

KONSTRUKCJA SZCZELINY LUTOWNICZEJ A ZJAWISKA KOROZJI

CLEARANCE CONSTRUCTION IN BRAZED JOINTS AND CORROSION EFFECTS

W procesach lutowania i lutospawania ważną rolę odgrywają czynniki konstrukcyjne i technologiczne. Istotne znaczenie dla konstrukcji i wytrzymałości złącza jest odpowiedni kształt oraz szerokość szczeliny. Przez dobór szerokości szczeliny można wpłynąć na wytrzymałość złączy oraz ich podatność na wystąpienie korozji. Przedstawiono przykłady zróżnicowanej konstrukcji złączy, a także skutki nieprawidłowego przygotowania krawędzi łączonych rur. Zamieszczono następujące przykłady złączy: z sanitarnej instalacji miedzianej znajdującej się we Wrocławiu (od 1920 r.), konstrukcji stalowych grzejników łazienkowych i instalacji wykonanej ze stalowych rur ocynkowanych.

Słowa kluczowe: lutowanie, lutospawanie, konstrukcja złącza, szerokość szczeliny, zjawiska korozji

In soldering and braze welding processes constructional and technological factors play an important role. Proper shape and width of the clearance is essential for construction and resistance of the joints. Modification of clearance width can influence on joint resistance and susceptibility to corrosion. Examples of different joint construction and effects of incorrect pipes edges preparation are presented. The following examples are presented: joints in Wrocław copper sanitary system (since 1920), joints in structure of bathroom steel heaters and joints in systems made from galvanizing steel pipes.

Keywords: soldering, braze welding, joint construction, clearance width, corrosion effects

1. Wstęp

Na własności połączeń lutowanych wpływa wiele czynników konstrukcyjnych i technologicznych. Należą do nich: konstrukcja złącza lutowanego, przygotowanie powierzchni, metody i parametry lutowania oraz postać i właściwości materiałów lutowniczych [7 - 9]. W przypadku konstrukcji złącza olbrzymie znaczenie ma szerokość szczeliny lutowniczej. Wpływa ona na budowę strukturalną lutownicy i własności mechaniczne złączy we wszystkich procesach lutowania. Należy podkreślić, że zwłaszcza podczas łączenia materiałów różnoimiennych szczelina lutownicza ma fundamentalne znaczenie dla uzyskania funkcjonalnego połączenia lutowanego [7 - 9]. Ukształtowanie szczeliny lutowniczej czy też odstępu w lutospawaniu i ich wypełnienie lutem odgrywa istotną rolę w odporności złączy na korozję.

2. Lutowanie miedzianych instalacji sanitarnych

Dobór szerokości szczeliny lutowniczej powinien być poprzedzony analizą zjawisk fizykochemicznych w procesach spajania materiałów, szczególnie materiałów różnoimiennych. Punktem wyjścia do oceny lutowności materiałów jest znajomość zjawisk powierzchniowych. W przypadku spajania materiałów szczególnie o różnych właściwościach fizycznych należy wziąć pod uwagę przede wszystkim ich rozszerzalność liniową. Ma ona decydujący wpływ na zachowanie się szczeliny, która zmienia się podczas nagrzewania obydwu materiałów od temperatury otoczenia do temperatury lutowania [8].

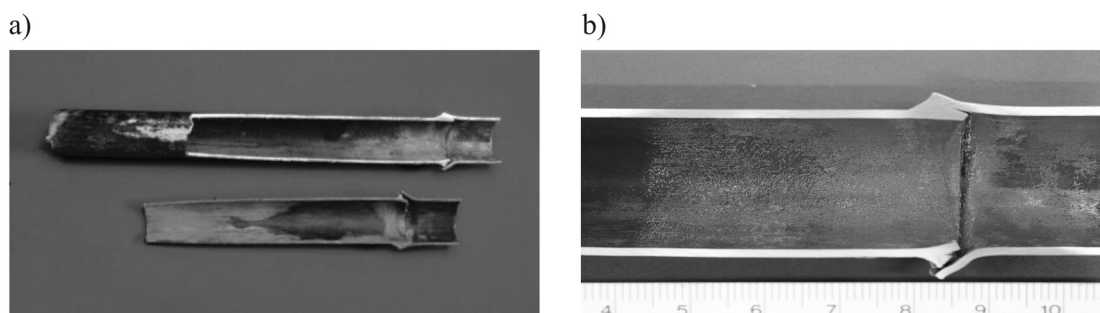
Kolejną cechą charakterystyczną dla konstrukcji złącza lutowanego jest kształt połączenia dotyczący wykonanej szczeliny. Niedopuszczalne są szczeliny o kształcie klina, gdyż taka konstrukcja uniemożliwia

kapilarne wypełnienie szczeliny lutowniczej. Charakterystyczny wygląd złącza ze szczeliną rozwartą pokazuje rysunek 1 a i b.

Przedstawione wyżej złącze pochodzi z instalacji wody zimnej wykonanej w 1920 r. we Wrocławiu. Jest to złącze wykonane właściwie przez lutowanie gazowe przy użyciu lutu mosiężnego. Instalacja ta funkcjonuje do dnia dzisiejszego, a rura miedziana pobrana do badań jest gładka, bez wżerów i innej korozji lokalnej. Podczas przeprowadzanych badań, przy wzłużnym cięciu złącza, nastąpiło jednak rozdzielenie połączenia po jednej stronie. Jest to wynikiem małej wytrzymałości mechanicznej złącza w obszarze zbyt szerokiej szczeliny lutowniczej.

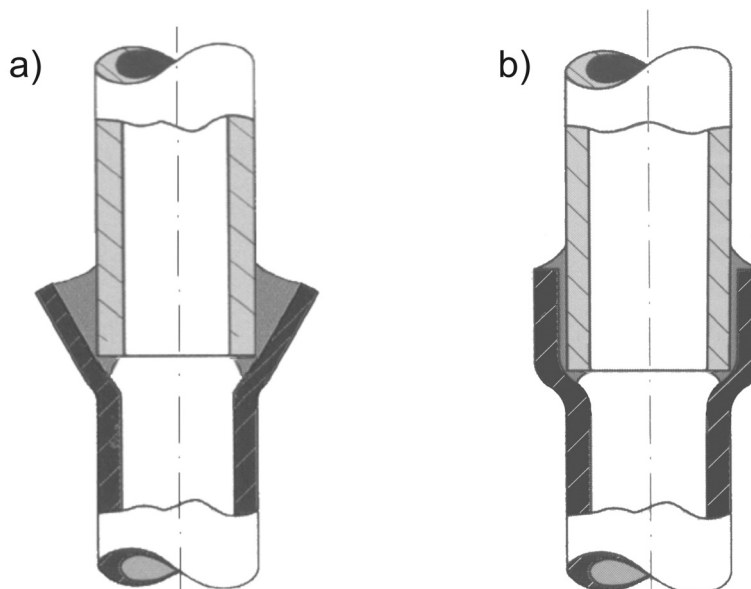
Obecnie przygotowanie szczeliny o kształcie klina w miedzianych instalacjach sanitarnych (rys. 2a) jest

już niedopuszczalne. Obok utraty własności kapilarnych lutu w takich szczelinach, występuje duże prawdopodobieństwo braku szczelności połączenia przez pory i braki wypełnienia. Dochodzi również do nadmiernego zużycia dodatkowych materiałów lutowniczych. Skutkiem wadliwego przygotowania rur do lutowania jest częste zmniejszenie przekroju czynnego, występujące zawirowania przepływu, szumy, straty ciśnienia oraz erozja połączenia [7]. W przypadku lutowania może dojść do podobnych zjawisk przez nadmierny wyciek lutowia po wewnętrznej stronie złącza. Obecnie w łączeniu instalacji sanitarnych z miedzi rury i złączki o średnicy do 28 mm włącznie powinny być przygotowane do lutowania miękkiego ze szczeliną równoległą o szerokości 0,05 – 0,20 mm (rys. 2 b) [7].



Rys. 1. Konstrukcja złącza lutowanego ze szczeliną rozwartą (1920 r.): a) wycinek złącza z instalacji miedzianej, b) złącze lutowane [7, 10]

Fig 1. Braze joint structure with obtuse clearance (1920): a) part of joint from copper system, b) braze welding joint [7, 10]

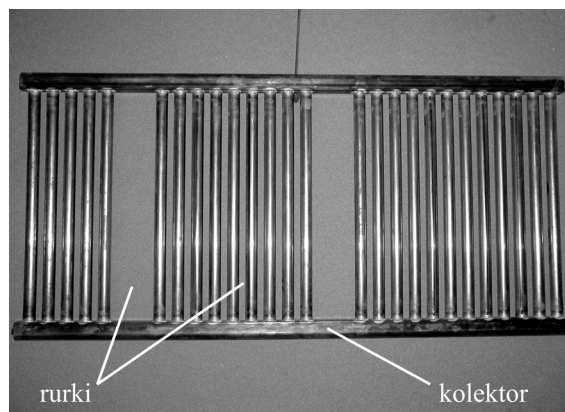


Rys. 2. Schemat konstrukcji szczeliny lutowniczej złącza kielichowego: a) niedopuszczalna szczelina rozwartą, b) zalecana szczelina równoległa

Fig. 2. Schematic of clearance construction in braze joints in socket joint: a) inadmissible obtuse clearance, b) recommended parallel clearance

3. Lutowanie i lutospawanie stalowych grzejników łazienkowych

W konstrukcji stalowych grzejników łazienkowych łączenie kolektora z rurkami stalowymi (rys. 3) odbywa się najczęściej za pomocą procesów lutowania.

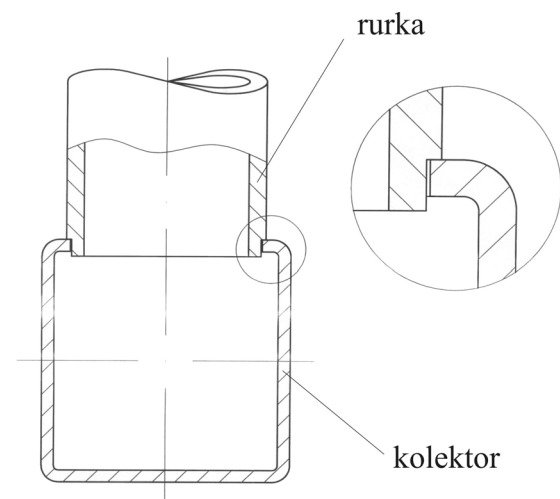


Rys. 3. Konstrukcja stalowego grzejnika łazienkowego [6]

Fig. 3. Construction of bathroom steel heaters [6]

Istotne znaczenie dla pracy grzejnika ma konstrukcja elementów w obszarze łączenia, a także właściwości lutownicze spoiwa i zastosowana osłona przed utlenianiem [6].

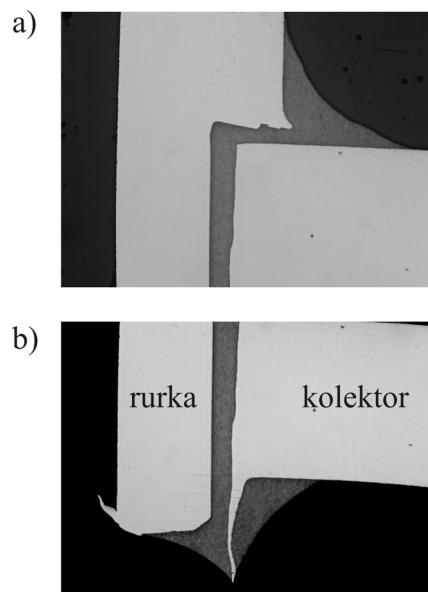
Konstrukcja elementów grzejnika przygotowanych do lutowania, pokazana na rysunku 4, jest korzystna z punktu podstawowych zjawisk lutowania. Rura o średnicy 22 x 1,5 mm jest lutowana z kolektorem o przekroju kwadratowym 30 x 30 x 1,2 mm.



Rys. 4. Schemat przygotowania kolektora z rurką stalową do lutowania

Fig. 4. Preparation process schematic of collector with steel pipe for soldering process

Tak wykonane złącze, o szerokości szczeliny do 0,30 mm, jest dobrze wypełnione lutem (rys. 5 a, b).



Rys.5. Złącze lutowane w konstrukcji grzejnika łazienkowego: a) lico lutownicy, b) dolna część złącza [6]

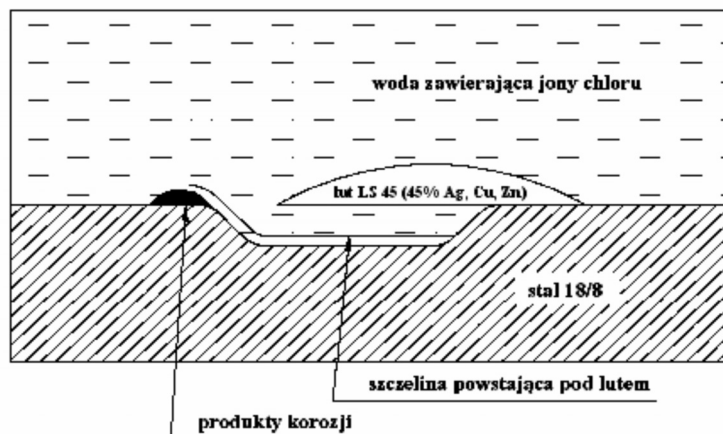
Fig. 5. Brazed joint in bathroom heater structure: a) front of braze joint, b) bottom part of the joint [6]

Nie usunięty grat po wierceniu otworu w kolektorze sprzyja kapilarnemu wypełnieniu szczeliny. Jednak, takie niedopatrzanie (zaniedbanie) jest niepożądane zarówno z punktu zawężenia przekroju czynnego, zużycia większej ilości lutu jak i pojawienia się niepożądanych zjawisk korozji [1, 6].

Szczególnie narażone na powstanie korozji są tu instalacje wodne, zasilane wodą zawierającą jony chloru. Otwarte złącze lutowane w kontakcie z wodą chlorowaną staje się ogniwem elektrochemicznym.

Grzejniki łazienkowe są wykonywane zwykle z niskowęglowej stali konstrukcyjnej, coraz częściej stosuje się jednak chromowo – niklowe stale kwasoodporne typu 18/8. Niekorzystne jest połączenie takiej stali z lutem srebrnym, który stanowi tu metal bardziej szlachetny. W reakcjach elektrochemicznych rolę katody spełnia lut, natomiast rolę anody – stal wysokostopowa, która ulega procesowi rozpuszczania [11].

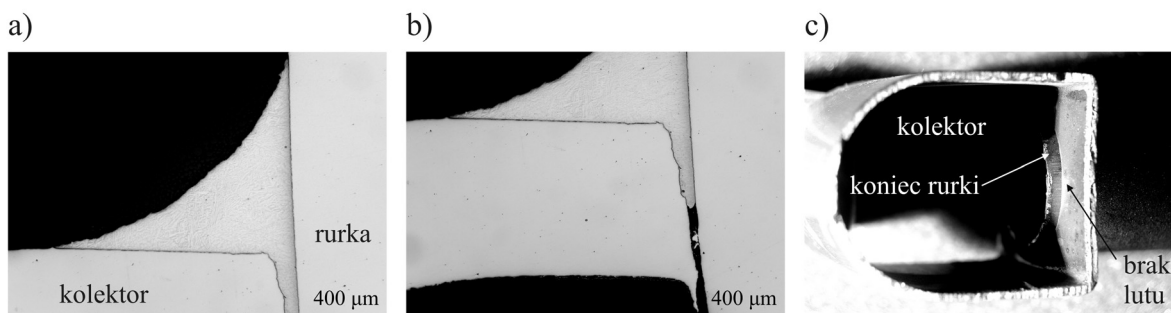
Dochodzi wtedy do zjawiska korozji nożowej, pokazanej schematycznie na rysunku 6. Opóźnienie wystąpienia zjawiska korozji nożowej zaobserwowano w złączu ze stali X10CrNiMoTi1810 przy użyciu lutu srebrnego B – Ag56CuInNi-620/730 według ISO 3677, nie zawierającego cynku i kadmu [12].



Rys. 6. Schemat korozji nożowej w złączu lutowanym ze stali kwasoodpornej [12]
 Fig. 6. Scheme of knife – line attack in brazed joint made from acid-proof steel [12]

W celu uniknięcia korozji wskazany jest brak kontaktu złączka z jonami chloru, które znajdują się w wodzie. Konstrukcja złączka pokazana na rysunku 7 w znacznym stopniu to umożliwia, gdyż występuje tu odstęp o kształcie klina, a nie klasyczna szczelina równoległa [6].

Jedną z najczęściej stosowanych technologii łączenia stalowych rur ocynkowanych jest lutowanie gazowe. Zamiast klasycznych topników dających szklisty, silnie przyczepny żużel potopnikowy, coraz częściej stosowany jest topnik lotny. W tym

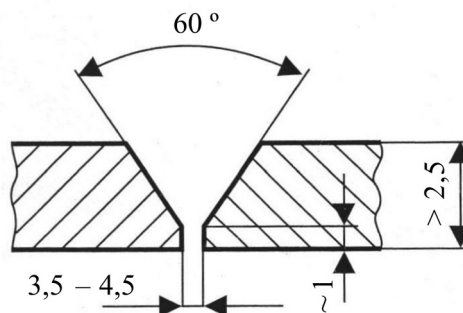


Rys. 7. Złącze lutospawane z konstrukcją szczeliny o kształcie klina: a), b) w stanie nietrawionym, c) widok złącza od wewnątrz [6]
 Fig. 7. Brazed joint with wedge shaped clearance: a), b) unetched, c) internal view of the joint [6]

Rura stalowa o średnicy 26 x 1,0 mm, użyta do łączenia, jest na końcu zwężona w taki sposób, że udaje się ją wcisnąć do oporu w wytłaczany otwór w kolektorze. Złącze powstaje w dużym stopniu przez lutowanie, a uzyskana spoina z lutu mosiężnego L – CuZnMnSn zapewnia połączeniu szczelność i wytrzymałość mechaniczną. Zastosowanie topnika lotnego w procesie łączenia ogranicza kapilarne wpłynięcie lutu do szczeliny.

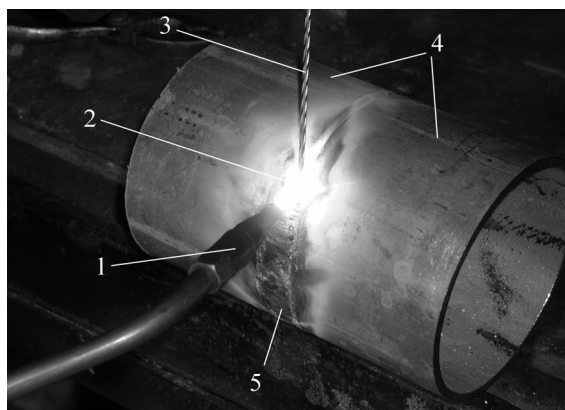
4. Lutowanie stalowych rur ocynkowanych

Rury stalowe ocynkowane, o grubości ścianki powyżej 2,5 mm przygotowane są do lutowania, zgodnie z rysunkiem 8.



Rys. 8. Przygotowanie stalowych rur ocynkowanych do lutowania [2]
 Fig. 8. Preparation process of galvanizing steel pipes for braze welding [2]

przypadku związkami boru nasycony jest płomień gazowy (rys. 9).



Rys. 9. Schemat lutospawania gazowego stalowej rury ocynkowanej przy użyciu topnika lotnego: 1 - palnik gazowy, 2 - utleniający płomień gazowy z topnikiem lotnym, 3 - lut Drilldraht, 4 - stalowe rury ocynkowane, 5 - lutospoina [9]

Fig. 9. Schematic of gas braze welding of galvanizing steel pipe using volatile flux: 1 - torch, 2 - oxidizing gas flame with volatile flux, 3 - Drilldraht solder, 4 - galvanizing steel pipes, 5 - solder weld [9]

Pozostałości topnika lotnego nie są korozyjnie czynne (nie wywołują korozji) i łatwo można je usunąć przez splukanie wodą [9]. Temperatura aktywnego działania topnika lotnego leży w zakresie 750 – 950 °C i jest dopasowana głównie do lutów mosiężnych, które powszechnie stosowane są w procesach lutospawania gazowego [9].

Jako lutu użyto spoiwa mosiężnego Drilldraht (CU 106 według DIN EN 1044 i B – Cu59ZnSn(Ni)(Mn)(Si) – 870/890 według DIN EN ISO 3677) [3], o temperaturze topnienia 870 – 890 °C. Konstrukcja spoiwa polega na skręceniu czterech drutów o średnicy 1,0 mm, między którymi znajduje się niewielka ilość topnika.

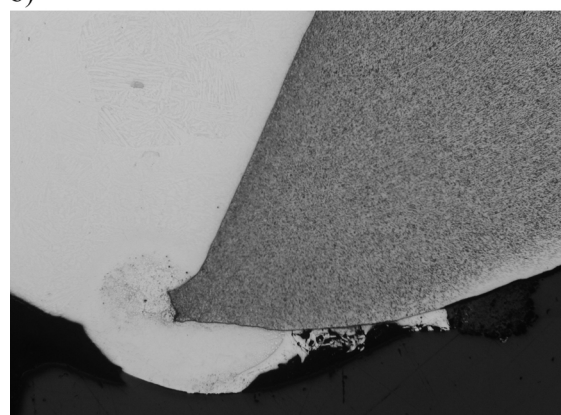
Niewłaściwe przygotowanie powierzchni krawędzi stalowych rur ocynkowanych o średnicy 114,3x4,0 mm prowadzi do uzyskania wadliwych złączy lutospawanych (rys. 10 a, b). Dolne krawędzie rur wywinięte są do wewnątrz, co po uzyskaniu złącza powoduje wyraźne zmniejszenie średnicy czynnej przewodu. Nadmierny wyciek lutowia w grani (rys. 10 b) umożliwia ponadto powstanie warunków sprzyjających korozji.

Podczas przepływu wody w tak wykonanych instalacjach stalowych rur ocynkowanych występuje niebezpieczeństwo erozji lutowia mosiężnego i wytrącenia się cząstek miedzi, które osadzają się na powłoce

a)



b)



Rys. 10. Złącza lutospawane stalowych rur ocynkowanych po wadliwym przygotowaniu krawędzi rur (a), fragment grani lutospoiny (b) [5]

Fig. 10. Braze welding joint of galvanizing steel pipe after incorrect pipes edges preparation process (a) fragment of the root of weld (b) [5]

cynekowej za lutospoiną. Może to doprowadzić w krótkim czasie do powstania korozji wżerowej [4].

5. Podsumowanie

Konstrukcja szczeliny lutowniczej odgrywa podstawową rolę w procesach lutowania. Szerokość szczeliny powinna umożliwić jej kapilarne wypełnienie lutem. W procesach lutowania miedzianych instalacji sanitarnych, przygotowanie rur i złączy powinno zapewnić uzyskanie szczeliny równoległej.

W określonych przypadkach, np. w konstrukcji stalowych grzejników łazienkowych, szczelina o kształcie klina uniemożliwia bezpośredni kontakt złącza złożonego z różnych materiałów z agresywnym oddziaływaniem wody chlorowanej. Złącze powstaje przede wszystkim w wyniku procesu lutospawania.

Lutowanie stosowane jest zwykle do łączenia stalowych rur ocynkowanych. Nie występuje już tutaj klasyczna szczelina lecz odstęp i przygotowanie krawędzi na V, podobnie jak przy spawaniu. Niewła-

ściwe przygotowanie krawędzi łączonych rur sprzyja uzyskiwaniu wadliwych złączy i uwrażliwianiu ich na zjawiska korozji wżerowej.

6. Literatura

- [1] Baszkiewicz J., Kamiński M.: *Podstawy korozji materiałów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [2] Castolin – Eutectic: *Technologia lutowanych rur ocynkowanych*, Prospekt firmowy, 2001.
- [3] Chemet: *Lieferprogramm*, Wirges (Niemcy) 2004.
- [4] Lingscheidt G.: *Hartlöten verzinkter Rohre und Profile*, Metall, nr 4, 1979, s. 365 – 369.
- [5] Mirski Z., Granat K.: *Lutowanie gazowe ocynkowanych rur stalowych*, Przegląd Spawalnictwa, 2003, nr 2 – 3, s. 19 – 21.
- [6] Mirski Z., Granat K.: *Lutowanie twarde stalowych grzejników łazienkowych*, Przegląd Spawalnictwa, 2004, nr 8 – 9, s. 23 – 26.
- [7] Mirski Z.: *Spajanie termiczne instalacji miedzianych*, Polski Instalator, 2001, nr 4, s. 14 – 20.
- [8] Mirski Z.: *Sterowanie szerokością szczeliny lutowniczej w procesach spajania materiałów różnoimiennych*, Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej, seria: Monografie nr 22, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [9] Mirski Z., Bulica A.: *Topniki lotne*, Polski Instalator, 2005, nr 1, s. 40 – 44.
- [10] Polskie Centrum Promocji Miedzi: *Miedź mądry wybór*, Cu for you, Materiały szkoleniowe, Wrocław 2000.
- [11] Pourbaix M.: *Wykłady z korozji elektrochemicznej*, PWN, Warszawa 1978.
- [12] Steffens H. – D., Wielage B., Brandl W.: *Untersuchungen zum Ablauf der Messerschnittkorrosion an Silberh artlötverbindungen*, Schweissen und Schneiden, 1988, nr 3, s. 134 – 140.

Dr hab. inż. Zbigniew MIRSKI

Mgr inż. Alicja BULICA

Dr inż. Kazimierz GRANAT

Politechnika Wrocławska

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

Wrocław ul. Łukasiewicza 3/5

e-mail: zbigniew.mirski@pwr.wroc.pl, tel. 320 21 42

e-mail: alicja.bulica@pwr.wroc.pl, tel. 071 320 21 42

e-mail: kazimierz.granat@pwr.wroc.pl, tel. 071 320 29 96
