

LUTOWANIE METALI

Część I

Pomimo, że lutowanie metali jest powszechnie wszystkim znane i pozornie wydaje się bardzo proste, to jednak w praktyce pojawiają się często różne trudności. A to cyna ani rusz nie chce nas „słuchać”, a to zlutowane złącze się rozpada, czasem zaś cyna wręcz nie „ima się” lutowanych metali. Jeszcze gorzej, gdy operacja się uda, ale pacjent nie wytrzyma. Zlutujemy co prawda przewód w odbiorniku radiowym, ale po paru dniach pokryje się on warstwą rdzy. Dlatego też, aby uniknąć takich kłopotów, radzimy przeczytać poniższe uwagi i wskazówki.

Wiadomości wstępne

Lutowanie jest procesem polegającym na łączeniu przedmiotów metalowych za pomocą dodatkowego, roztopionego metalu, zwanego lutem, którego temperatura topnienia jest znacznie niższa od temperatury topnienia łączonych metali. Tak więc przy lutowaniu nie zachodzi ich nadtopianie (przeciwnie niż przy spawaniu), a połączenie uzyskuje się przede wszystkim przez dyfuzję ciekłego lutu w metale łączone i odwrotnie, oraz w mniejszym stopniu – przez przyczepność.

Podstawowym warunkiem otrzymania prawidłowego połączenia dwóch metali jest właściwy dobór lutu. Ten sam lut, który daje bardzo dobre wyniki, np. przy łączeniu części mosiężnych, może być zupełnie nieprzydatny przy lutowaniu aluminium i odwrotnie. Zresztą nawet te same metale w zależności od przeznaczenia i warunków pracy (np. rodzaju i wielkości obciążenia, temperatury pracy, rodzaju ośrodka korodującego itd.) wymagają lutów o zupełnie innych właściwościach.

A oto dekalog dobrego lutowania:

1) temperatura topnienia lutu musi być niższa od temperatury topnienia lutowanych metali,

2) lut powinien dobrze zwilżać powierzchnie lutowanych części,

3) powinowactwo chemiczne lutu do metali łączonych powinno zapewniać tworzenie się na granicy styku roztworów stałych związków międzymetalicznych,

4) lut w stanie roztopionym powinien wykazywać dobrą lejącość,

5) zakres krystalizacji (tj. różnice między temperaturą początku i końca krzepnięcia) lutu nie powinien być zbyt duży,

6) lut powinien mieć dostateczną wytrzymałość i plastyczność,

7) współczynniki rozszerzalności cieplnej lutu i metali łączonych powinny być zbliżone do siebie,

8) lut i metale łączone powinny wykazywać podobną odporność na korozję,

9) w stanie roztopionym lut nie powinien się utleniać (dopuszcza się tworzenie łatwo rozpuszczających się tlenków),

10) lut nie powinien zawierać drogich i deficytowych pierwiastków.

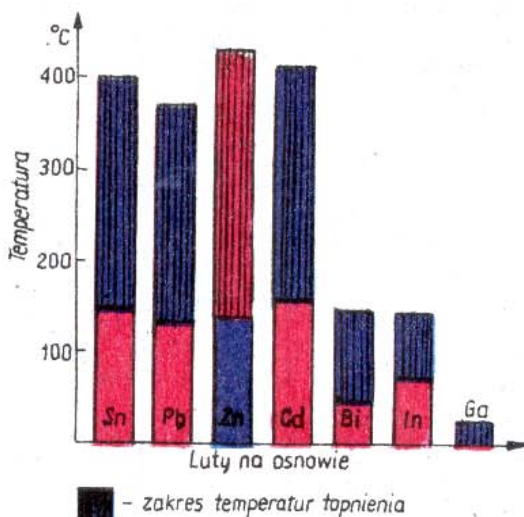
Luty miękkie, luty twarde

W zależności od temperatury topnienia luty dzielą się na:

a) miękkie (łatwo topliwe), o temperaturze topnienia do około 450°C,

b) twarde (trudno topliwe), o temperaturze topnienia powyżej 450°C.

Odpowiednio, lutowanie lutami miękkimi nosi nazwę lutowania miękkiego, a lutowanie lutami twardymi – lutowania twardego. Ciepła, niezbędna do lutowania, dostarcza przy lutach miękkich – lutownica, natomiast przy lutach twardych – płomień palnika gazowego lub dmuchawki.



Lutowanie miękkie

Do przeprowadzenia lutowania miękkiego będziemy potrzebowali:

- 1) lutownicę, którą stanowić może dowolnej wielkości pręt lub sztabka miedziana, na jednym końcu spłaszczona i zaostzona,
- 2) odpowiedni lut miękki,
- 3) topnik, czyli środek pomocniczy, służący do czyszczenia ostrza lutownicy, oraz ułatwiający związaną się lutu z lutowaną powierzchnią.

Bardzo dobre przewodnictwo miedzi jest jedną z przyczyn, dla których metal też używa się do wyrobu lutownic, gdyż podczas lutowania musimy szybko lokalnie nagrzewać lutowane miejsce. Kawałek miedzi jest więc jakby magazynem ciepła i dzięki doskonałemu przewodnictwu ciepła, cały ten kawałek we wszystkich miejscach ma jednakową temperaturę. Oczywiście poza miedzią istnieją jeszcze i inne metale odznaczające się doskonałym przewodnictwem ciepła, a które zarazem są pokrywane przez lut. Do takich metali należą m. in. srebro i złoto, ale trudno przecież wymagać, aby stosować je do wyrobu lutownic. Lutownice mogą być ogrzewane elektrycznie, gazowo lub w dowolnym płomieniu, a więc np. węgla czy drewna.

A teraz parę słów o samych lutach miękkich. Jak już mówiliśmy, charakterystyczną cechą lutów miękkich jest ich temperatura topnienia, nie przekraczająca 450°C. Głównym składnikiem lutów miękkich do niedawna była prawie wyłącznie cyna. Obecnie ze względów zarówno ekonomicznych, jak i technicznych, często zastępuje się cynę innymi metalami. Ze względu na skład chemiczny

Tabela 1

Cecha	Składniki stopowe		
	Sn	Sb	Pb
LC3A	3-4	5-6	reszta
LC8	7-9	maks. 0,6	reszta
LC18	17-18	2,0-2,5	reszta
LC25	24-26	maks. 1,7	reszta
LC30	29-30	-	reszta
LC30A	29-30	1,5-2,0	reszta
LC40	39-40	-	reszta
LC40A	39-40	1,5-2,0	reszta
LC50	49-50	-	reszta
LC50A	49-50	0,5-1,0	reszta
LC60	59-61	maks. 0,8	reszta
LC63	62-64	-	reszta
LC90	89-90	-	reszta
LC95	94-96	reszta	-

Tabela 2

Cecha spoiwa	Temperatura topnienia w °C		Główne zastosowania	
	dolna	górna	Metale łączone	Przykłady
LC3A	243	265	stal	Wyrównywanie wgłębień w nadwoziach samochodów osobowych
LC8	270	305	miedz stal	Lutowanie przedmiotów przeznaczonych do lakierowania na gorąco. Lutowanie żarówek
LC18	183	280	miedz stal ołów	Lutowanie blachy stalowej i białej, lutowanie rurociągów ołowianych i osłon kablowych
LC25	183	257	miedz mosiądz	Lutowanie drobnych przedmiotów
LC30	183	260	stal cynk blacha ocynkowana	Lutowanie przewodów elektrycznych, chłodnic samochodowych, drobnych przedmiotów. Lutowanie kapielowe
LC30A	183	249	miedz stal	Lutowanie uzwojeń silników elektrycznych
LC40	183	235	miedz mosiądz stal cynk	Lutowanie wyrobów z blachy Lutowanie kapielowe
LC40A	183	223	miedz stal	Lutowanie uzwojeń silników elektrycznych
LC50	183	215	mosiądz stal cynk	Lutowanie części uzwojeń elektrotechnicznych, drobnych części mosiężnych, chłodnic silnikowych
LC50A	183	200	miedz stal	Lutowanie uzwojeń małych silników elektrycznych
LC60	183	185	miedz stal	Lutowanie precyzyjnych urządzeń elektrotechnicznych i teletechnicznych
LC63	183	185	miedz stal	Lutowanie precyzyjnych urządzeń elektrotechnicznych i teletechnicznych
LC90	193	220	miedz stal mosiądz	Lutowanie aparatury medycznej
LC95	232	240	miedz stal	Kapielowe lutowanie komutatorów prądnic i rozruszników samochodowych oraz innych urządzeń pracujących w temp. około 100°C

czny luty miękkie można podzielić na: luty na osnowie cyny, ołowiu, cynku, kadmu, bizmutu, indu i galu. Zakresy temperatur topnienia poszczególnych grup lutów przedstawia rysunek.

Niska temperatura topnienia, a co za tym idzie, niska temperatura lutowania z jednej strony w dużym stopniu upraszcza technologię lutowania, gdyż nie wymaga stosowania źródeł ciepła o dużej mocy (umożliwia to szerokie zastosowanie lutowania miękkiego nie tylko w przemyśle, ale i w życiu codziennym), z drugiej – ogranicza jednak zakres stosowania tych lutów do lutowania przedmiotów pracujących w zakresie temperatur nie przekraczających na ogół 50–250°C. Poważną zaletą lutów tej grupy jest ich zdolność do zwilżania powierzchni większości metali, w tym także żelaza, miedzi i ich stopów.

Z wymienionej grupy lutów miękkich omówimy nieco dokładniej dwa. Są to luty cynowo-ołowiowe i bizmutowe. W praktyce w lutach cynowo-ołowiowych zawartość ołowiu, który ma na celu przede wszystkim obniżenie ceny tych lutów, zawiera się w granicach od 7 do 96%, zależnie od ich przeznaczenia. Ponadto luty cynowo-ołowiowe zawierają nieznaczne ilości antymonu, bądź wskutek zanieczyszczenia cyny, bądź wprowadzanego umyślnie dla zastąpienia cyny i podwyższenia twardości i wytrzymałości lutu. Dodatek antymonu nie może jednak przekraczać 7%, ponieważ powyżej tej ilości powstaje w lucie międzymetaliczny związek SnSb, wywołujący jego kruchość, a tym samym nieużyteczność.

Skład chemiczny lutów cynowo-ołowiowych oznaczony skrótowo LC, podaje tabela 1, zaś właściwości poszczególnych lutów i zakres ich stosowania – tabela 2.

Luty bizmutowe są godne omówienia z uwagi na ich często bardzo niską temperaturę topnienia. Temperatura ta zawiera się w granicach 46–144°C. Lutowanie w tak niskich temperaturach ma szerokie zastosowanie w przypadkach, gdy łączone metale (np. stalowe lub brązowe sprężyny) nie mogą być nagrzewane do wyższych temperatur, lub gdy stykają się one bezpośrednio z produktami spożywczymi (puszki konserwowe), tworzywami sztucznymi, tkaniną, drewnem lub materiałami izolacyjnymi, które wskutek zbytowego nagrzania mogą ulec zniszczeniu.

Skład chemiczny i temperatury topnienia lutów bizmutowych podano w tabeli 3.

Poświęćmy teraz nieco uwagi topnikom czyli substancjom pomocniczym, niezbęd-

Tabela 3
Skład chemiczny i temperatura topnienia lutów
na ośniewie bizmutu

Nr lutu	Skład chemiczny – % wagowy					Temperatura topnienia	Uwagi
	Bi	Pb	Sn	Cd	Inne		
1	80	–	–	40	–	144	
2	57	–	43	–	–	139	
3	56	–	40	–	Zn 4	130	
4	55,5	44,5	–	–	–	124	stop Newtona
5	54	–	26	20	–	102	
6	53,5	17	19	–	Hg 10,5	80	
7	52,5	32	15,5	–	–	95	
8	52	40	–	8	–	92	stop Lipowitza
9	50	26,7	13,3	10	–	70	
10	50	40	10	–	–	95	
11	50	28	22	–	–	95	
12	50	25	25	–	–	95	
13	50	43	–	7	–	91,5	stop Wooda
14	50	25	12,5	12,5	–	68	
15	49,4	18	11,6	–	In 21	58	
16	49	27	13	10	In 21	68	
17	45	24	11,5	9,5	Tl 10	67	
18	45	24	11,5	9,5	In 10	52	
19	42	42	–	16	–	91	
20	40,6	22,4	10,8	8,2	In 18	46,5	
21	40	21,5	10,5	8	In 20	48	
22	40	40	20	–	–	95	

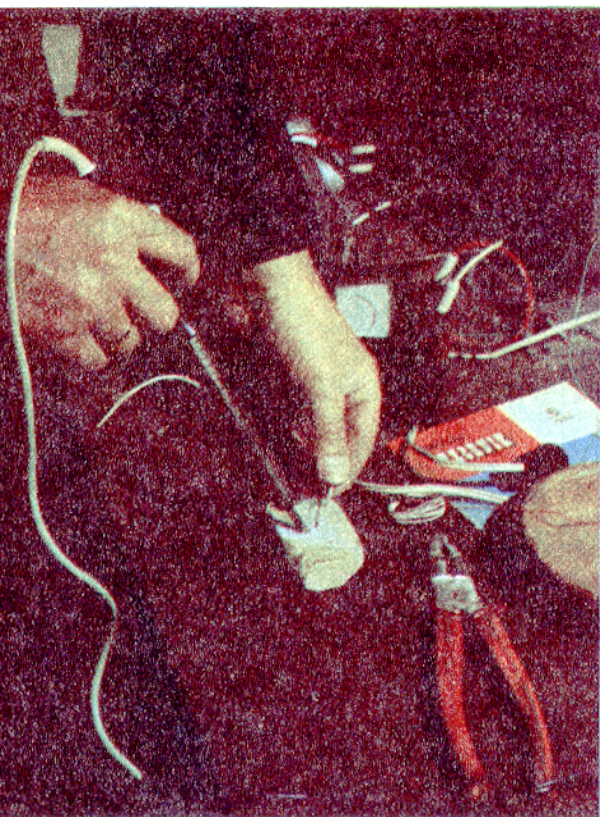
nym przy lutowaniu miękkim. Popularny salmiak czyli chlorek amonu o wzorze NH_4Cl , w postaci białych twardych bryłek, jest do nabycia w sklepach z artykułami chemicznymi gospodarstwa domowego. Nie zapominajmy jednak, że związek ten możemy z powodzeniem wykonać i we własnym zakresie. W tym celu kwas solny, HCl , należy zubożyć wodorem tlenkiem amonowym, po czym odparować wodę.

Aby naocznie wyjaśnić rolę salmiaku, do naczynka ze stopionym dowolnym lutem cynowym zanurzamy, ogrzany poprzednio w płomieniu, drut lub blaszkę miedzianą. Z łatwością stwierdzimy, iż lut miedzi nie pokryje.

A teraz ogrzany drut lub blaszkę miedzianą potrzymajmy salmiakiem i natychmiast zanurzmy w lucie. Tym razem miedź natychmiast pokryje się lutem. A więc salmiak pomaga. Trzeba jednak pamiętać, że los tego związku jest „smutny”, gdyż pomagając lutowi pokryć miedź, sam salmiak „ginie”. Tak, po prostu rozkłada się i uchodzi do atmosfery. Mianowicie podczas ogrzewania chlorku amonowego, związek ten ulega rozkładowi, a jednym z produktów rozkładu jest właśnie kwas solny.



Reszty już nietrudno się domyślić. Kwas solny rozpuszcza tlenki i tym samym umożliwia lutowi zwilżenie miedzi czyli ostrza lutownicy.

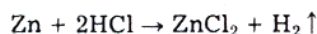


W chwili rozpoczęcia lutowania, jeżeli lutownica jest nowa i jeszcze nie była używana, należy ją po pierwsze „zagruntować”, to znaczy jej ostrze pokryć lutem. W tym celu po ogrzaniu lutownicy do temp. 300–350°C (lutownicy nie wolno ogrzewać do czerwoności), jej ostrze czyszcimy pilnikiem, po czym od razu pocieramy równocześnie i lutem i salmiakiem. Ostrze pokryje się wówczas błyszczącą warstwą lutu cynowego.

Zadaniem topników w postaci zarówno płynu jak też i past, w procesie lutowania, jest rozpuszczenie bądź redukcjonowanie warstewki tlenków pokrywających zawsze powierzchnie metalowych przedmiotów. Jednak na tym wcale nie koniec. Otóż płyny i pasty do lutowania, zmniejszają napięcie powierzchniowe stopionego lutu cynowego, przez co wybitnie ułatwiają zwilżanie czyli pokrywanie lutowanego metalu.

Bezwzględnie najlepszym środkiem ułatwiającym lutowanie i usuwającym tlenki, jest wodny roztwór chlorku cynkowego,

ZnCl₂. Roztworu tego nie kupuje się, gdyż każdy może go z łatwością wykonać sam. Bierzemy 10–20 cm³ kwasu solnego, wlewamy do większej zlewki, po czym wrzucamy kawałeczki blachy cynkowej. Najprostszym źródłem blachy cynkowej są stare baterijki. Właśnie z takiej blachy wykonane są metalowe kubeczki w baterijkach. Roztworzeniu się cynku w kwasie solnym towarzyszy syżenie i energiczne wydzielanie gazowego wodoru.



Po kilkunastu minutach burzliwa reakcja zakończy się i na dnie powinno pozostać jeszcze parę kawałeczków nie rozтворzonej blachy cynkowej. Tak otrzymanym roztworem zwilża się przeznaczone do lutowania miejsce.

Jak wspomnieliśmy, działanie chlorku cynkowego podczas lutowania jest podwójne. W pierwszym rzędzie ogrzany powyżej 200°C związek ten ulega częściowemu rozkładowi z wydzielaniem kwasu solnego. Kwas solny ma zdolność szybkiego rozpuszczania tlenków metali. W przypadku więc, gdy lutujemy powierzchnie metali (pokryte zawsze warstwą tlenków), kwas solny warstewki te rozpuszcza, a tym samym umożliwia lutowi pokrycie metalu. Ale kwas solny nie jest natomiast w stanie zmniejszyć napięcia powierzchniowego samego lutu, a to właśnie zadanie spełnia bardzo skutecznie chlorek cynkowy. Dzięki zmniejszeniu napięcia powierzchniowego przez ten związek, lut może łatwo pokrywać, czyli zwilżać powierzchnie lutowanych przedmiotów. Tę rolę chlorku cynkowego podczas lutowania możemy porównać do analogicznego działania mydła na wodę. Na skutek bardzo silnego napięcia powierzchniowego wody, jeśli wpuścimy do niej np. powietrze, to utworzy ono małe pęcherzyki, pękające niemal natychmiast po wydobyciu się na jej powierzchnię. Jeśli jednak do wody dodamy nieco mydła, to dzięki zmniejszeniu napięcia powierzchniowego, wpuszczając powietrze otrzymamy duże bąble i bańki. Na tym właśnie polega przecież zabawa w puszczenie baniek mydlanych. Zupełnie podobne jest działanie chlorku cynkowego na lut. Związek ten obniża napięcie powierzchniowe lutu i tym samym ułatwia mu zwilżenie powierzchni metalu, uprzednio oczyszczonej już z tlenków przez kwas solny. Przysłowie gło-

si, że nie ma róży bez koleców. Otóż co prawda chlorek cynkowy pomaga nam przy lutowaniu, ale pozostawiony na metalach powoduje ich bardzo silną korozję. Dlatego też, jeżeli lutujemy przy użyciu topnika chlorku cynkowego, musimy następnie lutowane miejsca, jak też i ich okolice, bardzo dokładnie umyć wodą.

A oto konkretny przykład. Musimy na końcu stalowej plecionki tzw. linki, np. rowerowej czy motocyklowej, przylutować końcówkę. Podczas lutowania w spłoty pomiędzy drutami wnikiem sporo chlorku cynkowego. Jeżeli go stamtąd nie usuniemy, to już po paru dniach linka wskutek korozji pęknie. Aby do tego nie dopuścić, po lutowaniu końcówki linki, trzeba ją pogotować parę minut w wodnym roztworze sody. Dopiero ten zabieg gwarantuje nam całkowite zobojętnienie silnie agresywnego chlorku cynkowego. Dlatego chlorku cynkowego wolno stosować przy lutowaniu układów elektronicznych, a więc reperacji radia, magnetofonu czy telewizora.

Często przy lutowaniu o wiele wygodniej jest posługiwać się pastą zamiast płynem. Z uwagi na ich skład i działanie, pasty stosowane przy lutowaniu podzielić można na dwa zasadnicze typy: pasty kwaśne i pasty bezkwasowe.

Podstawowym składnikiem kwaśnych past jest chlorek amonu lub chlorek cynkowy. Jak wiemy, oba te związki w podwyższonej temperaturze ulegają rozkładowi z wydzielaniem chlorowodoru, HCl. Z jednej więc strony pasty takie są bardzo aktywne, to znaczy umożliwiają lutowanie nawet i utlenionych powierzchni metali, z drugiej jednak strony nie zawsze i nie wszędzie mogą być stosowane. Konkretnie pasty kwaśne możemy używać tylko wówczas, gdy lutowany przedmiot da się następnie dokładnie spłukać wodą. W przeciwnym razie wywołana zostanie silna korozja.

Podajemy przepisy na pasty kwaśne:

- 1) W porcelanowej miseczce stopić 11 g jasnej kalafonii, po czym dodać 320 g łożu, po starannym wymieszaniu obu składników oziębic je nieco i dodać 50 g jak najdrobniej sproszkowanego chlorku amonu. Całość należy starannie wymieszać.
- 2) 100 g stopionej kalafonii zmieszać z 150 g wazeliny. Osobno należy przygo-

tować pastę otrzymaną przez roztarcie 40 g chlorku amonu z 50 g gliceryny. Całość przenosi się do jednego naczynia i po ogrzaniu dokładnie miesza.

- 3) Stapia się 200 g kalafonii, po czym dodaje 350 g łożu oraz 50 g suchego, bardzo dokładnie sproszkowanego chlorku cynkowego. Całość należy dokładnie wymieszać.

Często się jednak zdarza, że lutowanego miejsca nie jesteśmy w stanie zobojętnić ani nawet przemyć wodą. Wystarczy tu tylko wymienić telewizor, magnetofon, adapter, radiodbiornik. W takich przypadkach musimy zrezygnować zarówno z płynu, jak i z pasty kwaśnej. Najprostszym takim topnikiem jest wówczas kalafonia. Ciało to, nie odznaczające się odczynem kwaśnym, ma pewne właściwości redukowania tlenków i jednocześnie zmniejszania napięcia powierzchniowego samego lutu miękkiego.

Zamiast czystej kalafonii mogą być stosowane pasty bezkwasowe. Tego rodzaju pasty są mało aktywne, tzn. przy ich użyciu lutować można jedynie dokładnie oczyszczone powierzchnie, ale za to po lutowaniu, im ani otoczeniu nie grozi korozja. Tylko takie właśnie pasty wolno stosować przy pracach elektronicznych i elektrotechnicznych.

A oto przepisy na topniki bezkwasowe:

- 1) 20 g drobno sproszkowanej kalafonii rozpuszcza się w 100 cm³ denaturatu; tak otrzymanym roztworem zwilża się przeznaczony do lutowania miejsce.
- 2) Do 50 g stopionej kalafonii dodaje się 30 g łożu i 10 g wazeliny, całość na gorąco dokładnie miesza.
- 3) Stapia się 25 g kalafonii, dodaje 65 g łożu, 20 g wazeliny, miesza dokładnie, po czym dolewa 4 cm³ gliceryny.



A teraz jeszcze parę słów o nietypowych metodach lutowania. Zaczniemy od tak popularnych stopów Zn-Al. Otóż lutowanie takich stopów najlepiej przeprowadzać stopem kadmowo-cynkowym o składzie eutektycznym (17,5% Zn i 82,5% Cd) i temperaturze topnienia 265°C. Lut ten nie wymaga topnika, choć czasem stosuje się w tym celu 40% wodny roztwór NaOH, ze względu jednak na bardzo szkodliwe dla zdrowia działanie par kadmu należy zachować odpowied-

nie środki ostrożności. Niekiedy dla obniżenia temperatury topnienia lutu wprowadza się do niego niewielkie ilości cyny lub ołowiu. Wytrzymałość połączeń wykonanych lutem Cd-Zn sięga 15 kG/mm^2 .

Z kolei naprawę wyrobów z czystego cynku można wykonać lutem o składzie 60% Sn i 40% Zn, również nie wymagającym stosowania topnika. Miejsca wadliwe (pęknięcia, pory, niedolewy itd.) najlepiej oczyszcza się ściernicą lub pilnikiem tak, aby powstały w nich rowki, następnie nagrzewa się je palnikiem gazowym do temperatury nieco wyższej od temperatury topnienia lutu i za pomocą pręcika lutu przeprowadza się bieleń ścianek rowków. Dopiero po tym lut topi się w płomieniu palnika i wypełnia szczelnie rowki. Dla zapobiegania rozciekaniu lutu po całej powierzchni odlewu, wzdłuż rowków można układać odpowiednie osłony azbestowe.

Na zakończenie jeszcze sprawa lutowania aluminium. Otóż właściwie jedynym warunkiem osiągnięcia zwilżalności aluminium przez cynę jest wytworzenie zupełnie czystej powierzchni lutowanej. Chodzi tu mianowicie o tlenek aluminium Al_2O_3 . Reaktywność aluminium (powinowactwo do tlenu) jest tak wielkie, że praktycznie biorąc w normalnych warunkach nie jesteśmy w stanie zachować nieutlenionej powierzchni. Dla przykładu, jeżeli powierzchnię aluminium zarysujemy czy też poskrobiemy, to odkryty świeży metal w zetknięciu z powietrzem natychmiast pokrywa się warstewką Al_2O_3 . Warstewka ta, chociaż jest niesłychanie cienka, to jednak zupełnie skutecznie uniemożliwia cynie zwilżenie powierzchni aluminium. Chemiczne usunięcie samoistnie wytworzonej powłoki tlenkowej jest oczywiście możliwe, ale powierzchnia nie splukana nie będzie jeszcze zwilżana przez cynę. Stąd najczęściej w przypadku lutowania aluminium stosowany jest sposób mieszany mechaniczno-chemiczny. Po prostu przy jednoczesnym użyciu odpowiedniego topnika warstewka tlenkowa jest usuwana z powierzchni aluminium w sposób mechaniczny. Najczęściej używana jest do tego celu okrągła tarczowa wirująca lutownica lub lutownica z rdzeniem wprawianym w drganie przez generator ultradźwiękowy.

Stefan Sękowski