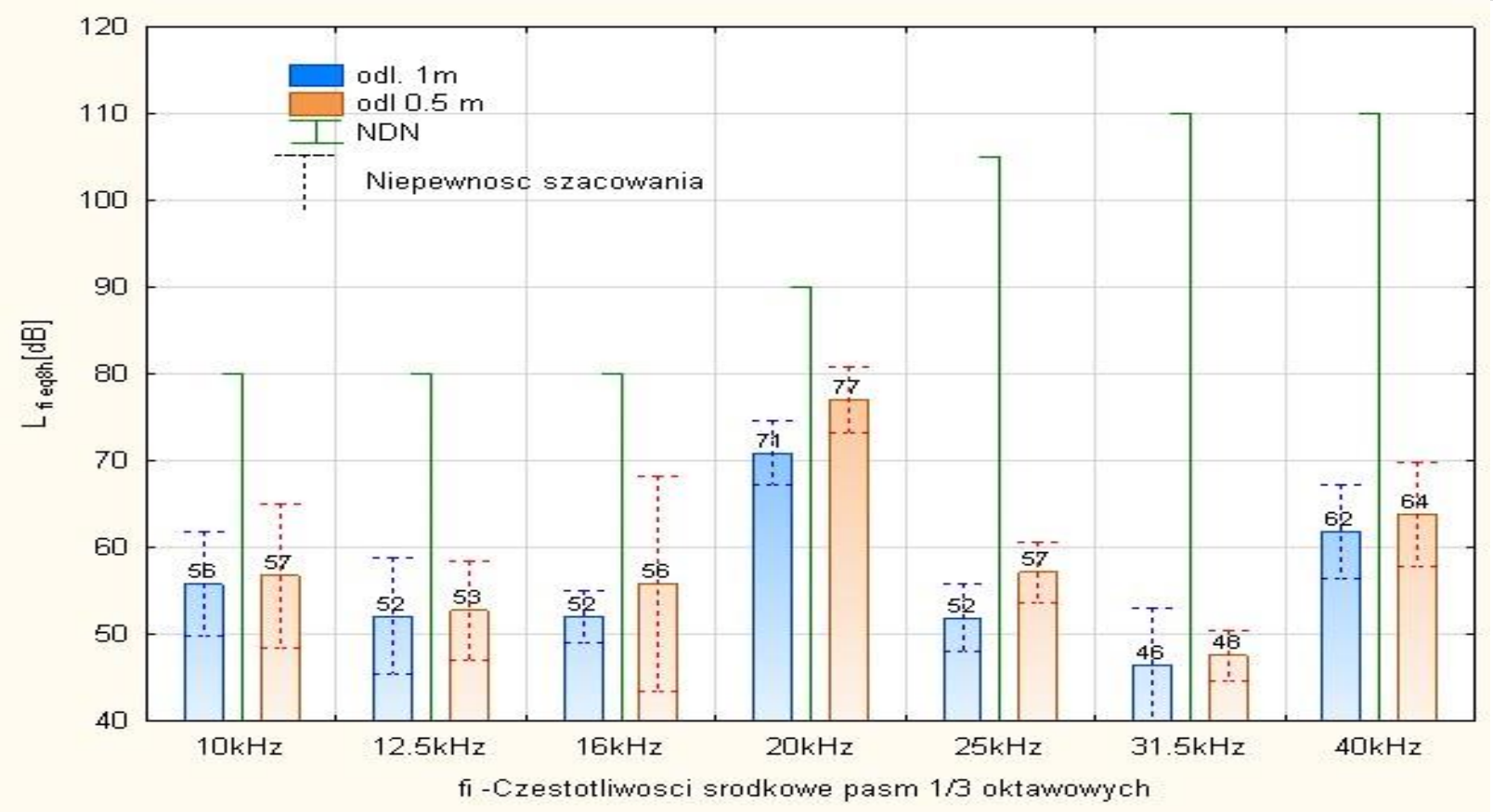


NDN

A - Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm),
B - Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
C - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
D - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)
E - EN AW 5251 (1,5 mm) + EN AW 5251 (1,5 mm)
F - EN AW 5251 (1,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)

*Poziom ekspozycji na **hałas ultradźwiękowy** odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy.*

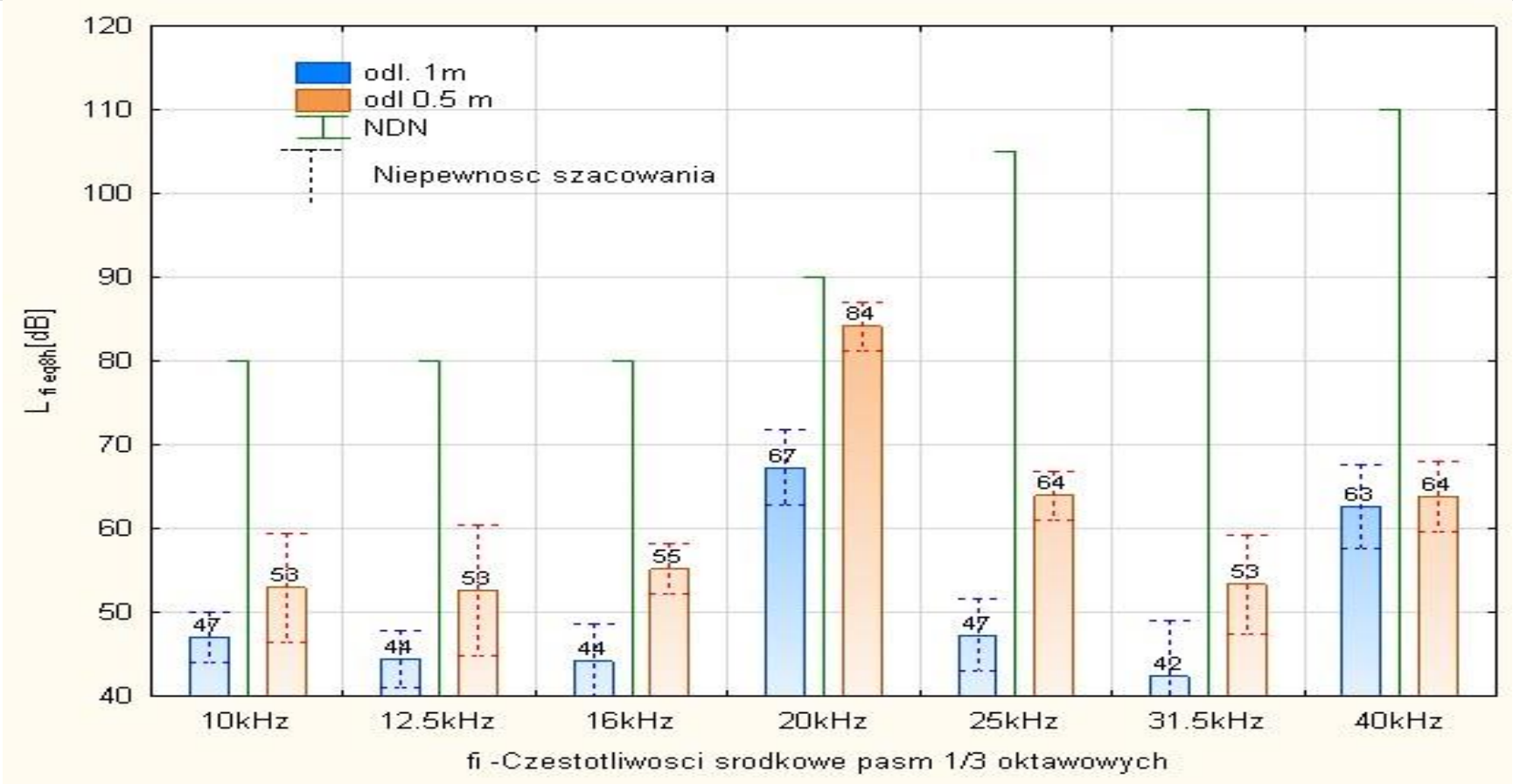
Zgrzewarka ultradźwiękowa z obudową.



Złącze typu : Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)

*Poziom ekspozycji na **hałas ultradźwiękowy** odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy.*

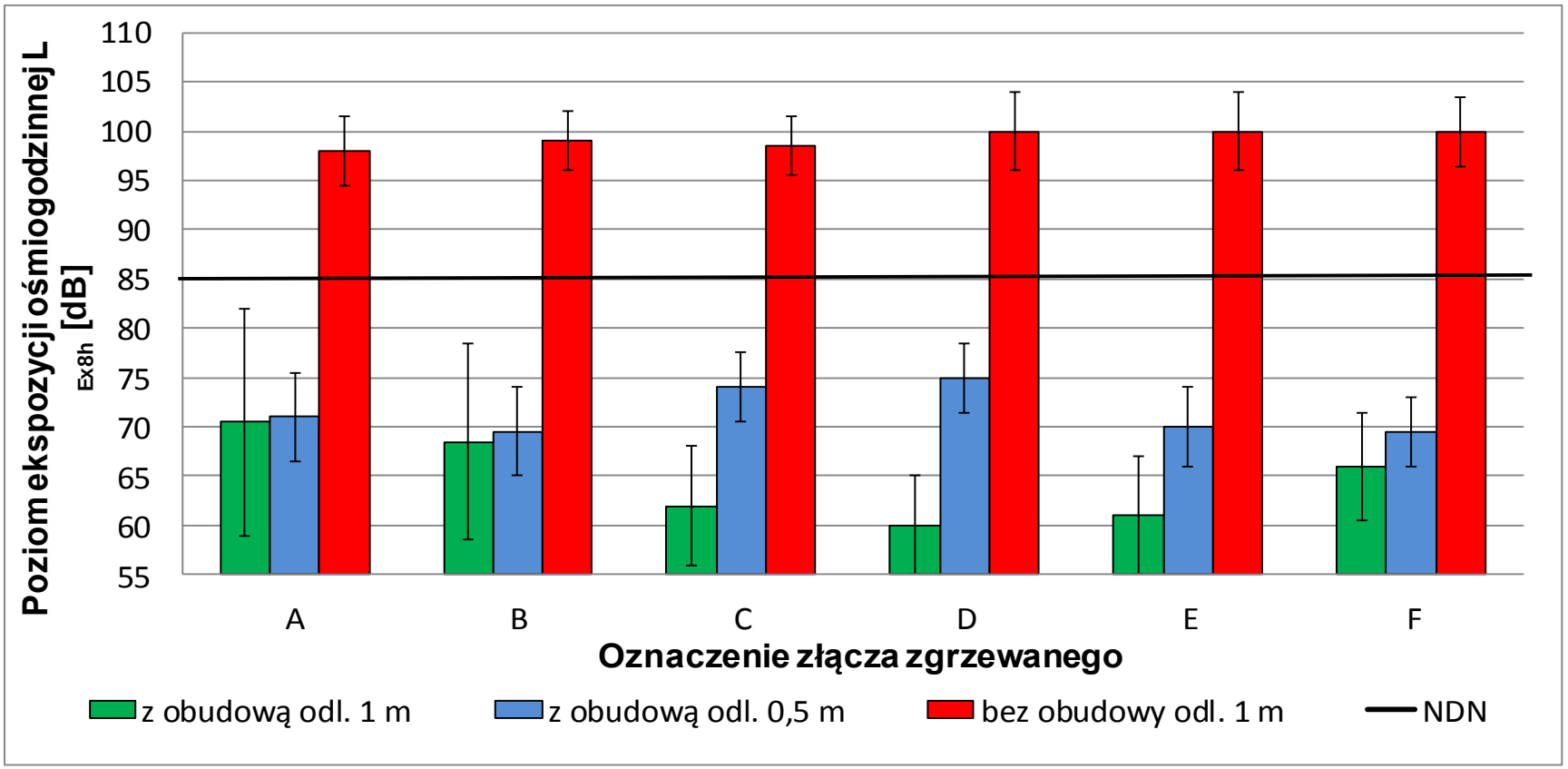
Zgrzewarka ultradźwiękowa z obudową.



Złącze typu: EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)

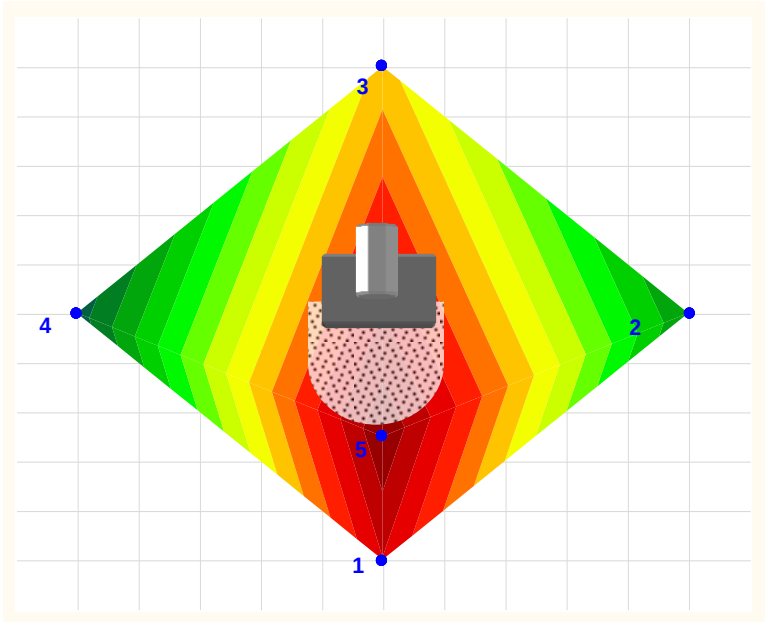
Poziom ekspozycji na hałas słyszalny odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy.

Zgrzewarka ultradźwiękowa z obudową i bez obudowy.



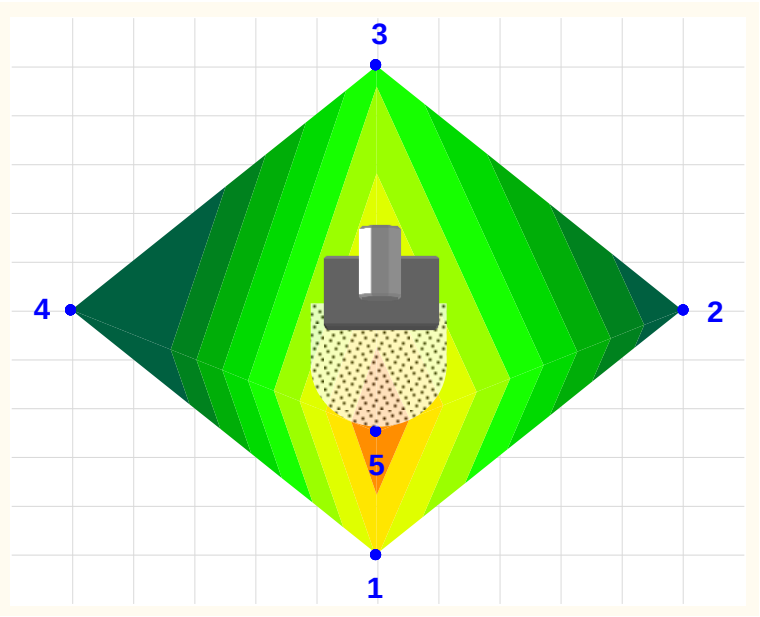
A - Cu (2,0 mm) + Cu (2,0 mm),
B - Cu (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
C - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)
D - EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm)
E - EN AW 5251 (1,5 mm) + EN AW 5251 (1,5 mm)
F - EN AW 5251 (1,0 mm) + EN AW 5251 (2,0 mm)

Rozkład przestrzenny na stanowisku zgrzewania poziomów ciśnienia akustycznego w tercji o częstotliwości środkowej 20 kHz.
Zgrzewarka pracuje w trybie bez obudowy.



< 112 < 114 < 116 < 118 < 120 < 122 < 124 > 124 [dB]

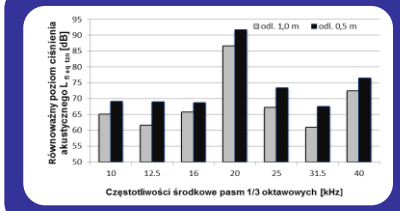
Rozkład przestrzenny poziomów ciśnienia akustycznego A.
Zgrzewarka pracowała w trybie bez obudowy



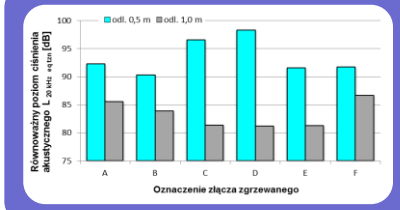
< 105 < 107 < 109 < 111 < 113 < 115 < 117 > 118 [dB]

EN AW 5251 (2,0 mm) + EN AW 2017 (2,0 mm

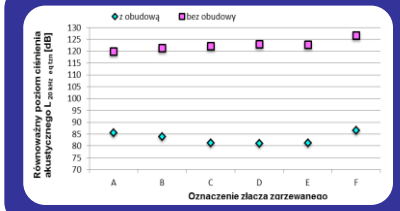
Wnioski



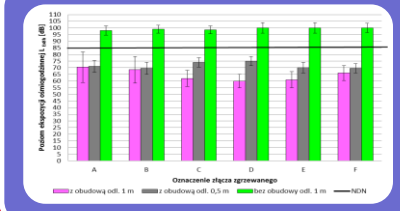
Przy zgrzewaniu ultradźwiękowym najwyższe wartości ciśnienia akustycznego występują w paśmie częstotliwości pracy generatora zgrzewarki ultradźwiękowej – 20 kHz.



Przy zgrzewaniu ultradźwiękowym spośród badanych połączeń zakładkowych najwyższy poziom ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego występuje przy jednoimiennych połączeniach typu aluminium + aluminium, natomiast najniższy przy różnoimiennych połączeniach typu miedź + aluminium.



Zastosowanie obudowy wpływa na obniżenie poziomów ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego; w dominującym 1/3 oktawowym paśmie częstotliwości hałasu ultradźwiękowego – 20 kHz o ok. 40 dB.



Przy zgrzewaniu ultradźwiękowym z badanych połączeń najwyższy równoważny poziom dźwięku A występuje przy połączeniach jednoimiennych typu aluminium + aluminium, natomiast najniższy przy zgrzewaniu połączeń różnoimiennych typu miedź + aluminium.

Zalecenia techniczne

W procesie projektowania technologii zgrzewania ultradźwiękowego metali należy uwzględnić wpływ rodzaju łączonych materiałów na poziom ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego i słyszalnego. Zgrzewanie ultradźwiękowe aluminium związane jest z wysokim poziomem ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego i słyszalnego.

Na stanowiskach zgrzewania ultradźwiękowego metali należy stosować obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne.

W przypadku pracy zgrzewarki ultradźwiękowej bez obudowy na stanowisku pracy operatora zgrzewarki istnieje ryzyko przekroczenia NDN (Najwyższych Dopuszczalnych Natężeń) dla hałasu ultradźwiękowego i hałasu słyszalnego.

W przypadku pracy zgrzewarki ultradźwiękowej bez obudowy pracownik obsługujący urządzenie – operator powinien bezwzględnie stosować indywidualne ochronniki słuchu.

W przypadku pracy zgrzewarki ultradźwiękowej bez obudowy stanowiska pracy zlokalizowane wokół zgrzewarki powinny być ekranowane przegrodami dźwiękochłonnymi. Na stanowiskach pracy zlokalizowanych wokół zgrzewarki ultradźwiękowej bez obudowy istnieje ryzyko przekroczenia NDN dla hałasu ultradźwiękowego i hałasu słyszalnego.

Zalecenia techniczne

Przy pracy zgrzewarki z obudową na stanowisku pracy operatora może wystąpić ryzyko przekroczenia NDN dla hałasu ultradźwiękowego i hałasu słyszalnego. Ryzyko przekroczenia NDN dla hałasu ultradźwiękowego i hałasu słyszalnego zależy od chronometrażu pracy oraz warunków technologicznych zgrzewania.

W pomieszczeniach produkcyjnych, w których znajduje się zgrzewarka ultradźwiękowa, pozostałe stanowiska pracy powinny zostać usytuowane w możliwie największej odległości od zgrzewarki.

Zgrzewarki ultradźwiękowe należy usytuować jak najdalej od ścian i innych powierzchni odbijających.

W przypadku pracy kilku zgrzewarek ultradźwiękowych w pomieszczeniu należy je zgrupować i ekranować w celu ograniczenia zasięgu hałasu ultradźwiękowego.

W przypadku obsługi ręcznej zgrzewarki ultradźwiękowej kiedy jest możliwy kontakt operatora ze zgrzewanym elementem metalowym należy stosować rękawice ochronne. W przypadku korzystania z oprzyrządowania mocującego zgrzewany element, operator powinien trzymać ręce jak najdalej od zgrzewanego elementu.

W celu ochrony pracowników przed hałasem ultradźwiękowym zalecane jest wprowadzanie automatyzacji/mechanizacji procesów zgrzewania ultradźwiękowego metali.

Zalecenia organizacyjne

- skracanie czasu pracy w obszarze zagrożenia hałasem ultradźwiękowym do możliwego minimum w czasie zmiany roboczej,
- stosowanie przerw w pracy przez okresowe wyłączanie zgrzewarek ultradźwiękowych,
- stosowanie, właściwy dobór oraz kontrola stosowania ochronników słuchu,
- ograniczanie liczby osób przebywających w pomieszczeniach, w których pracują zgrzewarki ultradźwiękowe,
- oznakowanie pomieszczeń w których pracują zgrzewarki ultradźwiękowe w celu ochronny innych pracowników,
- wydzielanie pomieszczeń na odpoczynek pracowników obsługujących zgrzewarki ultradźwiękowe,
- przenoszenie do pracy na innych stanowiskach osób szczególnie wrażliwych na działanie ultradźwięków,
- informowanie pracowników o zagrożeniu hałasem ultradźwiękowym i słyszalnym i skutkach dla zdrowia i bezpieczeństwa pracy,
- szkolenie pracowników w zakresie poprawnego i bezpiecznego stosowania zgrzewarek ultradźwiękowych.

INSTYTUT SPAWALNICTWA
Polskie Spawalnicze Centrum Doskonałości

dr inż. Jolanta Matusiak
e-mail: jolanta.matusiak@is.gliwice.pl

mgr Piotr Szłapa

e-mail: p.szlapa@imp.sosnowiec.pl

ul. Błogosławionego Czesława 16-18
44-100 GLIWICE
tel.: 32 33 58 267; fax: 32 231 46 52
http://www.is.gliwice.pl