



Praca dyplomowa inżynierska

Rok akademicki 2012/2013

Temat: Własności reologiczne krwi

Autor: Aleksandra Ciosek

Promotor: dr inż. Rafał Przekop

Wprowadzenie:

Reologia jest nauką o deformacji i płynięciu materii. W przypadku poddawania badaniom materii biologicznej (płynów występujących w żywych organizmach), mówimy o bioreologii. Jednym z jej działów jest hemoreologia, która specjalizuje się w zagadnieniu płynięcia i deformacji krwi.

Na podstawie analiza własności reologicznych krwi, można dokonać opisu jej zachowania w naczyniach krwionośnych. Metodyka tych badań polega na bezpośredni pomiarze lepkości krwi pełnej, lepkości osocza, a także innych wielkości które wpływają na reologię.

Głównymi czynnikami wpływającymi na reologię krwi, są:

- hematokryt
- stężenie fibrynogenu
- deformacja i zjawiska agregacji krwinek czerwonych
- temperatura
- geometria naczyń krwionośnych

Oprócz bezpośrednich pomiarów lepkości krwi przy użyciu wiskozymetrów, w hemoreologii korzysta się również z matematycznych modeli reologicznych, stosowanych do opisu przepływów w zależnych od prędkości ścinania.

Cel i zakres pracy:

- zapoznanie z podstawowymi pojęciami dotyczącymi składu i funkcji krwi oraz wpływu różnych paramentów na jej lepkość
- omówienie modeli matematycznych używanych do opisu hemoreologii
- przedstawienie wpływu chorób na własności reologiczne krwi
- stworzenie programu w języku programowania Pascal, który umożliwi obliczenie lepkości krwi, po wcześniejszym wprowadzeniu parametrów które na nią wpływają

Matematyczne modele opisujące reologię krwi:

Nazwa modelu	Formuła matematyczna	Opis symboli
Model Cassona	$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_N \cdot \dot{\gamma}}$ $\eta_N = \eta_0(1 + 2,5H + 7,35H^2)$	τ - naprężenia ścinające τ_0 - granica płynięcia $\dot{\gamma}$ - szybkość ścinania
Model potęgowy	$\tau = m \cdot \dot{\gamma}^n$	η_p, η_0 - lepkość osocza
Model Herschel - Bulkley'a	$\tau = m\dot{\gamma}^n + \tau_0$	Hct, H - hematokryt m, n - stałe modelu
Model Quemady	$\tau(\dot{\gamma}) = \eta_p [1 - \frac{1}{2} k_Q \cdot Hct]^{-2} \cdot \dot{\gamma}$ $k_Q = \frac{k_0 + k_\infty (\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_c)^{1/2}}{1 + (\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_c)^{1/2}}$	k_0 - miara stopnia agregacji krwinek czerwonych k_∞ - miara sztywności krwinek czerwonych $\dot{\gamma}_c$ - miara skłonności erytrocytów do tworzenia agregatów
Model Ree-Eyringa	$\eta(\dot{\gamma}) = A_1 \frac{\tau_1 \dot{\gamma}}{\sinh^{-1}(\tau_1 \dot{\gamma})} + A_2 \frac{\tau_2 \dot{\gamma}}{\sinh^{-1}(\tau_2 \dot{\gamma})} + \eta_\infty$	A_i - amplituda zmiany lepkości τ_i - czas relaksacji
Model Pala	$\eta_r \left[\frac{1 - \frac{3}{2} \eta_r^2 N_{se}^2}{1 - \frac{3}{2} N_{se}^2} \right]^{-\frac{5}{4}} = \left[1 - \frac{\Phi}{\Phi_m} \right]^{-[\eta_r] \Phi_m}$ $N_{se} = \frac{\eta_p \dot{\gamma}}{G_p}$	η_∞ - lepkość przy bardzo dużej prędkości ścinania η_r - lepkość względna Φ_m - ułamek objętościowy czerwonych krwinek przy maksymalnym ich upakowaniu G_p - moduł ścinający cząsteczek

Wyniki przykładowych obliczeń wykonanych w programie napisanym w języku programowania Pascal

```

=====
MODEL CASSONA
Jest to model reologiczny, zalecany do opisu krzywych płynięcia nieliniowych
płynów plastycznolepkich.
=====
Wprowadź wartość granicy płynięcia [Pa]: 0.005
Wprowadź wartość lepkości osocza [Pa*s]
UWAGA: najczęściej stosowana w literaturze wartość wynosi: 0.0012 [Pa*s]
Czy wprowadzić lepkość osocza = 0.0012 ? T(ak)/N(ie) T
Wprowadź wartość hematokrytu [%]: 45
Obliczona wartość parametru związanego z hematokrytem, wg. zależności Merrilla: 0.004
Wprowadź wartość szybkości ścinania [1/s]: 5
Obliczona wartość naprężeń ścinających wynosi: 0.048 [Pa]
=====
Obliczona lepkość krwi wynosi: 0.010 [Pa*s]
=====

```

Wnioski końcowe:

- zmiana lepkości krwi jest częstym objawem zaburzeń zdrowotnych, które dzięki badaniom hemoreologicznym można wykryć i leczyć
- w krwi obecne są komórki morfotyczne, które powodują, że w analizie przepływu trzeba uwzględnić jej nienewtonowskie zachowanie przy określonych wartościach szybkości ścinania
- decydując się na zastosowanie modeli matematycznych, należy wcześniej określić niezbędne parametry wpływające na lepkość (największy wpływ na lepkość krwi ma hematokryt); w każdym przypadku obliczenia należy wykonywać dla szerokiego zakresu szybkości ścinania
- w przyszłości należy spodziewać się iż ocena własności reologicznych krwi, dzięki rozwojowi technik pomiarowych, będzie powszechnie wykorzystywana do celów klinicznych