Nyomás alapú és sűrűség alapú megoldó
Peremfeltételek

Dr. Kristóf Gergely

2008. február 18.

Nyomás alapú megoldó

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

Mi ezzel a probléma ...

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial p/\rho_0}{\partial x} - \nabla \cdot (u\,\vec{v}) + \nabla \cdot (\nu \nabla u) + g_x = -\frac{\partial P}{\partial x} + G_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p/\rho_0}{\partial y} - \nabla \cdot (v\,\vec{v}) + \nabla \cdot (\nu \nabla v) + g_y = -\frac{\partial P}{\partial y} + G_y$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial p/\rho_0}{\partial z} - \nabla \cdot (w\,\vec{v}) + \nabla \cdot (\nu \nabla w) + g_z = -\frac{\partial P}{\partial z} + G_z$$

Képezve a mozgásegyenlet divergenciáját egy nyomásra felírt Poisson egyenlete kapunk:

$$\Delta P = \nabla \cdot \vec{G}$$

- A kontinuitást a nyomásra (vagy nyomáskorrekcióra) felírt Poisson-egyenlet helyettesíti
- Szegregált megoldási módszer

Anyagmodellek

Állapotegyenletek FLUENT-ben, egykomponensű anyagokra:

Szilárd
- Constant

Cseppfolyós
- Constant
- Boussinesq

Légnemű
- Constant — $\rho = \rho_0$
- Ideal-gas — $\rho = \dfrac{p}{RT}$
- Incompressible-ideal-gas — $\rho = \dfrac{p_0}{RT}$
- Boussinesq — $\rho = \rho_0 - \rho_0 \beta (T - T_0)$

+ felhasználó által definiált állapotegyenletek:
  ρ és a definícióját kell megadni figyelembe véve, hogy $a = \sqrt{\partial p / \partial \rho}\big|_{s=\text{áll.}}$

Anyagjellemzők:
- Adatbázis;
- Bármely anyagjellemző megadható hőmérséklet függvényeként.

Összehasonlítva...

	Inkompresszibilis	Kompresszibilis
Sűrűség a nyomástól:	nem függ	függ
Anyagmodellek:	ρ=áll. Boussinesq Inkomp. id. gáz	Ideális gáz
Kontinuitási egyenlet:	nyomásegyenlettel helyettesítjük	eredeti formában megoldható sűrűségre
Torlónyomás értelmezése:	$p_{tot} = p + \frac{\rho}{2} v^2$	$p_{tot} = p\left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$
Lehetséges időlépés Courrant-szám	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{v_\perp}\Big\|_{min}$	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{a + \|\vec{v}\|}\Big\|_{min}$

Sűrűség alapú megoldó

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,\vec{v}) = 0$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,u\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \nabla \cdot (\mu \nabla u) + \rho\,g_x$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,v\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \nabla \cdot (\mu \nabla v) + \rho\,g_y$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,w\,\vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \nabla \cdot (\mu \nabla w) + \rho\,g_z$$

$$\frac{\partial \rho e}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,e\,\vec{v}) = \nabla \cdot (-p\,\vec{v} + \underline{\tau} \cdot \vec{v}) + \nabla \cdot (\lambda \nabla T)$$

- Kapcsolt megoldási módszer:

$$\begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ \rho e \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \rho \\ u \\ v \\ w \\ T \\ p \end{bmatrix}$$

$$e = c_v T + \frac{\vec{v}^2}{2}$$

$$p = \rho R T$$

Mit értünk peremfeltételek alatt?

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho\,\phi\,dV + \oint_A \rho\,\phi\,\vec{v} \cdot d\vec{A} = \oint_A (\vec{S}_A + \Gamma \nabla \phi) \cdot d\vec{A} + \int_V S_V\,dV$$

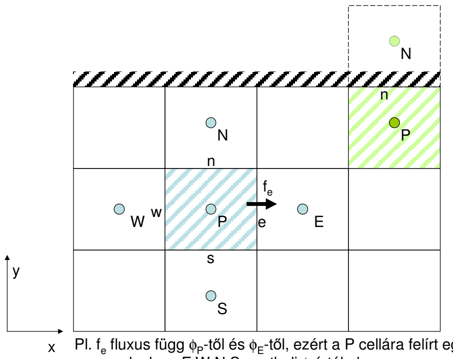
A számítási tartomány kontúrjára eső határfelületeken meg kell határoznunk a fluxusokat és felületi forrásokat.
Az általános transzportegyenlet differenciál alakja másodrendű p.d.e:

$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\,\phi\,\vec{v}) = \nabla \cdot \vec{S}_A + \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) + S_v$$

Általában háromféle peremfeltétel lehetséges egy másodrendű p.d.e. esetén:
1. Elsőfajú: a peremen adott a mezőváltozó értéke;
2. Másodfajú: a peremen adott a mezőváltozó peremre merőleges irányú deriváltjának értéke;
3. Vegyes: a mezőváltozónak és deriváltjának lineáris kombinációja adott.

Az egyes transzportegyenletekre nem teljesen függetlenül választhatók meg a peremfeltételek típusa. (Pl. nyomásra és sebességre nem lehet ugyanott elsőfajú feremfeltételt megadni.)
„Peremfeltétel csomagok” rendelhetők a határfelületekhez.

Ugyanez numerikus formában...



Elsőfajú pf. pl,

$\phi_n = 0$:

$\phi_N = -\phi_P$

Másodfajú pf. pl,

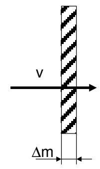
$\partial\phi_n / \partial y = 0$:

$\phi_N = \phi_P$

Pl. f_e fluxus függ ϕ_P-től és ϕ_E-től, ezért a P cellára felírt egyenletben szerepelnek az E,W,N,S pontbeli ϕ értékek.

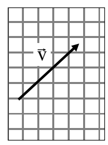
Porózus réteg, porózus zóna

Porózus réteg: $\Delta p = -\left(\frac{\mu}{\alpha} v + C_2 \frac{1}{2} \rho v^2\right) \Delta m$



Δp: nyomásesés [Pa]
Δm: vastagság [m]
α: permeábilitás [m²]
C_2: inerciális ellenállás-tényező
v: a merőleges sebességkomp.

Porózus zóna: $S_i = -\left(\frac{\mu}{\alpha_i} v_i + C_{2,i} \frac{1}{2} \rho |v| v_i + C_0 |v|^{(C_1 - 1)} v_i\right)$



S_i: a térfogati erő i-edik komponense

Peremfeltétel „csomagok” FLUENT rendszerben

Kilépő és belépő pf.

- Velocity-inlet
- Mass-flow-inlet
- Pressure-inlet
- Pressure-outlet
- Outflow
- Pressure-far-field
- Inlet-vent
- Intake-fan
- Outlet-vent
- Exhaust-fan
- Symmetry
- Wall
- Axis
- Periodic
- Interface

<u>Belső szakadási feltételek:</u>

- Interior
- Porous-jump
- Fan
- Radiator
- Wall

<u>Forrástagokkal leírt speciális modellek:</u>

- Felhasználói forrástag
- Porózus zóna
- Fixed value
- Forgó koordináta rendszer

Profilok megadása

- Pontprofillal (szöveges fájl formájában)
  - Egyszerű szöveges fájlformátum
  - Kiírás, beolvasás, hozzárendelés
- Képlettel (C nyelvű felhasználói függvény formájában)
  - Képlettel megadható pl. helytől és sebesség-komponensektől függő módon
  - Interpretálás, hozzárendelés

Fontos tudnivalók

- Outflow-t nem lehet Pressure Inlet vagy Pressure Outlet társaságában alkalmazni
- Outflow-t nem lehet összenyomható áramlás esetén alkalmazni
- Outflow-n keresztül nem lehet visszaáramlás (azonnal konvergencia problémák)
- Velocity Inlet-et nem szabad összenyomható áramlásra alkalmazni (Mass Flow Inlet kell.)
- Pressure Inlet és Pressure Outlet egymásba át tud váltani
- Az áramlás megosztásának három módszere:
  - Outflow (flow rate weight beállításával)
  - Több Pressure Outlet
  - Velocity Inletek negatív sebességgel (elvileg ugyan kifogásolható, de praktikus)