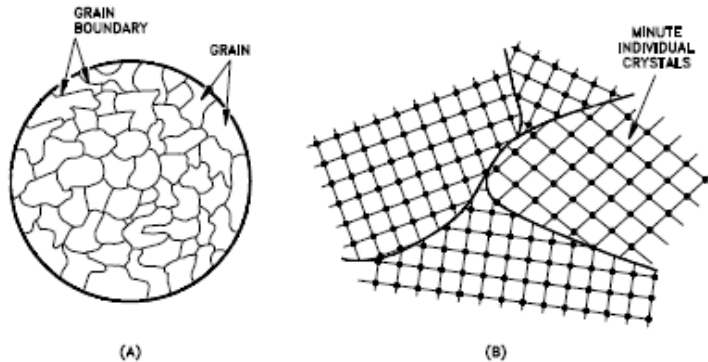


1. Wstęp do Metali	2
1.1 Budowa i Własności.....	2
1.2 Stop.....	2
2. Metalurgia	3
3. Wydobycie	3
4. Obróbka Metali.....	4
4.1 Wytapianie	6
4.2 Formowanie.....	7
4.2.1 Kucie	7
4.2.2. Odlewnie	8
4.3 Połączenia.....	11
5. Metalowe Techniki Dekoracyjne	12
5.1 Wzór Liniowy	12
5.2 Relief.....	13
5.3 Wyrzynanie i Ażur.....	13
5.4 Filigrany	14
5.5 Inkrusty.....	14
5.6 Złocenie i Posrebrzanie.....	15
5.7 Niello(Savat)	16
5.8 Emalie	16

1. Wstęp do Metali

1.1 Budowa i Własności

Metale na ogół mają doskonałą przewodność elektryczną i cieplną, wysoki połysk i gęstość, zdolność do deformacji pod naprężeniem bez rozczepienia. Istnieje kilka metali o niskiej gęstości, twardości i punktach topnienia, które (metale ziemne alkaliczne) są niezmiernie reaktywne i rzadko spotyka się je w ich metalicznej postaci pierwiastkowej. Metale składają się z kryształów zwanymi ziarnami.



Rozmiar i kształt ziaren mają częściowy wpływ na własności fizyczne metali.

- Metale mają zwykle wysokie punkty topnienia i wrzenia z powodu sił wiązania metalicznego. Siła wiązania metalicznego jest różna i zależy od ilości elektronów.
- Metale przewodzą prąd elektryczny.
- Metale są dobrymi przewodnikami ciepła.
- Metale określa się jako kowalne (mogą być zbite na blachy) i ciągliwe (można wykonać z nich druty).
- Metale zwykle zawierają inne materiały w małych ilościach np. zanieczyszczenia, substancją często dodawaną w dużych ilościach jest żużel. Żużel to rodzaj szkła, twrzonego podczas wytopu, pochodzącego z materiału krzemionkowego występującego w większości rud metali.

1.2 Stop

Stop jest roztworem stałym lub mieszaną jednorodną dwóch lub więcej elementów, z których przynajmniej jeden jest metalem, który sam w sobie ma własności metaliczne. Zwykle ma on różne własności pochodzące od elementów składowych. Stopienie jednego metalu z innymi, wzmacnia jego własności. Na przykład, stal jest silniejsza niż żelzo, jej główny element składowy. W przeciwieństwie do metali czystych, większość stopów nie ma ustalonego punktu topnienia.

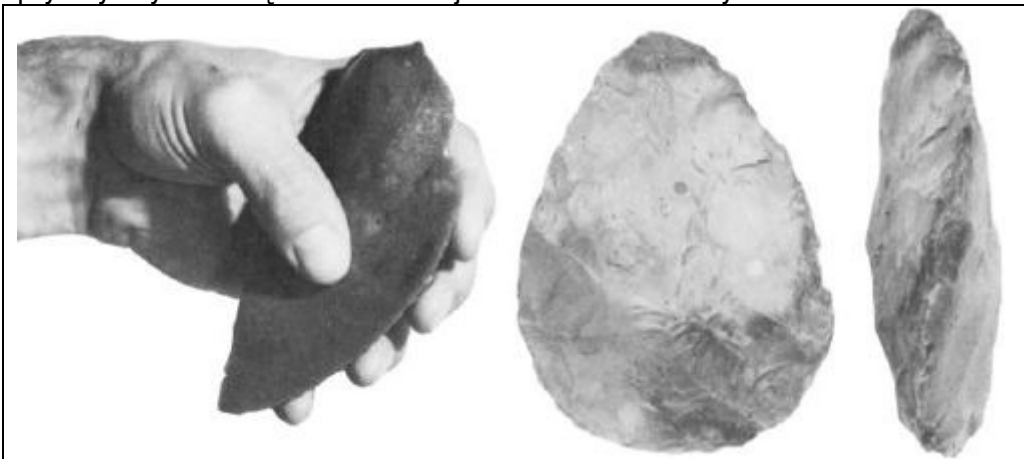
Metal łączy się z pewnymi innymi metalicznymi lub niemetalicznymi substancjami celem nadania mu specjalnych własności, takie jak odporność na korozję, większą twardość, lub kowalność. Najstarszym stopem jest brąz (głównie stop miedzi i cyny), którego powszechne użycie dało nam Epokę Brązu. Stopy są mieszaninami, uzyskanymi poprzez stapianie ze sobą metali. (Pewne elementy, które nie da się ze sobą stopić, np. miedź i grafit, można ze sobą powiązać stosując metalurgię proszkową.) Przed dodaniem elementu stopowego do metalu bazowego w stanie stopionym, należy upewnić się czy jest od wolny od tlenu, który mógłby wejść w reakcję z elementem stopowym redukując ilość jego rozcieńczenia, a to spowodowałoby błąd składu stopu. Celem uniknięcia tej sytuacji, dodaje się odtleniacz; często jest to inny metal.

2. Metalurgia

Metalurgia jest procesem pozyskiwania metali z rud. Metal w swej naturalnej postaci spotykany jest często uwięziony w różnych rudach czy też "skałach macierzystych. Pierwsze ślady procesu odlewania jako metody pozyskiwania metalu datowane są na Erę Chalkolitu. Odlewanie to taki proces, w którym pewien minerał pozyskiwany jest z zanieczyszczonej rudy. Aby dokonać tego, zanieczyszczona ruda musi być najpierw skruszona celem powiększenia pola powierzchni a tym samym skuteczności procesu wytopienia. Fragmenty rudy są następnie umieszczone w tyglu, wraz z paliwem podgrzewanym w ceramicznym piecu umiejscowionym w gruncie. Piec musi być podgrzany do wysokiej temperatury rzędu 1000-1200 °C, aby skutecznie dokonać oddzielenia. Temperaturę taką osiągnięto przez ciągłe nadmuchiwanie powietrza na płomień, aby spalanie było bardziej intensywne. Przy odpowiedniej temperaturze i atmosferze, ruda się stopi a związki mineralne się wytrącają. W sytuacji idealnej wytrącony metal utworzy wlewek, płynny żużel, jako produkt uboczny składający się z materiałów niemetalicznych może być spuszczone. Ślady żużlu znajdowane są często na próbkach pieców i tygli odnalezionych na wykopaliskach. Okazuje się, że nie zawsze osiągnano dostatecznie intensywne ciepło. Wówczas, rudy i metal nie mogły się całkowicie rozdzielić, a to powodowało, że metal zawierał dużo zanieczyszczeń oraz fragmenty żużlu zawierającego duże ilości rudy, w tym wypadku miedzi.

3. Wydobywanie

Na początku kopalnictwa, ludzie po prostu zbierali kawałki miedzi lub złota, dwa metale o charakterystycznym kolorze występują w masowych ilościach i można je wydobyć prymitywnymi narzędziami takimi jak kamienne siekiery i młotki.



Kopalnictwo jest przemysłem polegającym na lokalizacji, odsłonięciu, eksploatacji i przygotowaniu używalnych zasobów naturalnych, takich jak minerały i skała. Najważniejszymi surowcami są węgiel brunatny i kamienny, żelazo i ruda metali, metale szlachetne, ropa naftowa i gaz, sole, minerały, naturalne zasoby masowe, (np. żwir i piasek), oraz kamienie (np. łupek). Surowce te istnieją w przyrodzie w różnej postaci agregatu (stały, płynny, gazowy). Eksploatacja zależy od sytuacji geologicznej oraz głębokości na jakiej się znajdują. Metalurgia znaczy produkcja metali z rudy, lub recyklingu złomu metalowego, żużlu i innych odpadów metalurgicznych dla uzyskania czystego metalu lub jego stopu. W górnictwie rozróżniamy trzy metody wydobywania. Wiercenie stosowane jest do wydobywania surowców gazowych lub płynnych (np. ropa naftowa). W przypadku gdy surowiec taki jak węgiel brunatny, ruda, lub diamenty znajduje się tuż pod powierzchnią ziemi, można go pozyskać odkrywkowo. Gdy surowce znajdują się głęboko w ziemi, wówczas można je wydobyć budując tunele lub szyby, tworząc system podziemnych tras, gdzie można zainstalować maszyny oraz sprzęt potrzebny do wydobywania surowca. Kopalnictwo istnieje już od Epoki Kamienia, Epoki Brązu, we wszystkich kulturach.



4. Obróbka Metali

Obróbka metalu to proces pracy nad metalami celem uzyskania pojedynczych części, urządzeń złożonych, lub wielkich konstrukcji.

Obróbka metalu to prาดawna sztuka, dekoracyjna i funkcjonalna, istniejąca od tysięcy lat. Odkrycie metali było wielkim krokiem cywilizacyjnym. Metale drogocenne stały się popularnymi materiałami do wyrobu ornamentów i ozdób osobistych.

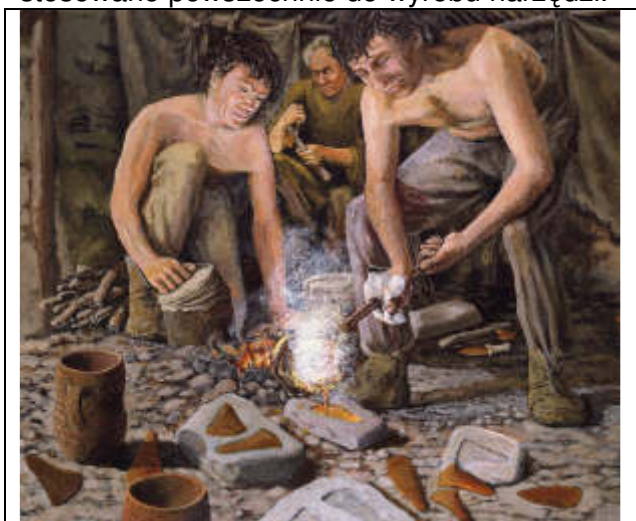


Dokładna data, gdy obróbka metalu stała się czymś powszechnym nie jest znana, chociaż sądzi się, że miało to miejsce na Bliskim Wschodzie 7000 lat przed naszą erą.



Właściwie, to wszystkie metale występują w rudach (skały metalo-nośne), które wymagają ciepła dla odzyskania metalu. Odkrycie i udoskonalenie tego procesu było dużym krokiem w przyszłość. Pierwszymi metalami odzyskanymi z rudy, z użyciem ciepła, była prawdopodobnie miedź i cyna. Miedź jest stosunkowo miękka i nie nadawała się na narzędzia lub broń. Dlatego, kiedy powstał brąz – mieszanka (lub "stop") miedzi i cyny – możliwym było wykonać przedmioty o ostrych i trwałych krawędziach. Po raz pierwszy miało to miejsce w Anatolii, Iranie i Iraku.

Dokładnie takie same procesy wypracowano niezależnie w Brytanii, Chinach i Japonii o różnym czasie, stąd ten długi okres historii (od 4000 do 700 p.n.e.) znany jest jako Epoka Brązu. Później nadeszła Epoka Żelaza, kiedy to zaczęto odlewać żelaza z rudy. Żelazo stosowano powszechnie do wyrobu narzędzi.



W miarę rozwoju metalurgii, procesy stawały się coraz bardziej zaawansowane a wyrabiane przedmioty stawały się bardziej wyszukane i złożone. Jednocześnie złoto i srebro były bardzo cenne i stosowano je do wyrobów dekoracyjnych i biżuterii.

Obróbka metalu jest zajęciem wymagającym przygotowania i doświadczenia zależnie od tego czym zajmuje się metalowiec – jest to istotne dla każdej gospodarki na świecie, każdej kultury i cywilizacji. Sztuka ta ma korzenie w starożytności, i wciąż jest ważna dla każdej społeczności w chwili obecnej. Nikt nie wie dokładnie gdzie lub kiedy były początki obróbki metalu. Wczesne technologie były nietrwałe i ich ślady długo nie przetrwały. Postęp jaki nastąpił wiązał się z skojarzeniem ognia i metali. Kto i gdzie to zrobił – tego nie wiemy.



Niektóre metale wymagały ognia lub obróbki, inne nie. Złoto może być „pierwszym” metalem. Z tego powodu złoto, z uwagi na swoje cechy chemiczne, występuje w przyrodzie w postaci czystej jako samorodek. Innymi słowy, tylko złoto, chociaż rzadko spotykane, występuje w przyrodzie jako czysty metal. Jest kilka wyjątków będących efektem oddziaływania meteorytów. Wszystkie pozostałe metale znajdujemy w rudach, skale minerał-nośnej, która wymaga ciepła, oraz innych procesów, do uwolnienia metalu. Cechą złota jest to, że można go obrabiać w takiej postaci w jakiej jest znajdowane, co oznacza, że technologia ogranicza się do oka, aby znaleźć samorodek, młotka i kowadła, żeby ten metal obrobić. Dla tej technologii, młotek i kowadło z kamienia zupełnie wystarczą. Wynika to z własności kowalnych i ciągliwych złota. Pierwszymi narzędziami były kamień, kość, drewno i ścięgno. D obróbki złota były one wystarczające.

4.1 Wytapianie

Wytapianie oznacza oddzielenie metalu od swej rudy (minerał zawierający metal) poprzez podgrzanie rudy w piecu do bardzo wysokiej temperatury. Podczas procesu odlewania, tlen w rudzie wiąże się z węglem w paliwie i uchodzi w postaci tlenku lub dwutlenku węgla, pozostawiając metal w płynnej postaci. Inne zanieczyszczenia także usuwane są podczas wytapiania. W czasie odlewania temperatura w piecu jest podnoszona.



4.2 Formowanie

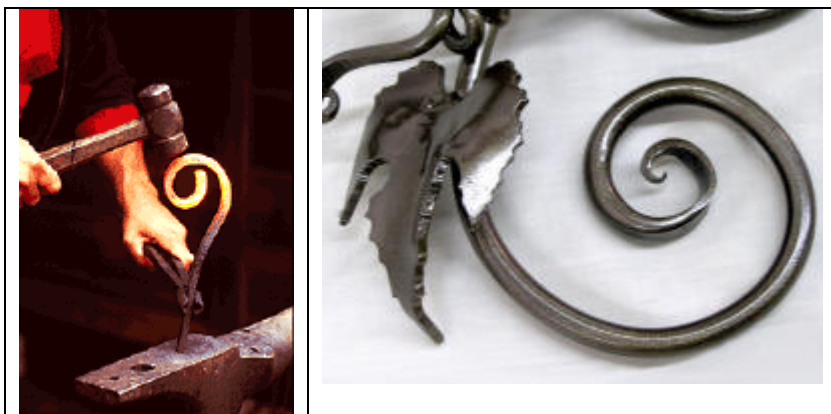
Proces ten modyfikuje kształt przedmiotu poprzez deformację przedmiotu bez jakiegokolwiek ubytku materiału. Formowanie na specyficzny kształt następuje poprzez: podgrzanie metalu do stanu ciekłego, wlanie do formy, oraz schłodzenie; podgrzanie aż metal stanie się na tyle plastyczny, aby użyć siły mechanicznej do jego formowania (kucie na gorąco jest przykładem nadania metalowi odpowiedniego kształtu przy użyciu takich narzędzi jak młoty czy też prasy hydrauliczne, a materiał pozostaje w temperaturze kowalnej); proste użycie siły mechanicznej (ciągnięcie drutu miedzianego jest tego przykładem).



4.2.1 Kucie

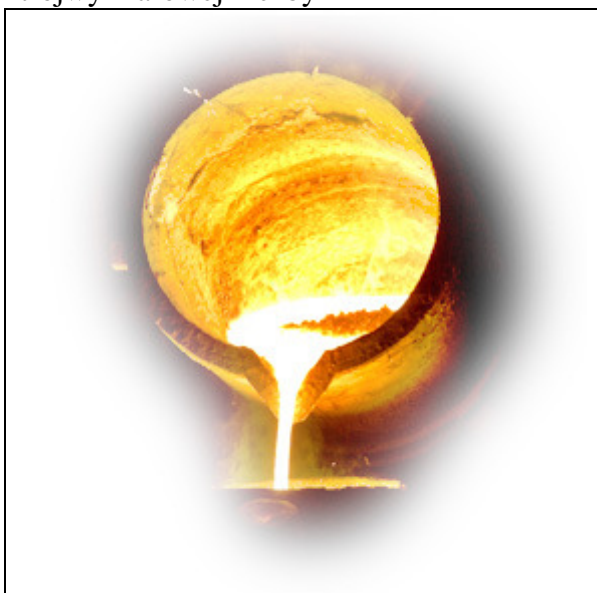
Kucie metalu jest metodą kształtowania metalu przez bicie młotem. Zimne kucie ogranicza się do względnie miękkich metali np. złoto, srebro, oraz stopów miedzi. Większość metali kuje się na gorąco. Przedmiot wykonany drogą kucia na gorąco jest silniejszy, mniej kruchy aniżeli odlany w formie. Oprócz bicia młotkiem, metale kształtuje się też z użyciem dłut lub narzędzi do wykrawania.





4.2.2. Odlewanie

Odlewanie jest procesem w którym materiał wprowadzany jest do formy w postaci płynnej, pozwala się na jego stężenie wewnątrz formy, i w postaci gotowego wyrobu usuwa się go z formy. Odlewanie jest często stosowane do wykonania jednej lub więcej kopii trójwymiarowej rzeźby.



4.2.2.1 Metoda Odlewania od Góry

Jest jeszcze inna metoda kształtowania metalu. W mokrą glinę wciska się przedmiot, lub też, z użyciem rąk i narzędzi, rzeźbiarz wykonuje wzór w glinie. Następnie glinę podgrzewa się i suszy. Metal wlewa się poprzez specjalnie przygotowane kanały. Kiedy forma gliniana jest zimna, rozbija się ją odsłaniając metalowy przedmiot, który następnie wygładza się pilnikiem i szlifuje.



4.2.2.2 Odlewanie Piaskowe

Odlewanie piaskowe stosuje się głównie do odlewania płaskich, reliefowych rzeźb. Odlewanie piaskowe, lub piaskowo-modelowe polega na wlaniu stopionego, płynnego metalu do zagłębienia w formie. Form jest schładzana aż metal skrzepnie. W ostatniej fazie odlew oddzielany jest od formy. Mamy cztery fazy w tym procesie:

- Proces zaczynamy od wypełnienia kadzi piaskiem.
- Piasek jest zmaczany, i w mokrym piasku odciskany jest przedmiot, lub też, z pomocą rąk lub narzędzi, rzeźbiarz wykonuje wzór w piasku, który następnie poddaje się wysuszeniu.
- Stopiony metal wlewamy ostrożnie do zagłębienia i pozostawiamy do schłodzenia
- Następnie, artysta może przystąpić do obróbki przedmiotu przez „wygładzenie” przedmiotu, lub pozostawienie go z powierzchnią porowatą charakterystyczną dla przedmiotów odlanych metodą piaskową.



4.2.2.3 Odlewanie Gipsowe

Odlewanie gipsowe jest podobne do piaskowego, z tym, że zamiast piasku używamy gips. Raz użyta i rozbita, forma gipsowa właściwie nie nadaj się do ponownego użytku. Odlewanie gipsowe stosuje się do metali nieżelazowych takich jak stopy aluminiowe, cynkowe,

miedziowe. Nie może być używane dla materiałów żelazowych, ponieważ siarka zawarta w gipsie powoli reaguje. Przed przygotowaniem formy, wzór spryskiwany jest związkami oddzielającymi, aby zapobiec przyleganiu formy do wzorca. Całość należy wstrząsać aby gips dostał się do najmniejszych zakamarków wzorca. Formę usuwa się po stężeniu gipsu.

4.2.2.4 Odlewanie Skorupowe

Odlewanie skorupowe jest podobne do piaskowego, z tym, że używamy mieszaniny piasku i 3-6% żywicy dla spojenia ziaren.

- Przygotowanie płyty
- Zmieszanie żywicy i pasku
- Podgrzanie wzorca zwykle do temp. 505-550 °K
- Przygotowanie modelu wytapianego (piasek jest po jednej stronie skrzynki, a model po drugiej, skrzynkę inwertuje się w zależności od pożądanej grubości młyna)
- Utwardzanie i wyżarzanie skorupy
- Usunięcie formy
- Wstawienie rdzeni
- Przygotowanie drugiej połówki
- Złożenie formy
- Napełnienie formy
- Wyjęcie odlewu
- Oczyszczenie i wyrównanie powierzchni

4.2.2.5 Odlew z Modelu Wytapianego (Odlewnie Metodą Traconego Wosku)

Alternatywną metodą kształtowania metalu jest metoda traconego wosku, lub *cire perdue*. Metoda ta pozwala na odlewanie przedmiotów posiadającym zagłębienia.

- Z gliny lub gipsu wykonywany jest model przedmiotu
- Forma gliniana pokrywana jest warstwą wosku (lub podobnego materiału o niskim punkcie topnienia). Grubość warstwy wosku jest istotna, ponieważ decyduje ona o ostatecznej grubości metalu.
- Na wosku wykonujemy drugą warstwę gliny.
- W glinie pozostawia się kanały drenażowe
- Podgrzewamy całą formę i stopiony wosk wypływa przez kanały
- Wlewamy stopiony metal
- Po schłodzeniu i stwardnieniu metalu, usuwamy glinianą powłokę, i przedmiot metalowy jest gotowy.



1. Gliniana forma głowy

2. Gliniana forma pokryta warstwą wosku



3. Wosk pokryty gliną następnie wytopiony
I zastąpiony metalem. Gлина częściowo usunięta
odstania metalowy przedmiot.

4.2.2.6 Odlewanie Kokilowe

Odlewanie kokilowe opracowane było przez Elish K. Root, zatrudnionego w fabryce siekier S. W. Collins'a w Canton, Connecticut w latach 30-tych 19 wieku.

Odlewanie kokilowe polega na wlewu stopionego metalu do formy pod ciśnieniem.

Większość odlewów kokilowych wykonuje się z metali nieżelaznych (cynk, miedź, aluminium, magnez, ołów, stopy cynowe), chociaż możliwym jest wykonywanie odlewów żelazowych.

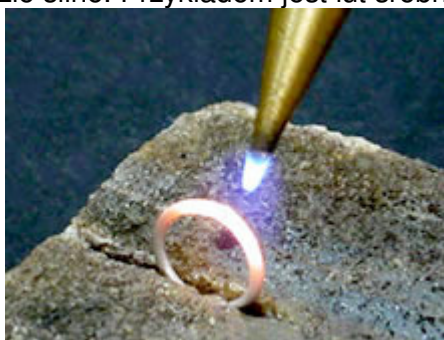
4.3 Połączenia

Metale można połączyć mechanicznie przez zamkowanie lub nitowanie, lub strukturalnie.

Niektóre metale mają tę cechę, że kiedy dwie powierzchnie są w kontakcie (przez podgrzanie lub kucie) trzymają się siebie pospawane. Są jednak inne metody łączenia metali, te jednak wymagają użycia dodatkowych materiałów.



Lutowanie znaczy utworzenie stopu między lutem a powierzchnią łączonych metali. Zatem, aby lutowanie było efektywne, lut musi wytworzyć stop z metalem, musi być w ścisłym kontakcie z metalem bez interferencji warstwy utlenionej. Kontakt taki uzyskamy o ile oczyścimy powierzchnię metalu i zastosujemy roztopiony lut, co oznacza, że musi o mieć niższy punkt topnienia niż metal. Jeśli dwie krawędzie metalu są wstępnie pokryte lutem, a potem połączone przez podgrzanie, połączenie takie nazywane jest „poceniem”. Twarde luty są stopami metalowymi o wysokim punkcie topnienia, które często zaledwie trochę są niższe od punktu topnienia łączonych metali. Stapianie między lutem a metalem będzie silne. Przykładem jest lut srebrny na srebrze, lub spawanie twarde na mosiądzu.



Miękkie luty mają niższe punkty topnienia. Najczęściej spotykamy luty stopów ołowiu/cyny. Topią się one w temp. $\sim 183^{\circ}\text{C}$.



5. Metalowe Techniki Dekoracyjne

5.1 Wzór Liniowy

Wzory liniowe wykonujemy młotkiem lub narzędziem trasującym, rzeźbienie. Narzędziem trasującym jest małe dłuto. Krawędź jest lekko zaokrąglona, ponieważ narzędzie nie służy do wycinania. W rzeźbieniu głównym narzędziem jest rylec.



5.2 Relief

Metoda podniesienia wzoru lub obrazu na tle metalu; zimne wytlaczanie, użycie młotka, odlewanie. Procesy te nie wykluczają się nawzajem. Możliwa jest ich dowolna kombinacja. Zimne wytlaczanie prawie zawsze łączy się z inną metodą. Pozostałe metody też tworzą kombinacje co może stanowić utrudnienie w rozpoznaniu metod pierwotnych.

Relief może być podniesiony przez zimne wytlaczanie i odcięcie tła

Repaus jest metodą pozwalającą kształtować metal po jego odwrotnej stronie. Jest stara metoda stosowana od kiedy człowiek miał do czynienia z metalem.

Grawerowanie jest metodą przeciwną do repausu – obie są stosowane jednocześnie.

Repaus stosowany jest na odwrotnej stronie metalu dla uzyskania podniesionego wzoru na przodzie, a grawerowanie wykańcza stronę przednią. Określenie grawerowanie odnosi się do rowka, kanału lub wgniecenia.



5.3 Wyrzynanie i Ażurowanie

Wzory dekoracyjne można wyciąć w powierzchni. Wyrzynanie odnosi się do nacięć wzdłuż krawędzi metalowych płyt. Metoda wycinania motywów dekoracyjnych, odsłaniających warstwę metalu nazywana ażurową.



5.4 Filigrany

Filigran (dawniej pisany *filigrann* lub *filigrane*; znane także jako **telkari**, nazwa nadana w *Anatolia*, znacząca "wyrób drutowy", oraz **cift-isi**, wymawiane *chift-ishi*, znaczący "wyrób pincetowy") jest delikatnym wyrobem jubilerskim ze złota lub srebra o krętym motywie przypominającym wstążki.



5.5 Inkrusty

Znaną metodą dekoracyjną są inkrusty, często spotykane na drewnianych kolbach broni, sufitach i powierzchniach metalowych.

Kanały lub miejsca zagłębione i ukształtowane w odpowiedni wzór wyrzeźbione są w powierzchni a następnie wypełnione materiałem inkrustowym. Podczas gdy powierzchnie metalowe są zwykle inkrustowane innym metalem np. złoto, srebro, stopy miedziowe, to drewniane elementy broni są inkrustowane kością słoniową, rogową, masą perłową, skorupą żółwiową, drutem srebrnym lub złotym.



5.6 Złocenie i Posrebrzanie

Zastosowanie złota i srebra na powierzchni przedmiotu, ogólnie znane jako złocenie, jest kolejną metodą kolorowania. Proces tradycyjnie zakłada zastosowanie bardzo cienkiej powłoki złota lub srebra na danej powierzchni. Do nałożenia powłoki stosujemy określony materiał adhezyjny wodny lub olejowy, lub też, stosujemy sproszkowany metal w zawieszynie (farba złota lub lakier). Metoda ta jest często stosowana do pokrywania ścian, sufitów i kopuł. Trwalszą metodą znaną jako amalgamat lub złoceniem „ogniowym” stosowano dla małych przedmiotów, broni i zbroi. Sproszkowane złoto wiązano z rtęcią (amalgamat) i nakładano na powierzchnię, następnie wytrawiano celem usunięcia rtęci, pozostawiając złoto związane z powierzchnią metalową.





5.7 Niello(Savat)

Niello jest czarnym błyszczącym materiałem używanym głównie jako inkrust na srebrze lub złocie. Jest to albo mieszanka siarczków miedziowych lub srebrowych, prościej siarczku srebra; wtapiany jest w substrat metalu. Po rozdrobieniu siarczek wprowadzany jest w uprzednio przygotowane wyżłobienie. Całość jest wyrównywana i szlifowana dla otrzymania chromatycznego kontrastu między niello i kolorem bazowym metalu.

Niello=S+Ag+Cu lub Niello=S+Cu+Pb

Na przykład;

Niello= 4 części S+ 1 część Cu+ 1 część Pb (+1 część Ag)



5.8 Emalie

Emalie wykonuje się przez pokrycie stopów miedziowych, srebra, złota a nawet żelaza, szkłem. Zwykle sproszkowane szkło ładnie się na metal i podgrzewa, tak aby zgrzało się z metalem; temperatura zależy od składu szkła i metalu. Wybrane szkło musi mieć punkt topnienia poniżej metalu, zwiąże się z metalem i skurczy w tym samym tempie co metal, o zapobiegnie popękaniu i odpadaniu szkła. Zamiast sproszkowanego szkła można użyć bloki szkła, wówczas należy użyć materiałów adhezyjnych.

