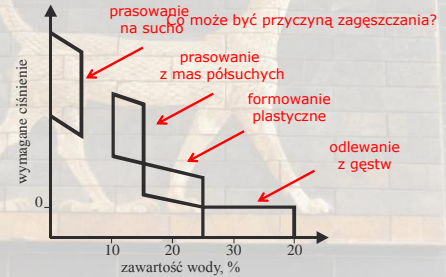




Formowanie –

nadawanie kształtu połączone ze wstępnym zagęszczaniem, oba procesy związane są z przemieszczaniem ziaren fazy stałej.



Gęstwa (masa lejna) –

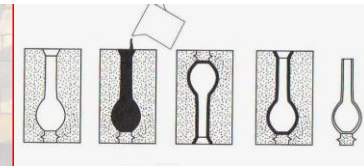
stabilna zawiesina proszku o dużym udziale fazy stałej;

- możliwie wysoka zawartość fazy stałej;
- stabilność i brak skłonności do sedimentacji;
- stosunkowo niska lepkość umożliwiająca np. wypełnienie formy;
- zdolność do upłynnienia przy małym dodatku środków upłynniających;
- szeroki zakres upłynnienia (gwarancja powtarzalności właściwości masy lejnej przy niewielkich wahaniami składu masy),
- dobra lejność (tworzenie zwartej strużki przy odlewaniu, która znika w powierzchni masy lejnej bez tworzenia pęcherzyków powietrza);
- łatwość tworzenia czerepu;
- zwartość i wytrzymałość czerepu;
- łatwość w odchodzeniu czerepu od formy.

Odlewanie do form gipsowych

odlewanie jednostronne (wylewne)

Odlewaniem jednostronnym otrzymuje się wyroby o cienkim czerepie, puste wewnątrz. Sposób postępowania:
 • Do oczyszczonej formy wlewa się gęstwę, gips zaczyna wchłaniać wodę, a na ściankach formy zaczyna narastać warstewka o mniejszej wilgotności niż gęstwa
 • Jeśli grubość warstewki masy jest wystarczająca dla danego wyrobu wówczas nadmiar masy wylewa się z formy
 • Kiedy już wyrób wyschnie na tyle, że na skutek skurczliwości masy odejdzie od ścianek formy, wówczas formę można rozebrać, półfabrykat wyjąć, wysuszyć, wykończyć;

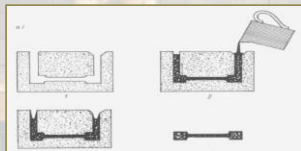


Odlewanie do form gipsowych

odlewanie dwustronne (dolewne)

Metoda stosowana do wyrobów o grubych ściankach.

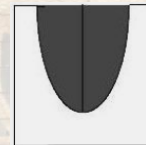
- Formy składają się z płaszczki i rdzenia. Płaszczki i rdzeń mogą być dwu lub wieloczęściowe. Ściany zewnętrzne wyrobu przejmują kształt od płaszczki, a wewnętrzne od rdzenia.
- Formę gipsową napelnia się masą lejną. Po pewnym czasie, kiedy gips wchłonie część wody z masy, brakującą część dolewa się. Czynność tę powtarza się tyle razy aż w formie wytworzy się pełny czerep półfabrykatu
- Grubość ścianek zależy od konstrukcji formy. Czas przebywania masy w formie musi być ściśle określony i przestrzegany bo przedłużenie czasu przebywania masy w formie może spowodować zbyt duże odwodnienie odlewu, skurczliwość, a w konsekwencji popękanie.



Odlewanie do form gipsowych

odlewanie pełne

Przebiega tak samo jak odlewanie wylewowe, z tym że ubytek masy jest uzupełniany, aż do uzyskania czerepu całkowicie wypełniającego formę



Odlewanie do form gipsowych praktyka

Parametry mas odlewniczych:

- gęstość 1,875-1,925 g/cm³
- lepkość 5,0 – 8,5 Pa s
- tiksotropia 80 – 95
- współczynnik nabierania czerepu 7,5 – 8,5

Parametry odlewania:

- wypełnienie formy strumieniem masy, na wylocie przewodu sitko aby odpowietrzyć masę
- w przypadku niewielkich wyrobów forma jest obracana wokół własnej osi
 - aby dodatkowo odpowietrzyć masę
 - aby masa równomiernie wypełniła formę
- czas odlewania od 50 do 90 minut
- czas na podsuszenie wyrobów w formie min. 120 min
- zwykle dwa do trzech cykli odlewania na dobę

Odlewanie do form gipsowych praktyka



Formowanie z gęstw

Najczęstsze wady odlewów i przyczyny ich powstawania

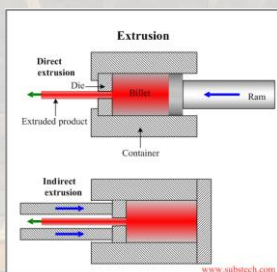
- Nierównomierności grubości ścian - niejednorodność formy, zróżnicowanie szybkości odprowadzenia wody, zróżnicowanie szybkości odlewania, erozja formy;
- Zniekształcenia wyrobu – naprężenia, zróżnicowanie skurczu podczas suszenia lub wypalania;
- Pęknięcia - różnice w przyczepności między czerepem a ścianami formy, zróżnicowanie skurczu w pobliżu dużych krzywizn, duże aglomeraty;
- Pustki – uwieszone pęcherze powietrza;
- Pęcherze i wżery – nierównomierne napełnianie formy, zbyt gwałtowne usuwanie nadmiaru gęstwy;
- Nierówności powierzchni – odwzorowanie powierzchni formy, nierównomierna szybkość usuwania wody, zbyt wysoka lepkość gęstwy;
- Wady mikrostrukturalne – zła dyspersja proszku, zanieczyszczenia;

Formowanie z mas plastycznych



toczenie?
wytłaczanie?

Formowanie z mas plastycznych – wytłaczanie, ekstruzja

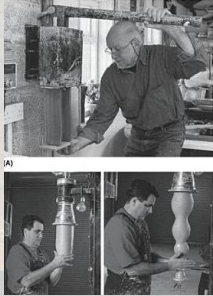


Formowanie z mas plastycznych – wytłaczanie

Jak musi być masa do wytłaczania?

- wystarczająco plastyczna aby płynąć pod niewielkim ciśnieniem, odpowiednio sztywna i wytrzymała tak aby wyrób się nie zapadał i dał się przenosić;
- nie może lepić się do urządzenia i narzędzi;
- musi gwarantować odpowiednią gładkość powierzchni;
- musi być stabilna podczas procesu;
- wyrób musi mieć powtarzalne właściwości (porowatość) tak aby skurcz przy suszeniu i wypalaniu był przewidywalny;
- faza organiczna musi mieć niskie pozostałości prażenia;

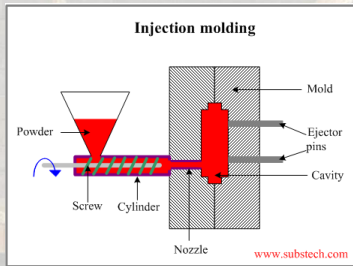
Formowanie z mas plastycznych – wytłaczanie



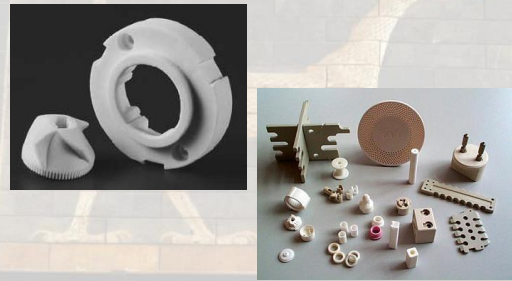
Formowanie z mas plastycznych – wytłaczanie



Formowanie z mas plastycznych – wtryskiwanie



Formowanie z mas plastycznych – wtryskiwanie

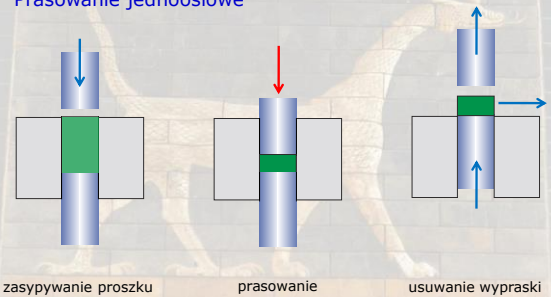


Formowanie z mas plastycznych – wtryskiwanie

Z czego robi się masy?

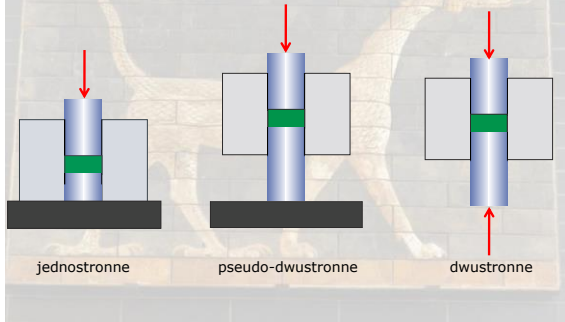
- rozpuszczalnik – woda, alkohole;
- lepiszcze – polietylen, polipropylen, kopolimer styrenowo-butadienowy, polistyren, woski syntetyczne, żywice epoksydowe, nylon, metylceluloza, poliakrylamidy, ... ;
- plastyfikator – glikol polietylenowy, ftalany, wosk pszczeli, stearynian butylu, lekkie oleje, ... ;
- zwilżacz – kwas stearynowy, kwasy tłuszczowe, uwodorniony olej z orzeszków ziemnych, parafina, fosforan trikretylu, ... ;

Prasowanie jednoosiowe

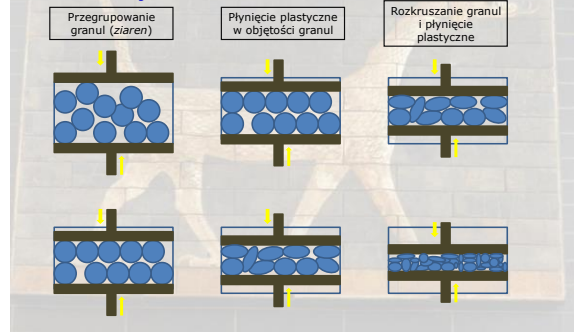


W jaki sposób przyłożyć nacisk?

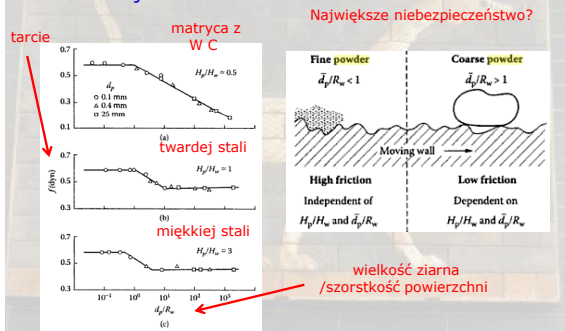
Prasowanie jednoosiowe



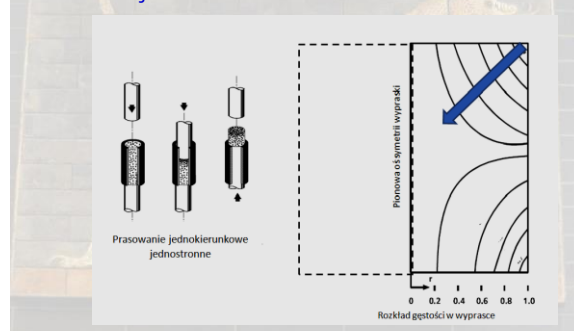
Prasowanie jednoosiowe



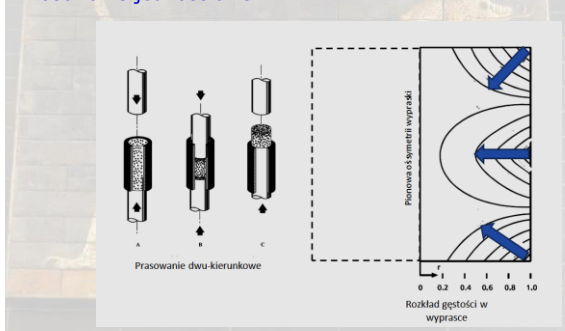
Prasowanie jednoosiowe



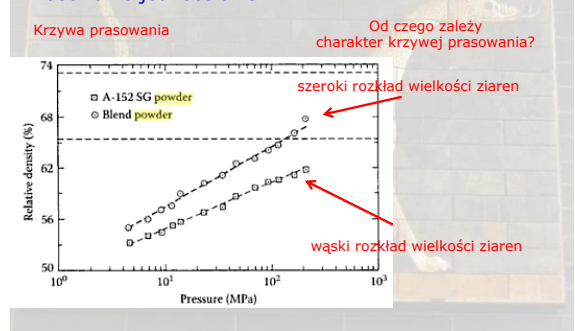
Prasowanie jednoosiowe



Prasowanie jednoosiowe



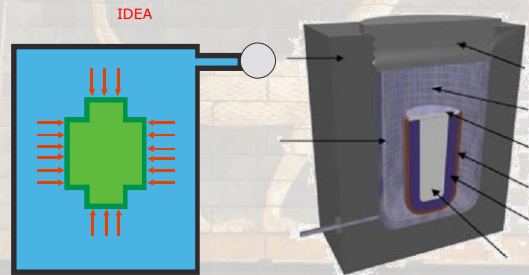
Prasowanie jednoosiowe



Prasowanie jednoosiowe

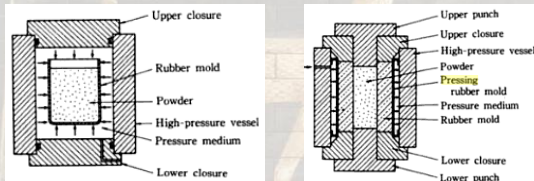


Prasowanie izostatyczne - CIP



Prasowanie izostatyczne

Jak się to robi?



wet bag

dry bag

Prasowanie izostatyczne



Rapid prototyping - stereolitografia

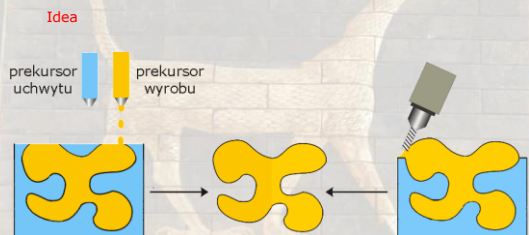


Francois Willeme w 1860 przedstawił ideę fotografowania pod różnymi kątami dało możliwość wyrzeźbienia kopii 3D.

Pierwsze rozwiązania techniczne powstały w 1980 r. Idea jest produkowanie modelu 3D w oparciu o softwarowo zaprojektowane rozwiązanie graficzne.

Rapid prototyping wspomagany jest systemami projektowania komputerowego: computer-aided design (CAD), computer-aided manufacturing (CAM), computer-aided engineering (CAE), computer numerical control (CNC).

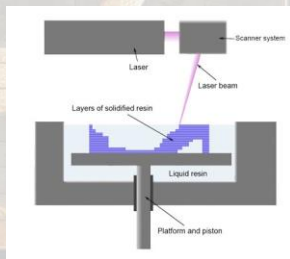
Rapid prototyping



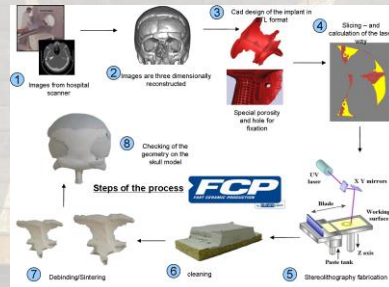
Rapid prototyping – stereolitografia (SL)

Jak to się robi?

- jednostkowy ruch podnośnika;
- usuwanie nadmiaru żywicy z trawionej powierzchni;
- ztwardnienie żywicy foto-twardzalnej w miejscu oświetlenia laserem;
- powtórzenie procedury;



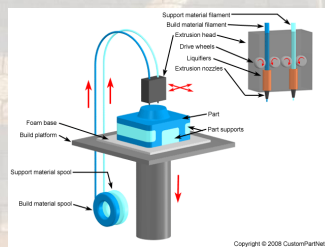
Rapid prototyping – stereolitografia (SL)



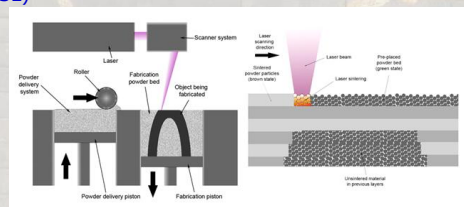
Rapid prototyping – fused deposition modeling (FDM)

Jak to się robi?

- głowice wyciskarki i podnośnik w pozycjach startowych;
- głowice nakładają odpowiednio warstwę materiału i warstwę umocowania;
- przesunięcie podnośnika;



Rapid prototyping – selektywne spiekanie laserowe (SSL)



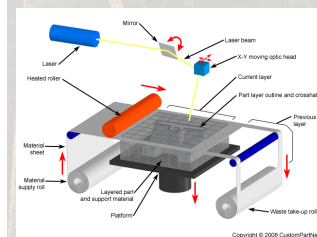
Jak to się robi?

- tłok podnośnika komory wyrobu wykonuje jednostkowe przesunięcie w dół;
- tłok komory zasilającej wykonuje jednostkowe przesunięcie w górę;
- rolka rozprządza prekursor po powierzchni wyrobu;
- laser świeci tam gdzie trzeba;

Rapid prototyping – selektywne spiekanie laserowe (SSL)



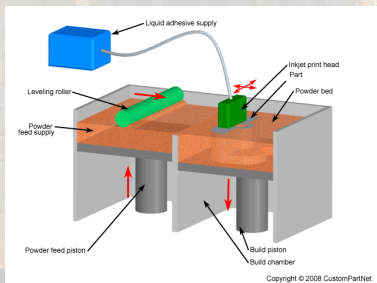
Rapid prototyping – laminated object manufacturing (LOM)



Jak to się robi?

- warstwa prekursora jest rozwijana na podkładzie;
- rolka dociska warstwę do powierzchni wyrobu;
- laser tnie, nadtopia i łączy kolejne warstwy;

Rapid prototyping – drukowanie 3D



Formowanie Wyrobów Ceramicznych

Rapid prototyping – drukowanie 3D



Rapid prototyping – drukowanie 3D



Sposób formowania	Kształt wyrobu	Rodzaj produktu
prasowanie jednoosiowe	proste	materiały zaawansowane
prasowanie izostaticzne	nie bardzo złożone	materiały zaawansowane
odlewanie z gęstw	złożone, folie	ceramika sanitarna, szlachetna, elektroceramika, materiały zaawansowane
wyciskanie i wtryskiwanie	złożone	ceramika sanitarna, szlachetna, elektroceramika, materiały zaawansowane
rapid prototyping	dowolne?	materiały zaawansowane

Suszenie wyrobów

Proces suszenia jest to jednostkowa operacja technologiczna z użyciem ciepła w której, w określonych warunkach, woda (lub inna ciecz służąca do utworzenia masy lejącej lub plastycznej) jest usuwana z ciała stałego.

Zastosowanie ciepła odróżnia suszenie od innych metod usuwania wody jak: odwirowania, dekantacji, filtracji czy sublimacji. Dodatkową zaletą zastosowania ciepła w usuwaniu wody, jest możliwość usunięcia różnych rodzajów wody, jaką spotyka się w ciałach stałych.

Suszenie należy do najbardziej energochłonnych operacji w technologii ceramiki.

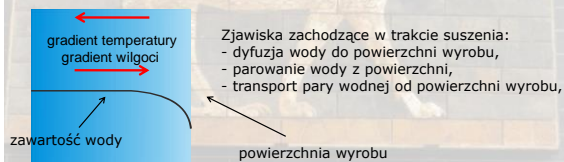
Suszenie, w wielu przypadkach, decyduje o jakości gotowego produktu, jak również o ekonomice procesu.

Susznictwo jest działem inżynierii procesowej, zajmującym się problemami suszenia ciał stałych oraz zawiesin. Zastosowanie procesu suszenia w przemyśle jest bardzo duże (produkcja nawozów sztucznych, wielkocząsteczkowych materiałów organicznych, sztucznych barwników, włókien, owoców, warzyw, mięsa i cukru)

Suszenie wyrobów

Cel procesu suszenia – usunięcie nadmiaru wody z wyrobu (2-5%), zwiększenie wytrzymałości mechanicznej, przygotowanie wyrobu do spiekania;

$$\text{zawartość wody (\%)} = \frac{\text{masa wyrobu mokrego} - \text{masa wyrobu suchego}}{\text{masa wyrobu suchego}} \cdot 100$$



Suszenie wyrobów

Od czego zależy kinetyka suszenia?

- wielkość wyrobu,
- kształt wyrobu – wielkość jego powierzchni,
- rozkład wielkości porów w wyrobie,
- temperatura, ciśnienie i wilgotność zewnętrzna,
- gradient temperatur i wilgotności,
- sposób suszenia,



Jakie są konsekwencje źle prowadzonego procesu suszenia?

Suszenie wyrobów – strategie suszenia

Niewielki gradient temperatur

- powolny wzrost temperatury przy dużej różnicy wilgotności między wyrobem a otoczeniem;

Niewielki gradient wilgotności

- powolny spadek wilgotności zewnętrznej w podwyższonej temperaturze;

Suszenie wyrobów – sposoby suszenia

Suszenie naturalne – cegły



Suszenie wyrobów – sposoby suszenia

Suszarnia komorowa – działanie okresowe, suszenie powietrzem o kontrolowanej wilgotności i temperaturze;



Suszenie wyrobów – sposoby suszenia

Suszarnia tunelowa – działanie ciągłe, suszenie powietrzem (spalinami) o kontrolowanej wilgotności i temperaturze;



Suszenie wyrobów – sposoby suszenia

Suszarnia mikrofalowa – działanie ciągłe, suszenie sekwencyjne promiennikami mikrofalowymi, skrócenie czasu procesu nawet do 1 h,



Suszenie wyrobów – sposoby suszenia

Suszarnia próżniowa – działanie okresowe, suszenie pod obniżonym ciśnieniem w niskich temperaturach,

