



10. Odlewnictwo w przemyśle, w kinie i w domu

Andrzej Trytek

10.1 Wstęp

Czy współcześnie możemy funkcjonować bez odlewów? Odpowiedź brzmi NIE! Jeśli człowiek, na kolejnych etapach ewolucji, nie rozwijałby technologii odlewania metali, nie byłoby możliwe wykonywanie wyrobów ze złota, żelaza i miedzi. Ludzie od kilkunastu tysięcy lat używali metali, a dzięki możliwości ich topienia oraz dowolnego nadawania przydatnych kształtów, wykonywali np. broń, narzędzia, naczynia i ozdoby.

Setki lat rozwoju cywilizacji i związana z nią produkcja metali to lata doświadczeń ludwisarzy, kowali czy nawet alchemików, które spowodowały rozwój wytwarzania produktów metalowych. Początkowo wytwarzano broń (armaty i kule), groty strzał, toporki, elementy zbroi i powozów, wyroby jubilerskie, monety, pomniki oraz dzwony. Obecnie przemysł produkuje zaawansowane technologicznie elementy, części i wyroby wielu zastosowań, które wykonywane są z różnych metali. Współcześnie najczęściej spotykanymi pierwiastkami metalicznymi w produkcji przemysłowej są: Fe – żelazo, Al – aluminium, Cu – miedź, Sn – cyna, Zn – cynk, Mg – magnez, Cu – złoto, Ag – srebro, Pb – ołów. Jednak czyste metale, ze względu na niską wytrzymałość, są stosowane tylko w jubilerstwie i elektrotechnice. Natomiast powszechnie stosuje się mieszaniny metali z innymi pierwiastkami metalicznymi

i niemetalicznymi. Taką mieszaninę nazywa się stopem. **Stop** to mieszanina co najmniej dwóch pierwiastków, przy czym jeden z nich, który stanowi większość, to metal. Przygotowaniem stopów zajmują się przedsiębiorstwa branży metalurgicznej (huty oraz odlewnie). Huty żelaza, aluminium lub miedzi przygotowują stopy z kopaliny (rud metali) oraz surowców wtórnych (złomu) i innych składników niemetalicznych. Odlewnie natomiast zajmują się wykonywaniem odlewów z różnych stopów w zależności od potrzeb.

W praktyce przemysłowej stopy odlewnicze składają się z wielu pierwiastków stopowych. Najczęściej spotykane stopy odlewnicze to (rys. 10.1):

- stal: mieszanina – żelaza (Fe) z węglem (C), chromem (Cr), niklem (Ni), manganem (Mn), miedzią (Cu) i innymi pierwiastkami;
- żeliwo: mieszanina – żelaza (Fe) z węglem (C), krzemem (Si), manganem (Mn) i innymi pierwiastkami;
- stopy aluminium: mieszanina – aluminium (Al) z krzemem (Si), magnezem (Mg), miedzią (Cu) i innymi pierwiastkami;
- stopy miedzi:
 - mosiądze: mieszanina miedzi (Cu) i cynku (Zn) i innymi pierwiastkami,
 - brązy: mieszanina miedzi (Cu) i cyny (Sn) i innymi pierwiastkami.



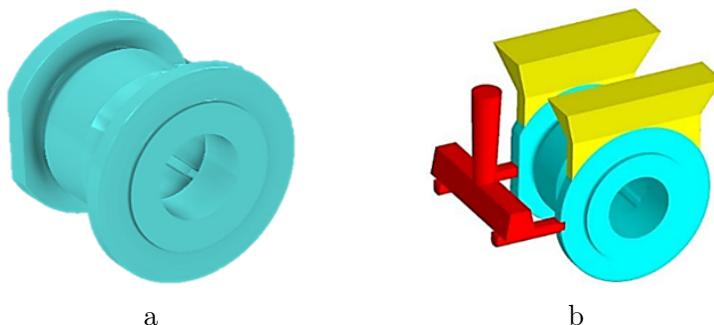
Rysunek 10.1: Przykłady wykorzystania stopów do odlewania: a) stal – elementy silnika lotniczego, b) żeliwo – tarcza hamulcowa samochodu, c) stop aluminium – blok silnika spalinowego, d) mosiądz – śruba okrętowa, e) brąz – rzeźba Jana III Sobieskiego

10.2 Co to jest odlewnictwo?

Definicja 10.1 — Odlewnictwo. Jest to dziedzina techniki zajmująca się wytwarzaniem metalowych przedmiotów. Odlewnictwo polega na wykonywaniu odlewów, czyli części maszyn lub gotowych wyrobów. Dzieje się to w trzech etapach:

1. Wykonanie formy odlewniczej.
2. Przygotowanie ciekłego stopu odlewniczego (topienie).
3. Zalanie formy ciekłym stopem.

Wykonanie wspomnianej formy odlewniczej wymaga zastosowania modelu. Model z kolei jest to bryła, która swoim kształtem odwzorowuje kształt odlewu w formie (rys. 10.2a). Kształt wewnętrzny odlewu odtwarza rdzeń, który przygotowuje się w rdzennicach. Tak więc forma odlewnicza to bryła przestrzenna, która została wykonana przy użyciu modelu i zawierająca układ wlewowy (rys. 10.2b) w masie formierskiej.

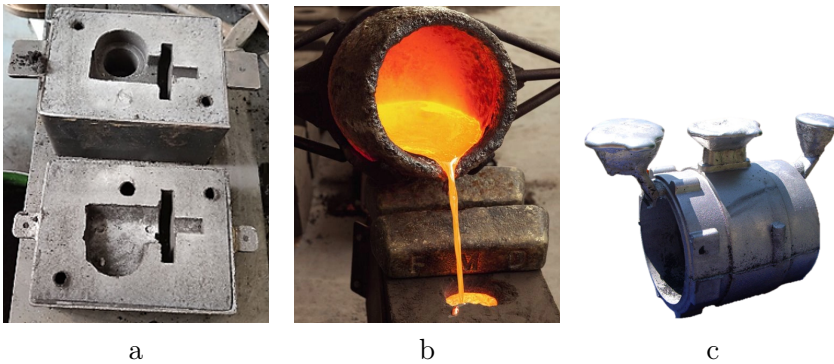


Rysunek 10.2: Przykładowy model odlewniczy: a) model tulei (niebieski kolor), b) model tulei (niebieski kolor) wraz z układem wlewowym (czerwony i żółty kolor)

Forma składa się najczęściej z dwóch części i rdzenia (jeśli jest potrzebny) (rys. 10.3a). Następnie do gotowej formy wlewa się ciekły stop odlewniczy (rys. 10.3b). Formy odlewnicze możemy podzielić na:

- jednorazowe,
- wielokrotnego użycia.

Formy jednorazowe wykonuje się z masy formierskiej, która składa się z piasku i dodatków wiążących. Z kolei formy wielokrotnego użycia wykonywane są ze stopów metali, pod warunkiem, że temperatura topnienia tego stopu jest znacznie wyższa od temperatury stopu, który będzie wlewany do tej formy.



Rysunek 10.3: Przykładowe etapy wykonania odlewu: a) gotowa forma z masy piaskowej b) zalewanie formy ciekłym stopem, c) surowy odlew wraz z układem wlewowym

10.3 Gdzie możemy spotkać odlewy?

Każdy człowiek od tysięcy lat, niezależnie od wykształcenia i miejsca zamieszkania, używa odlewów bezpośrednio lub innych rzeczy zbudowanych z odlewów (np. biżuteria, srebrne sztuce, żeliwne i miedziane naczynia, broń, kaloryfer, samochód, samolot). Największymi odbiorcami i użytkownikami odlewów są firmy produkujące gotowe wyroby i części do nich, medycyna oraz sztuka. Odlewy wykorzystywane są w przemyśle lotniczym i kosmicznym, zbrojeniowym, motoryzacyjnym, okrętowym, maszynowym i elektromaszynowym, energetycznym, chemicznym i petrochemicznym oraz spożywczym. Natomiast odlewy, które znajdziemy w gospodarstwie domowym, użytkowane są w urządzeniach kuchennych, sztucach i naczyniach, armaturze łazienkowej, meblach ogrodowych, żyrandolach, balustradach, ogrodzeniach, jak również urządzeniach RTV. Z kolei branża medyczna wykorzystuje odlewy w produkcji urządzeń medycznych, narzędzi chirurgicznych i implantów. Nie możemy nie wspomnieć o kulturze i sztuce, w których od tysięcy lat wykonuje się odlewy płaskorzeźb, pomników, dzwonów, figurek, ozdób, a także biżuterii.

10.4 Historia i współczesność w odlewnictwie

Odlewnictwo antyczne

Odlewnictwo jest najstarszą metodą wytwarzania wyrobów metalowych zastosowaną przez człowieka (ok. 5000 p.n.e.). Jako rzemiosło znane

było już w starożytności i wykorzystywane do wytwarzania wyrobów ze złota i miedzi, które przetwarzano na ozdoby, narzędzia, broń, biżuterię i naczynia (rys. 10.4). Zasady wykonywania wyrobów ze złota i brązu, tzw. metodą wytapianych modeli woskowych, pozostały do dziś i stanowią najdokładniejszą nowoczesną technologię wykonywania odlewów o skomplikowanych kształtach, np. wyrobów jubilerskich, elementów silników lotniczych, implantów medycznych oraz narzędzi chirurgicznych.



Rysunek 10.4: Archeologia: a) odlew z brązu, głowa władcy Niniwy – Mezopotamia ok. 2000 p.n.e., b) zestaw biżuterii – Etruskowie, VII wiek p.n.e.

Znane odlewy w Polsce

Najbardziej znanymi odlewami w Polsce są „Drzwi Gnieźnieńskie”, które znajdują się w Katedrze Gnieźnieńskiej oraz „Dzwon Zygmunta” w Katedrze Wawelskiej w Krakowie (rys. 10.5).

„Drzwi Gnieźnieńskie” datowane są na lata 1170-1180. Wykonano je ze stopu miedzi (brązu). Dwuskrzydłowe drzwi o wymiarach 328×84 cm i 323×83 cm oraz grubości około 2 cm odlano precyzyjną metodą wytapiania modeli woskowych. Natomiast „Dzwon Zygmunta” jest najbardziej znanym dzwonem w Polsce. Wykonany został z brązu w 1520 roku na zlecenie Zygmunta I Starego. Dzwon waży 11 ton. Jego średnica wynosi 242 cm, wysokość to 241 cm, grubość od 7 do 29 cm, a masa serca dzwonu to 365 kg.



a

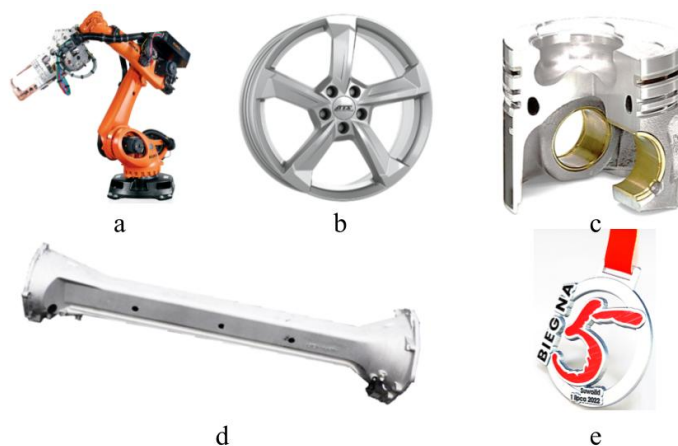
b

Rysunek 10.5: Słynne odlewy w Polsce: a) „Drzwi Gnieźnieńskie”, b) „Dzwon Zygmunta”

Odlewnictwo na Podkarpaciu

Województwo podkarpackie to obszar przemysłowy, który jest mocno związany z przemysłem metalurgicznym i tradycjami odlewniczymi. Branża odlewnicza na Podkarpaciu reprezentowana jest przez kilkadziesiąt podmiotów gospodarczych. Podkarpackie firmy, zajmujące się odlewnictwem, znajdują się w Rzeszowie, Stalowej Woli, Gorzycach, Nisku, Tarnobrzegu, Ulanowie, Nowej Sarzynie, Nowej Dębie, Mielcu, Przemyślu, Jaśle, Sanoku, Pilźnie, Głogowie Małopolskim, Zaczerniu, Trzebownisku, Woli Rafałowskiej, Narolu oraz Orłach. Odlewnie te wykonują elementy ze stopów Fe, Al, Mg, Zn, Cu, Au, Ag, Ti, Co, Ni i Cr.

Wytwarzanie maszyn, urządzeń, pojazdów, samolotów oraz wielu innych wyrobów wymaga ich zaprojektowania i wykonania części, niejednokrotnie o bardzo skomplikowanych kształtach. Wyprodukowanie ich jest możliwe poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii odlewania. Są to odlewy na najwyższym światowym poziomie dla odbiorców najdroższych marek samochodów osobowych, koncernów lotniczych oraz uznanych producentów maszyn, urządzeń i robotów przemysłowych.



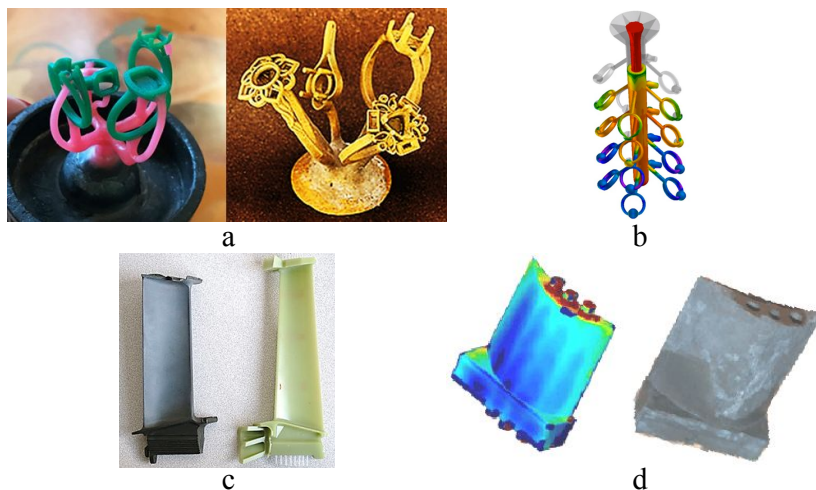
Rysunek 10.6: Odlewy wykonywane w Stalowej Woli i okolicy: a) odlewy ramion robotów KUKA, b) felgi samochodów osobowych, c) tłoki silników spalinowych, d) obudowa napędu do samochodu Aston Martin, e) medale okolicznościowe

Bardzo szeroka gama metod odlewania oraz wieloletnie tradycje i doświadczenie kadry inżynierskiej sprawia, że to właśnie na Podkarpaciu wielu światowych producentów znanych marek handlowych produkuje swoje wyroby (rys. 10.6). I tak na przykład największy dzwon na świecie powstał 20 września 2018 roku dzięki ponad 200 letniej, rodzinnej tradycji odlewniczej Pracowni Jana Felczyńskiego w Przemysłu. We współpracy z odlewnią w Krakowie odlano dzwon z brązu, którego ciężar to 55 ton, średnica to 4,5 m, a wysokość 4 m (rys. 10.7). Dzwon wykonano na zlecenie Sanktuarium znajdującego się w mieście Trindade w Brazylii.



Rysunek 10.7: Największy dzwon na świecie: „Vox Patris” – głos Ojca

Współczesne odlewnictwo precyzyjne to łączenie doświadczeń kilku tysięcy lat i nowoczesnych narzędzi, maszyn oraz komputerów. Stosowana w czasach antycznych technika modeli woskowych jest wykorzystywana także dzisiaj, głównie do odlewania wyrobów jubilerskich oraz do najbardziej odpowiedzialnych części silników samolotów odrzutowych (rys. 10.8).

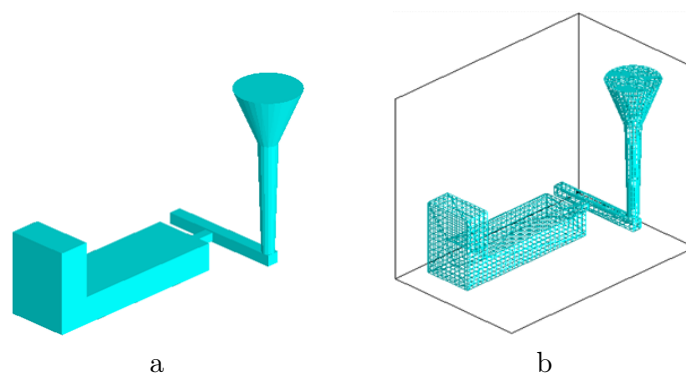


Rysunek 10.8: Odlewy precyzyjne: a) modele woskowe pierścionków i ich odlewy ze złota, b) symulacja odlewania pierścionków, c) model woskowy i odlew łopatk silnika odrzutowego, d) symulacja i gotowy odlew łopatk silnika odrzutowego

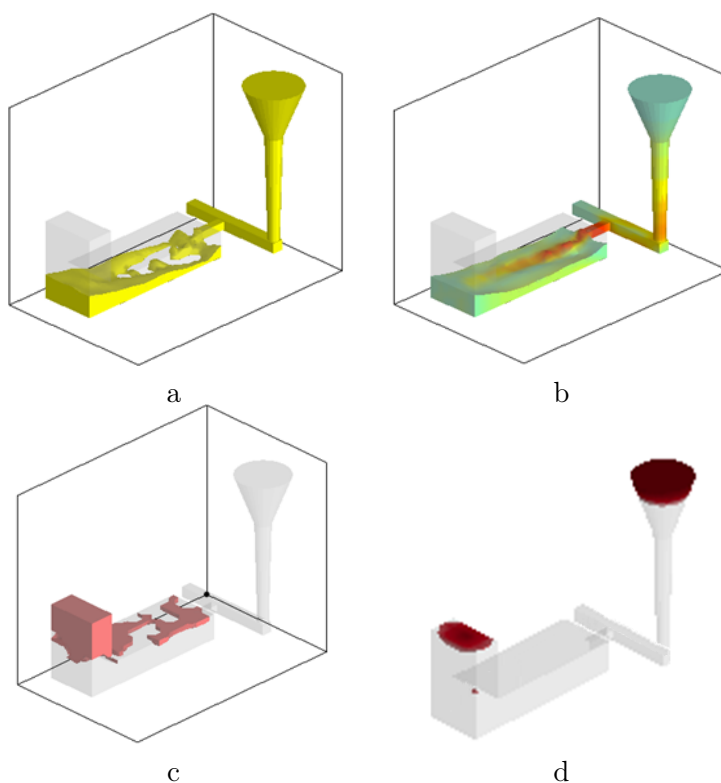
Na Podkarpaciu również wykonywane są odlewy precyzyjne dla przemysłu lotniczego, motoryzacyjnego oraz armatury i wyrobów jubilerskich. W przypadku tych współczesnych wyrobów, przed ich odlewaniem, wykonuje się komputerową symulację tego procesu. Symulacje takie przeprowadza się w odlewniach oraz laboratoriach uczelni technicznych.

10.5 Symulacje komputerowe w odlewnictwie

Współczesne wytwarzanie odlewów wymaga zastosowania nowoczesnych technik komputerowych. Obecnie każda odlewnia przed rozpoczęciem produkcji, przeprowadza próby komputerowego odlewania, tj. symulację. Symulacja odlewania wymaga przygotowania modelu komputerowego CAD, przetworzenia go na bryłę MESH, zadania odpowiednich parametrów zalewania formy i uruchomienia symulacji (rys. 10.9).



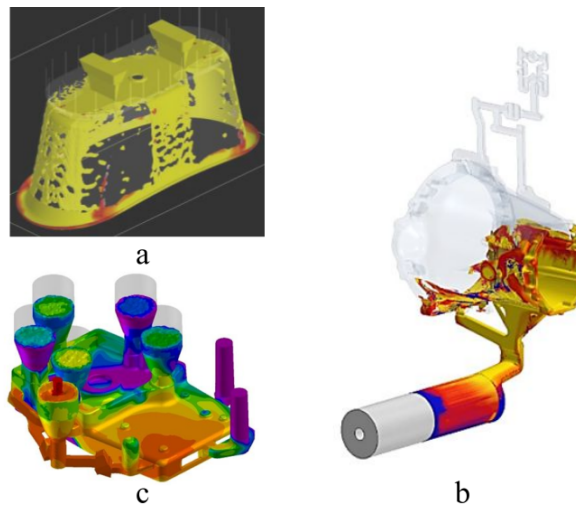
Rysunek 10.9: Przygotowanie do symulacji odlewania: a) model CAD, b) bryła MESH



Rysunek 10.10: Symulacja odlewania: a) przepływ ciekłego metalu, b) rozkład prędkości, c) rozkład ciśnienia, d) porowatość w odlewie

W trakcie symulacji można prowadzić obserwację przepływu ciekłego metalu we wnęce formy odlewniczej, rozkład prędkości strugi ciekłego metalu, rozkład ciśnienia i temperatury, jak również porowatość w każdym punkcie odlewu. Na tej podstawie ocenia się optymalne warunki odlewania oraz możliwość powstawania wad (rys. 10.10).

Przykładowe symulacje odlewania wanny żeliwnej, aluminiowej obudowy przekładni oraz stalowego elementu korpusu maszyny wykonane w warunkach przemysłowych przedstawiono na rysunku 10.11.

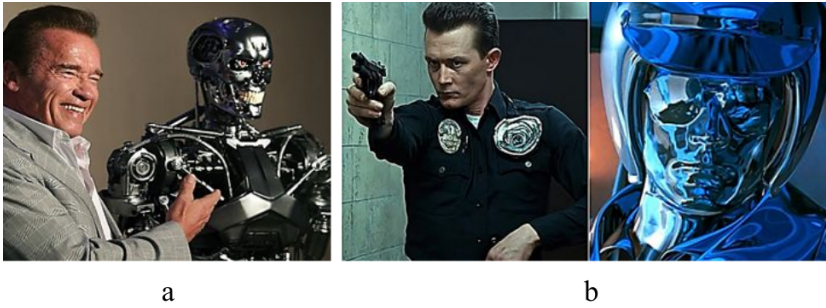


Rysunek 10.11: Symulacje odlewania: a) przepływ metalu – przerywana struga, b) pole temperatury podczas odlewania ciśnieniowego

10.6 Odlewnictwo w kinie

Specyficzne możliwości kształtowania metali (poprzez ich topienie) stały się natchnieniem dla autorów książek, na podstawie których opracowano scenariusze wielu hitów kinowych. Odlewnictwo ma swoje kultowe sceny, między innymi w kinematografii.

Najsłynniejszą sceną filmową związaną z odlewnictwem jest scena finałowa filmu „Terminator 2” (1991 rok), w której Arnold Schwarzenegger jako terminator T-800 (rys. 10.12a) roztopia się w ciekłym metalu (rys. 10.13). Wątki metalurgiczne to także „Terminator 2” (1991 rok). Tutaj postać terminatora T-1000 (Robert Patrick) jest wykonana z płynnego metalu, dzięki czemu szybko zmienia wygląd oraz kształt (rys. 10.12b).



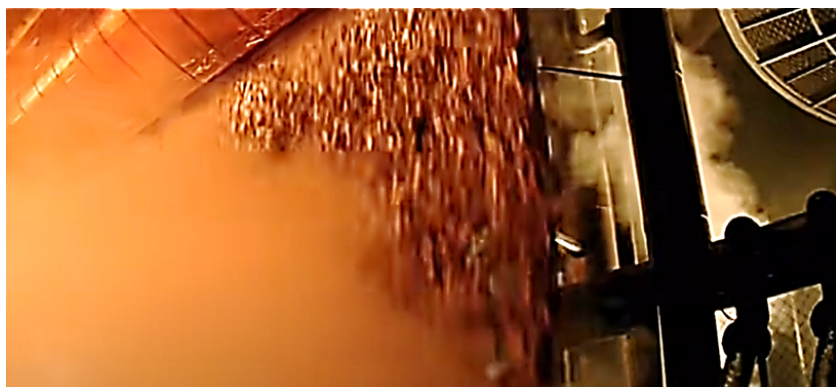
Rysunek 10.12: Odlewnictwo w kinie: a) Arnold Schwarzenegger jako Terminator T-800, b) Robert Patrick i Terminator T-1000



Rysunek 10.13: Kadr z filmu „Terminator 2”, 1991: T-800 roztapia się w ciekłym metalu

Z kolei w filmie „Obcy 3” (1992 rok) akcja rozgrywa się w dalekiej przyszłości w firmie metalurgicznej. Główna postać Ripley (Sigourney Weaver) w scenie finałowej, odgrywającej się w odlewni, wykorzystuje ciekły ołów (rys. 10.14). Kolejnym przykładem wykorzystania odlewnictwa w kinematografii jest druga część trylogii filmowej „Hobbit. Pustkowie Smauga” (2014 rok), gdzie grupa głównych bohaterów wytapia złoto i zalewa nim smoka (rys. 10.15). Warto obejrzyć jeszcze raz te filmy i zwrócić szczególną uwagę na te wątki.

Jak widzimy, motywy związane z metalurgią i odlewnictwem pojawiają się w wielu utworach literackich i filmowych, ale najlepiej poznać tę technologię i jej możliwości samemu. Możliwe jest to również w warunkach domowych. W kolejnym rozdziale znajduje się instrukcja, jak samemu wykonać prosty odlew.



Rysunek 10.14: Kadr z filmu „Obcy 3” 1992, zalewanie formy ciekłym ołowiem



Rysunek 10.15: Kadr z filmu „Hobbit. Pustkowie Smauga” 2014, roztopione złoto i smok

10.7 Jak zrobić odlew w domu?

Wykonanie odlewu w warunkach domowych nie jest trudne, ale wymaga zastosowania odpowiedniego wyposażenia oraz kilku materiałów:

- model – do odtworzenia kształtu (rys. 10.16a),
- cyna lutownicza – materiał na stop odlewniczy (rys. 10.17a),
- glina rzeźbiarska – materiał formierski (rys.10.16b),
- naczynie metalowe – do topienia cyny (rys. 10.17b),
- kuchenka gazowa lub elektryczna do rozgrzewania cyny w naczyniu,
- folia aluminiowa, olej silikonowy – materiały pomocnicze,
- rękawice kuchenne do gorących naczyń.

! Samodzielne wykonanie odlewu będzie wymagało użycia ciepłego metalu o temperaturze około 200°C. Dlatego należy zachować szczególną ostrożność lub poprosić o pomoc osobę dorosłą.

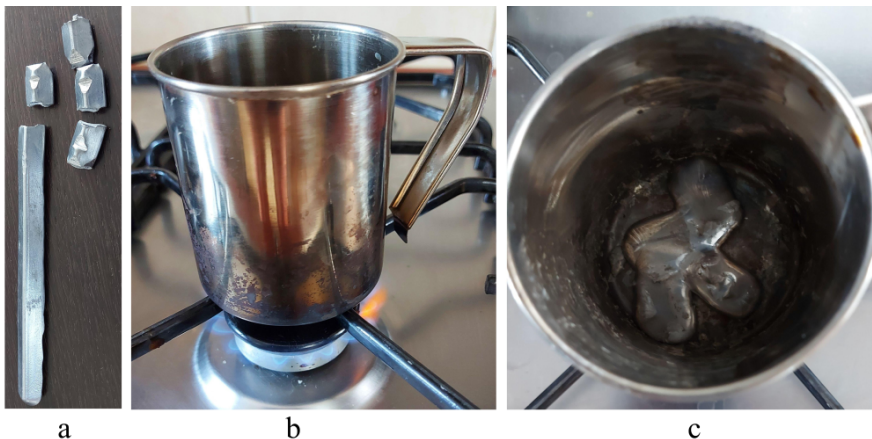


Rysunek 10.16: Wykonanie formy odlewniczej: a) model, b) model na podłożu z folii, c) masa formierska na modelu, d) gotowa forma z otworem wlewowym

Etapy wykonania odlewu:

1. Model oczyścić i nasmarować olejem (rys. 10.16 a).
2. Glinkę rzeźbiarską uplastyczyć i wyrobić.
3. Na podłoże nałożyć folię aluminiową (rys. 10.16 b).
4. Ustawić model na folii i nałożyć glinę (rys.10.16 b, 10.16 c).
5. Obcisnąć model, tak aby glina dokładnie przylegała i odtworzyła każdy szczegół (rys.10.16 c).

6. Oddzielić formę od folii. Delikatnie usunąć model z formy (rys. 10.16 d).
7. Uformować otwór wlewowy w formie, przez który zostanie wlane ciekły stop (rys. 10.16 d).
8. Pozostawić do wyschnięcia na kilka godzin. Czas wysychania zależy od grubości warstwy materiału formierskiego (glinki rzeźbiarskiej).
9. Złożyć elementy formy, uszczelnić i przygotować do zalewania.
10. Drobne kawałki cyny lutowniczej stopić w naczyniu metalowym (rys. 10.17).
11. Ciekły stop wlać do formy ciągłym strumieniem (rys. 10.18 a).
12. Odczekać do zakrzepnięcia metalu i ostygnięcia formy z odlewem.
13. Otworzyć formę i wyjąć odlew (rys. 10.18 b).
14. Odciąć układ wlewowy i odlew oczyścić z zalewek (rys. 10.18 c).



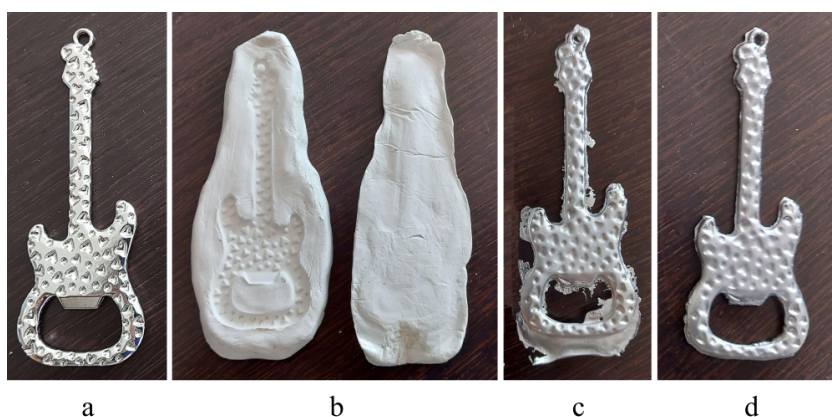
Rysunek 10.17: Topienie stopu: a) lutowniczy stop cyny, b) stalowy kubek podgrzewany na palniku gazowym, c) roztopianie stopu

! Naczynie z ciekłym metalem przenosić w rękawicy ochronnej! Zalewanie należy wykonać spokojnym, nieprzerwanym strumieniem.

Taką metodą można wykonać kopie ulubionych breloczków, figurek, medali i innych przedmiotów. Przykładowy odlew breloczka o kształcie gitary wykonany metodą „domową” przedstawiono na rysunku 10.19.



Rysunek 10.18: Wykonanie odlewu: a) zalewanie formy, b) odlew po wyjęciu z formy, c) gotowy odlew po oczyszczeniu



Rysunek 10.19: Wykonanie odlewu breloczka – gitary: a) model, b) forma odlewnicza, c) odlew breloczka, d) odlew po oczyszczeniu

