Galwanoplastyka

Wielokrotnie spotykamy się z określeniami: galwanoplastyka oraz galwanotechnika. Czy oba te pojęcia są synonimami? Nic podobnego. Galwanotechnika lub galwaniczne platerowanie jest to ogólnie biorąc pokrywanie metodą elektrolizy jednych metali drugimi. Natomiast galwanoplastyką nazywamy bardzo ładną i interesującą metodę otrzymywania w procesie galwanicznym wiernych kopii różnych przedmiotów. O ile w procesach galwanotechnicznych zależy nam na tym, aby nałożona warstewka metalu jak najsilniej trzymała się podłoża, o tyle w pracach galwanoplastycznych postępujemy wręcz odwrotnie, a mianowicie tak, aby po skończonym procesie jak najłatwiej i najdokładniej oddzielić warstewkę metalu od pokrywanego przedmiotu. Inaczej mówiąc, galwanoplastyka to proces, w którym z elektrolitycznie osadzonej powłoki na modelu powstaje nowy przedmiot.

Do zakresu prac galwanoplastycznych należy również metalizowanie, czyli pokrywanie metalami takich materiałów, jak tworzywa sztuczne, szkło, wosk, gips i inne materiały modelarskie. Z tego wynika, że dotychczas zajmowaliśmy się nakładaniem powłok galwanicznych na metale, teraz zaś przyszedł czas na wzbogacenie naszych umiejętności o nakładanie takich samych powłok, lecz na niemetale.

Na pierwszy rzut oka wydaje się to wprost nierealne, aby na takie izolatory jak wosk, szkło czy gips nakładać powłoki metalowe przy użyciu prądu elektrycznego. A jednak jest to możliwe, bo umiemy powierzchniom izolatorów nadawać przewodnictwo elektryczne.

Powiedzmy, że mamy pamiątkowy medal brązowy z płaskorzeźbą kolumny Zygmunta w Warszawie i pragniemy wykonać z niego kopię. W tym celu musimy przede wszystkim sporządzić tzw. matrycę, czyli negatyw – odcisk modelu. Mamy do wyboru sporą liczbę materiałów możliwych do użycia:

- niskotopliwe stopy metalu,
- masy woskowe,
- gips,
- glinę modelarską,
- tworzywa termoplastyczne.

Jeżeli matryca została sporządzona z niskotopliwego stopu metali, a więc z materiału przewodzącego prąd elektryczny, to po odpowiednim odtłuszczeniu i wytrawieniu zawieszamy ją w kąpieli miedziującej i galwanicznie miedziujemy.

W wypadku wykonania odcisku w materiale izolacyjnym jego powierzchni musimy nadać przewodnictwo elektryczne a dopiero potem zawieszamy go w kąpieli do miedziowania.

Podczas galwanicznego miedziowania metal osiada równą warstewką na wklęsłej powierzchni matrycy. Po pewnym czasie z miedzi powstaje wierna, pozytywowa kopia modelu. Tworzy ją elektrolitycznie wytworzona grubości 0,2–0,5 mm blaszka miedziana. Blaszkę taką oddziela się od matrycy i w celu jej wzmocnienia (usztywnienia) zalewa od tyłu gipsem lub stopem ołowianym. Tak otrzymaną kopię modelu możemy następnie posrebrzyć lub też spatynować, aby nadać powierzchni miedzi wygląd imitujący stare wyroby.

Metalowa matryca

Bardzo wygodne w pracy są matryce wykonane z niskotopliwych stopów. Składy takich stopów oraz ich temperaturę topnienia podajemy w zamieszczonej tabeli.

Zestaw niskotopliwych stopów

Skład stopu	temp. topn.	Skład stopu	Temp topn.	Skład stopu	temp. topn.
Bizmut 50 g Ołów 27 g Cyna 12 g Kadm 10 g	68°C	Bizmut 5,0 g Cyna 3,0 g Ołów 2,0 g	73°C	Bizmut 8,0 g Ołów 5,0 g Cyna 3,0 g	85°C
Bizmut 5,2 g Ołów 4,0 g Kadm 0,8 g	91,5°C	Bizmut 5,2 g Ołów 3,2 g Cyna 1,6 g	95°C	Bizmut 7,0 g Cyna 3,0 g Ołów 2,0 g	100°C
Bizmut 6,0 g Cyna 2,6 g Ołów 1,4 g	110°C	Bizmut 3,3 g Cyna 3,3 g Ołów 3,3 g	120°C	Cyna 5,1 g Ołów 3,1 g Kadm 1,8 g	145°C

Wykonując matrycę ze stopów, unikamy pracochłonnego nadawania przewodnictwa elektrycznego niemetalom. Jeżeli więc chcemy wykonać kopię, np. którejś z pięknych naszych monet 20-złotowych, umieszczamy ją w małym kartonowym pudełeczku stroną kopiowaną do góry, smarujemy lekko oliwą, po czym zalewamy warstewką stopu. Po jego skrzepnięciu dzięki warstewce tłuszczu z łatwością oddzielimy monetę od matrycy.

Teraz przychodzi kolej na dokładne odtłuszczenie matrycy. Po pierwsze zmywamy acetonem lub benzyną ekstrakcyjną resztki oleju a następnie robimy z miedzianego drutu odpowiedni uchwyt, pewnie obejmujący matrycę. Uchwyt ten posłuży do zawieszenia matrycy w kąpieli. Po wstępnym zmyciu oleju, nie dotykając matrycy palcami, lakierem chlorokauczukowym lub olejnym pokrywamy boki i tylną powierzchnię matrycy. Po takim zabezpieczeniu miedź będzie się osadzać tylko na czołowej, wklęsłej powierzchni matrycy. Nie chodzi tu o żadną oszczędność lecz o zapobieżenie mechanicznemu zaklinowaniu się kopii na matrycy. Z kolei, aby nałożona miedziana kopia łatwo oddzieliła się od powierzchni stopu, na matrycy musimy wykonać tzw. warstewkę dzielącą. Wytwarzanie warstewki dzielącej polega na polaniu powierzchni matrycy, lub jej przetarciu tamponem zwilżonym roztworem o następującym składzie:

siarczek sodu Na_2S	0,8 g,
woda	100 ml

Po opłukaniu w wodzie, uchwyt z matrycą zawieszamy od razu w kąpieli do miedziowania.

Najodpowiedniejsza do tego celu będzie kąpiel o składzie:

woda	1 l,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	330 g
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	25 ml

Na jednej szynie, tej od strony matrycy, zawieszamy obie anody miedziane. Temperatura kąpieli powinna wynosić 20÷25°C, gęstość prądu może dochodzić do 8 A/dm^2.

W celu osiągnięcia takiej gęstości prądu musimy oczywiście uprzednio obliczyć powierzchnię matrycy przeznaczoną do pokrywania. W zależności od gęstości prądu, proces pokrywania będzie trwał od 10 godzin przy 8 A/dm^2 do 2 dni przy gęstości prądu 2 A/dm^2. Aby proces pokrywania odbywał się prawidłowo, co jakiś czas mieszamy kąpiel miedziującą.

Niemetalowa matryca

Odcisk płaskorzeźby, monety, medalu czy nawet ładnego liścia lub ptasiego pióra można wykonać, stosując gips, masy woskowe, glinę modelarską lub tworzywa termoplastyczne.

Do odciskania przedmiotów metalowych o wyraźnym, lecz płytkim rysunku, można stosować gips, glinę, tworzywa sztuczne. Z tych ostatnich najodpowiedniejszy jest winidur. Płytkę winidurową odpowiedniej wielkości, ogrzaną w celu zmiękczenia we wrzącej wodzie, kładzie się na monetę czy medal, silnie przyciska i tak pozostawia do ostygnięcia.

Zamiast winiduru do sporządzenia matryc możemy się posłużyć gipsem, gliną modelarską lub masą woskową. Niestety ani gips, lub glina, ani tworzywa termoplastyczne nie nadają się do sporządzania odcisków przedmiotów o drobnym, subtelnym rysunku i przedmiotów kruchych, wiotkich a więc pióra gęsiego czy dębowego liścia. W takich przypadkach niezastąpione są masy woskowe.
A oto przepisy na ich składy:

a) masa bardzo miękka – wosk pszczeli	88 g,
terpentyna	9,5 g,
grafit sproszkowany	2 g,
b) masa średnia – wosk pszczeli	20 g,
parafina	10 g,
kalafonia	70 g,
c) masa twarda – wosk pszczeli	45 g,
kalafonia	40 g,
grafit sproszkowany	5 g.

Zadaniem grafitu w tych masach jest usunięcie ich lepkości. Jednak, aby masa nadawała się do sporządzenia odcisków przedmiotów o bardzo delikatnej rzeźbie powierzchni, masa musi być zupełnie jednorodna, a więc dokładnie wymieszana oraz bez grudek i kawałeczków. Dlatego też grafit używany do sporządzania masy musimy przesiać przez płótno.

Przy sporządzaniu tego rodzaju mas musimy postępować następująco: w blaszanym naczyniu (np. w puszce po konserwach) stapiamy kolejno (zależnie od przepisu) asfalt, wosk, stearynę, łój, a dopiero później, z dala od ognia terpentynę. Na samym końcu dosypujemy grafit i masę chłodzimy, stale ją mieszając. Pamiętajmy, że mieszanie jest konieczne, gdyż w przeciwnym razie grafit opadnie na dno naczynia.

Jeżeli chcemy wykonać odcisk, np. z pióra gęsiego czy liścia, to natłuszczamy go lekko, lecz równomiernie olejem, kładziemy na dnie odpowiedniej wielkości płaskiego pudełeczka, po czym zalewamy stopioną masą woskową. Zwracamy uwagę na to, że masa nie może być za gorąca, lecz jedynie stopiona.

Możemy postąpić jeszcze inaczej. Do płaskiego pudełeczka o odpowiedniej wielkości wlewamy stopioną, bardzo miękką masę, a gdy zacznie już krzepnąć, na jej powierzchni kładziemy pióro czy liść i bardzo lekko, lecz równomiernie go dociskamy.

Nadawanie przewodnictwa

Zbliżamy się teraz do czynności, które w dużej mierze decydują o powodzeniu całego przedsięwzięcia. Musimy mianowicie powierzchniom gipsu, tworzywa sztucznego, gliny czy mas woskowych nadać przewodnictwo elektryczne.

Zacznijmy od mas woskowych. Aby nadać im przewodnictwo elektryczne, powierzchnię odcisku musimy natrzeć pyłem grafitowym lub tzw. brązem lakierniczym. Do naszych celów najlepiej nadaje się grafit koloidalny, który m.in. jest używany do smarowania łożysk pracujących w bardzo wysokich i bardzo niskich temperaturach. Pamiętajmy, że im drobniejsze jest ziarno grafitu, tym lepszą uzyskamy wierność odtworzenia oryginału.

Wspomnieliśmy, że do nadawania formom przewodnictwa użyć można również i brązu lakierniczego (czyli tzw. złoty). Jest to bardzo drobno sproszkowany stop zawierający 70–80% miedzi. Ostrzegamy jednak, aby nie stosować brązu lakierniczego „srebrnego". Proszek ten stanowią maleńkie ziarenka aluminium. Niestety, metal ten na powierzchni od razu utlenia się i dlatego każda cząstka proszku jest pokryta cieniutką, ale bardzo szczelną warstewką tlenkową Al_2O_3, która prądu nie przewodzi.

Zgromadzony grafit lub brąz lakierniczy sypiemy cieniutką warstewką na powierzchnię odcisku, po czym czystym bardzo miękkim pędzelkiem będziemy wcierali w powierzchnię masy woskowej. Musimy niestety, pokryć grafitem nie tylko sam negatyw monety czy medalu, ale również otaczającą go powierzchnię szerokości około 1 cm. Aby się przekonać, które miejsca nie są jeszcze pokryte, matrycę obracamy odciskiem w dół i lekko nią potrząsamy. Następnie po odwróceniu matrycy odciskiem do góry z łatwością dostrzeżemy „łysinki", czyli miejsca jeszcze nie pokryte.

Wcieranie pędzelkiem grafitu, lub brązu lakierniczego jest bardzo żmudne i nudne, ale niestety, nie znamy lepszej metody nadania masie woskowej przewodnictwa elektrycznego.

Przy modelach ze szkła i ceramiki polewanej oczywiście nie możemy stosować wcierania proszków bezpośrednio, model musimy pokryć najpierw następującym roztworem: 100 g kleju stolarskiego rozpuścić w 200 ml wody i 12 g dwuchromianu potasu w 100 ml wody.

Oba roztwory przenosimy do ciemni oświetlonej czerwoną żarówką fotograficzną, zlewamy razem i dodajemy 300 g proszku grafitowego utartego z małą ilością wody. Całość uzupełniamy wodą do objętości 1 litra. Dokładnie wymieszany roztwór nakładamy w ciemni miękkim pędzlem równomierną warstwą. Po wyschnięciu, model wynosimy na światło słoneczne na 1 godzinę lub naświetlamy silną żarówką przez 3 godziny. Dopiero wtedy nakładamy proszek brązu lakierniczego w postaci zawiesiny w lakierze, np. nitro. Pył metaliczny mieszamy z lakierem w stosunku 350 g pyłu na 1 litr lakieru. Po lekkim przeschnięciu powłoki pudrujemy jeszcze powierzchnię suchym pyłem metalicznym.

Podczas galwanicznego pokrywania miedź będzie osiadać tylko na tych miejscach formy, które przewodzą prąd elektryczny, a więc jedynie na miejscach natartych grafitem lub brązem. Powstaje teraz pytanie, w jaki sposób doprowadzić prąd elektryczny od szyny do tej natartej proszkiem powierzchni odcisku? Sposób jest dość prosty. Całą matrycę ujmujemy w ramkę z drutu

lub lepiej z cienkiej blaszki miedzianej lub mosiężnej. Do ramki tej przymocowujemy dwa druty, które pomogą przy zawieszaniu formy na szynie. W zrobione na powierzchni matrycy „marginesy" przewodzące prąd elektryczny w odstępach 5–6 centymetrowych, wbijamy pinezki połączone cienkimi miedzianymi drucikami z ramką formy. Pamiętajmy, że nie wolno stosować tu drutów stalowych ani aluminiowych. W ten sposób prąd z ramki przez druciki i pinezki będzie doprowadzany ze wszystkich stron do natartego przewodzącym proszkiem odcisku liścia.

Formę po stronie odcisku, a więc po stronie przewodzącej prąd, ostrożnie zwilżamy i jeszcze mokrą zawieszamy na środkowej szynie w takiej samej jak poprzednio kąpieli do miedziowania. Kontrolą dobrego styku oraz faktu, czy cała powierzchnia przedmiotu dobrze przewodzi prąd, jest jej wygląd po 2–3 minutach miedziowania. Gdy wszystko idzie prawidłowo, powierzchnia przedmiotu powinna być równomiernie różowa. Gdy jednak stwierdzimy obecność miejsc nie pokrytych, przedmiot musimy koniecznie od razu wyjąć z kąpieli, opłukać w wodzie i miejsca nie pokryte natrzeć grafitem lub metalicznym pyłem.

Temperatura kąpieli i gęstość prądu powinna być identyczna jak i poprzednio. Po 10–15 minutach pokrywania formę podnosimy i sprawdzamy, czy miedź osiada równo na całej powierzchni odcisku liścia. Jeśli nie, to poprawiamy styk. Gdy i to nie pomoże, formę ostrożnie suszymy i miejsca źle przewodzące prąd ponownie nacieramy proszkiem.

Podobnie, przez nacieranie grafitem lub brązem lakierniczym, nadaje się przewodnictwo elektryczne modelom z gipsu i gliny. Ale odciski gipsowe i gliniane są porowate, chłoną wilgoć i zmieniają swe wymiary. Dlatego też do celów galwanoplastycznych muszą być uprzednio odpowiednio wykończone. Formy gipsowe i gliniane muszą być zupełnie suche (suszenie np. na kaloryferze musi trwać co najmniej 36 godzin). Druga czynność, to zaimpregnowanie porowatej formy. Zrobimy to zawieszając suchą formę w stopionej mieszaninie 50 g woskuu pszczelego i 50 g parafiny ogrzanej do około 100°C. Formę musimy trzymać w stopionej mieszaninie tak długo, aż ustanie uchodzenie z porów pęcherzyków powietrza. Po wyschnięciu formy i usunięciu nadmiaru lub zacieków z wosku za pomocą patyczka możemy już rozpocząć nacieranie powierzchni odcisku proszkiem grafitowym lub metalowym.

Redukcja chemiczna

Jeszcze w inny sposób nadaje się przewodnictwo elektryczne powierzchniom szkła, ceramiki oraz tworzyw sztucznych. Takie materiały musimy na wstępie dokładnie umyć wodą z mydłem, po czym odtłuścić przez użycie wodnego roztworu któregoś z płynów do zmywania naczyń, a więc Antka lub Kuchcika. Teraz po dokładnym opłukaniu wodą w celu nadania powierzchni aktywności przedmioty zawieszamy na 2 minuty w kąpieli o składzie:

chlorek cynawy $SnCl_2$	1 g
kwas solny stężony HCl	4 ml
woda destylowana do objętości	100 ml

Po opłukaniu w wodzie przedmioty możemy już poddać metalizacji metodą chemiczną. W odpowiednio dobranych warunkach srebro wydziela się z roztworu i w postaci cieniutkiej metalicznej błonki osiada na szkle, ceramice, tworzywach sztucznych. Ponieważ przedmiot po osadzeniu na nim przewodzącej warstewki srebra zawieszamy w kąpieli miedziującej, już teraz musimy pomyśleć o odpowiednim uchwycie z blachy lub drutu miedzianego. Uchwyt ten spełnia podwójną rolę: umożliwia zawieszenie przedmiotu na szynie katodowej oraz doprowadza prąd elektryczny z szyny do posrebrzanej powierzchni.

Dochodzimy teraz do czynności bardzo ważnej, jaką jest przygotowanie odpowiednich roztworów.

1. Roztwory soli srebra:
   A. Azotan srebra $AgNO_3$, 5 g w 100 ml wody destylowanej,
   B. Azotan srebra $AgNO_3$, 6,5 g w 100 ml wody destylowanej.
2. Roztwory pomocnicze:
   C. Wodorotlenek potasu KOH, 9 g w 100 ml wody destylowanej,
   D. Wodorotlenek amonu NH_4OH, 10-procentowy roztwór wodny.
3. Roztwór redukujący:
   Cukier spożywczy, 9 g w 100 ml wody destylowanej,
   Kwas azotowy HNO_3, stężony 0,5 ml.

Do sporządzania wszystkich roztworów musimy bezwzględnie używać wody destylowanej.

Bezpośrednio przed srebrzeniem do roztworu A wkraplamy roztwór D aż do chwili, gdy początkowo wytrącony osad ulegnie rozpuszczeniu. Starajmy się jednak unikać użycia nadmiaru roztworu D. Zaraz potem kroplami dodajemy roztwór B w takiej ilości, aby pojawiło się tylko lekkie zmętnienie. Gdy to już osiągniemy, wlewamy tyle roztworu C, ile na początku użyliśmy roztworu A, po czym ponownie wkraplamy roztwór D aż do zupełnego rozpuszczenia się powstałego osadu.

Teraz zajmijmy się roztworem redukującym. Po sporządzeniu według przepisu gotujemy go 10 minut, po czym chłodzimy.

Przedmiot przeznaczony do srebrzenia, świeżo spłukany wodą umieszcza się w winidurowej kuwecie fotograficznej lub odpowiedniej zlewce.

Cały roztwór srebra mieszamy w całkowitą ilością roztworu redukującego i od razu wlewamy do naczynia ze srebrzonym przedmiotem. Teraz musimy energicznie kołysać naczyniem, aby spowodować mieszanie cieczy i równomierne omywanie przedmiotu. Wreszcie zbliża się punkt kulminacyjny. Ciecz w naczyniu ciemnieje, ba, staje się prawie czarna i nagle na powierzchni przedmiotu zacznie się pojawiać lśniące lustro. Tworzy je warstewka metalicznego srebra, powstająca w wyniku redukcji jego związków. Proces przerywamy, to znaczy przedmiot z kuwety wyjmujemy, gdy osad zgromadzony na dnie naczynia przybierze barwę zielonkawoszarą. Tak pokryty przedmiot ostrożnie płuczemy wodą. Tylko naprawdę ostrożnie, bo mokra warstewka srebra ściera się bardzo łatwo. Przedmiot od razu zawieszamy w kąpieli galwanicznej do gruntowania. Pamiętajmy, że warstewka srebra jest tak cienka i delikatna, że zanurzenie przedmiotu w zwykłej kąpieli do miedziowania spowoduje rozpuszczenie jej i zniszczenie.

Podajemy skład kąpieli do gruntowania:

siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 15 g,
kwas siarkowy H_2SO_4 1,5 g,
woda do objętości 100 ml.

Świeżo posrebrzony i spłukany wodą przedmiot łączymy drutem z szyną katodową, włączamy prąd i dopiero teraz zanurzamy go w kąpieli do gruntowania. Przy pokojowej temperaturze kąpieli i gęstości prądu około 1 A/dm^2 gruntowanie trwa godzinę. Dopiero po upływie tego czasu przedmiot jest właściwie zagruntowany. Płuczemy go więc wodą i przenosimy do wanienki ze zwykłą, znaną już kąpielą do miedziowania.

Kosmetyka końcowa

Po galwanicznym nałożeniu 0,2–0,3 mm warstewki miedzi możemy już oddzielić kopię od matrycy. Jeżeli matryca była wykonana z niskotopliwego stopu lub też z masy woskowej, a ponadto nie zamierzaliśmy z matrycy tej więcej korzystać, całość zanurzamy we wrzącej wodzie i... po kłopocie. W temperaturze 85–90°C ulegnie stopieniu. Otrzymaną w ten sposób kopię w celu nadania jej większej wytrzymałości zalewamy od tyłu gęstym ciastem gipsowym.

W zależności od potrzeb i gustu powierzchnię miedzi na kopii możemy spatynować, zabarwić lub np. posrebrzyć czy poniklować. Może się jednak zdarzyć, że z jednej matrycy będziemy chcieli otrzymać parę kopii. W takim przypadku brzegi miedzianej kopii musimy przyciąć nożyczkami tak, aby nie łączyły się z ramką i aby umożliwić oddzielenie jej od matrycy. Jeżeli podczas oddzielania modelu od matrycy nie uszkodzimy jej, to po dografitowaniu (gdy jest z masy woskowej) lub powleczeniu warstwą dzielącą możemy na niej galwanicznie formować następny model.

Zdejmowanie miedzianej kopii z matrycy gipsowej lub glinianej czy tworzywa sztucznego nie nastręcza większych trudności pod warunkiem, że brzegi kopii zostaną odpowiednio przycięte.

Czasem zdarza, się, że chcemy pometalizować, np. odlewy medali czy płaskorzeźb z żywicy poliestrowej. Wówczas odlewy takie po odtłuszczeniu aktywujemy, srebrzymy i miedziujemy. Aby wyrobom takim nadać ładniejszy wygląd, czernimy je, po czym przecieramy na miękkiej obrotowej szczotce mosiężnej. Zabieg ten powoduje wybłyszczenie miedzi na powierzchniach wystających, natomiast partie wklęsłe pozostają matowoczarne. Tego rodzaju wykończenie wyrobów miedzianych lub miedziowanych daje doskonałe wyniki.

Stefan Sękowski