



Wrocław University of Technology

Praca naukowa. Plany na przyszłość.



Dorota Aniszewska
Katedra Mechaniki i Inżynierii Materiałowej

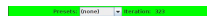
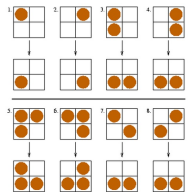


CA, czyli Cellular Automata

Automaty komórkowe to matematyczny model zjawisk i procesów, nie tylko fizycznych. Cechy automatów komórkowych to:

- ▶ dyskretny układ komórek: układ automatów komórkowych może być n-wymiarowy,
- ▶ dyskretna dynamika: w każdej chwili czasu stan automatu może zmienić się zgodnie z regułami przejścia na podstawie stanu danej komórki oraz stanów komórek w jej sąsiedztwie.

<http://schuelaw.whitman.edu/JavaApplets/SandPileApplet/>





MCA, czyli Movable Cellular Automata

Przy użyciu ruchomych automatów komórkowych modelować można:

- ▶ powstawanie i propagację defektów w materiale,
- ▶ pęknięcia,
- ▶ defromacje materiału,
- ▶ przejścia fazowe,
- ▶ tarcie, zużycie materiałów (trybologia).

Prof. Sergey G. Psakhie, Prof. Victor E. Panin
Institute of Strength Physics and Materials Science, Tomsk, RF
International Conference "Physical mesomechanics of multi-level systems"



DEM, czyli Discrete Element Method

Symulacja metodą DEM rozpoczyna się od ustawienia w przestrzeni elementów oraz nadania im prędkości początkowej. Następujące siły oraz zjawiska wpływają na ruch elementu:

- ▶ grawitacja,
- ▶ tarcie suche oraz lepkie, gdy elementy są w kontakcie,
- ▶ kohezja, adhezja, oddziaływanie elektrostatyczne.

Dodatkowe siły i oddziaływania wymagają opracowania algorytmów numerycznych, które wpływają na czas obliczeń.



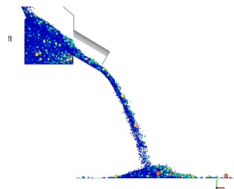
DEM, czyli Discrete Element Method

Metoda opisuje przemieszczanie się materiałów złożonych z odrębnych elementów, o (różnym) kształcie i właściwościach, np.:

- ▶ cieczy i roztworów,
- ▶ materiałów sypkich,
- ▶ materiałów granulowanych.

DEM ma zastosowanie w:

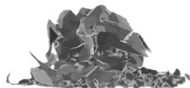
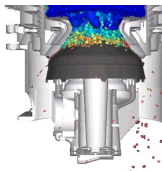
- ▶ rolnictwie i przemyśle spożywczym,
- ▶ górnictwie,
- ▶ przemyśle mineralnym.



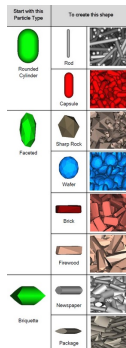
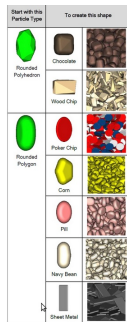
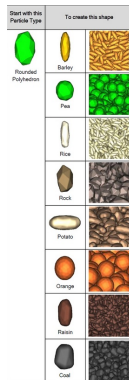


ROCKY, czyli symulator cząstek DEM

oprogramowanie dostępne na www.rocky-dem.com, opisywane jako jedyne z różnymi kształtami elementów oraz modelem kruszenia oraz pęknięcia



Rys. ze strony www.rocky-dem.com.



Rys. ze strony www.rocky-dem.com.



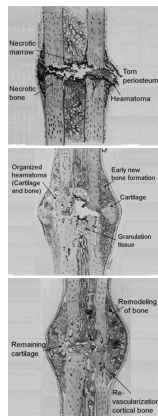
Modelowanie procesu przebudowy tkanki kostnej

Na przebudowę tkanki kostnej wpływają czynniki mechaniczne:

- ▶ naprężenia, odkształcenia,
- ▶ ruch międzyodłamowy,
- ▶ ciśnienie i prędkość przepływu płynu pomiędzy porami w kości,

oraz biologiczne:

- ▶ różnicowanie się komórek macierzystych,
- ▶ prawidłowe ukrwienie kości, zapewniające tlen, substancje odżywcze oraz czynniki wzrostu niezbędne do przebudowy kości.



Rys z książki Cruess and Dumont, (1975).



Przebudowa tkanki kostnej - model FE

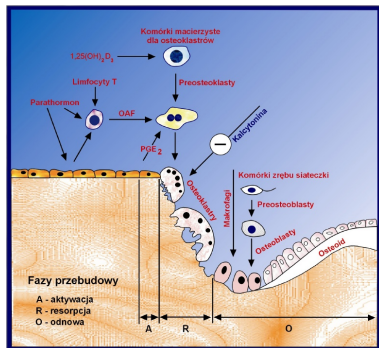
W 1997 Huiskes i Prendergast wprowadzili model oparty na materiale porospężystym. Obciążenie zewnętrzne wpływa na odkształcenia w materiale stałym i na ciśnienie płynu. Materiał stały kształtował się zgodnie z jego modułem sprężystości oraz jest proporcjonalny do gradientu ciśnienia i przepuszczalności.

Na różnicowanie się tkanek w szczelinie międzyodłamowej wpływa: odkształcenie objętościowe, odkształcenie postaciowe, ciśnienie hydrostatyczne, prędkość przepływu płynów międzykomórkowych.

Modelowanie procesu przebudowy tkanki kostnej

W ciągu ostatnich kilku lat powstały modele mechanobiologiczne, uwzględniające różnicowanie się komórek macierzystych oraz uwzględniające wpływ czynników wzrostu.

Znane są liczne czynniki wzrostu, które biorą udział w odbudowie tkanki kostnej, ale bada się je w izolacji, interakcje i mechanizmy sprzężenia zwrotnego są jeszcze nieznane.



Rys. ze strony www.e-dukacja.pl



CAFE

Połączenie metody CA z FE:

"A coupled finite element-cellular automaton model for the prediction of dendritic grain structures in solidification processes" Ch.-A. Gandin, M. Rappaz.

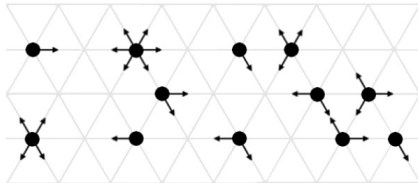
W tej pracy modelowane jest powstawanie struktur dendrytycznych podczas krzepnięcia. Przy pomocy automatów komórkowych opisywany jest rozwój mikrostruktury: powstawanie zarodków, kinetyka ich wzrostu oraz kierunki wzrostu. Przy użyciu metody FE rozwiązywane jest równanie różniczkowe opisujące pole temperatury. W każdym kroku czasowym symulacji, temperatura dla automatu jest interpolowana na podstawie węzłów z FE i na tej podstawie obliczany jest wzrost oraz zarodkowanie nowych ziaren.



Dyfuzja: model FHP

FHP (Frisch, Hasslacher, Pomeau) to model gazu sieciowego, sieć jest trójkątna, w jej węzłach może być umieszczone kilka cząstek. Każda czastka ma prędkość $[js/t]$ [jednostka sieci/krok czasowy] w jednym z sześciu kierunków lub się nie porusza.

Przykładowy stan sieci:

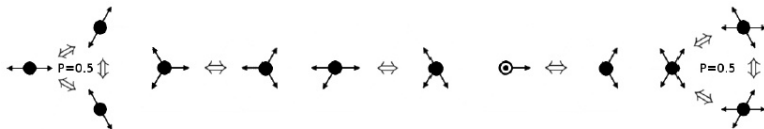




Dyfuzja: model FHP

Ewolucja układu przebiega w dwóch krokach:

- 1) ruch - przesuamy każdą z cząstek zgodnie z wektorami prędkości,
- 2) kolizja - do nowo powstałego układu stosujemy reguły zderzeń:



Rys. z książki B. Chopard,
M. Droz "Cellular
Automata Modeling of
Physical Systems".

