

Hálógenerálás

Dr. Kristóf Gergely
2016. március 5.

A numerikus háló elemei

The diagram shows a 2D mesh element with several labeled components:

- Csomópont** (Node): A green dot representing a vertex.
- Hálónonal** (Edge): A line connecting two nodes.
- Határfelület** (Face): The boundary of the element.
- Cella** (Cell): The entire element.
- Centrum** (Center): A central orange dot representing the cell center.

A háló fájl tartalma:
 - Csomópontok pozíciója
 - Határfelületek: hivatkozások a csomópontok sorszáma

A FLUENT rendszer minden mezőváltozót cellacentrumokban tárol.
 A hálónonalak szakaszonként egyenesek.

Lehetséges geometriai modellek:
 - 2D tengelyszimmetrikus
 - 2D tengelyszimmetrikus, pördületes
 - 2D síkármlás
 - 3D áramlás

Reguláris elemek:
 2D modellek esetén: tri, quad

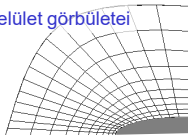
3D modellek esetén: hexa, pyramid, wedge, tetra

Poliéder elemek:
 FLUENT-en belül tetszőleges oldalszámú cellák is létrehozhatók:
 - adaptálással;
 - duális háló készítésével;
 - nem-konform interfészekkel.

A numerikus háló mérete (1)

A numerikus hibák egyenletes eloszlására kell törekedni, ezért ott kell finomabb felbontás, ahol gyorsan változik a megoldás.

A felület görbületei



Ha az áramlás követi a felület görbületeit, akkor görbületi középpont felé haladva a nyomás és sebesség gyorsan változik.

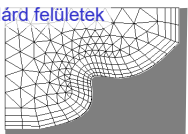
Szűk hézagok



Hézagokban legalább 4 cellasor alkalmazása szükséges a sebességprofil megfelelő közelítéséhez.

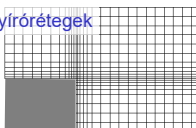
A numerikus háló mérete (2)

Szilárd felületek



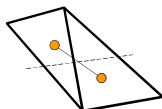
A fali határretegben a sebesség rohamosan változik. A fal melletti cellasorban általában falüggvényt használunk. E cellák mérete erősen befolyásolja a számítás eredményét.

Nyírórétegek

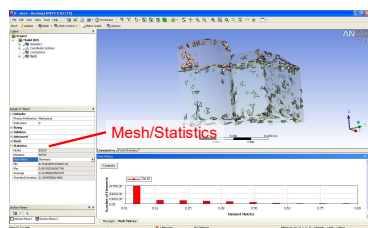


Nyírórétegekben a sebesség és a turbulens jellemzők a rétegre merőlegesen rohamosan változnak, továbbá az elején a réteg irányában haladva is.

A háló torzultsága



Ortogonalitás: A konduktív fluxusok numerikus közelítésének hibája rohamosan nő, ha a középpontokat összekötő szakasz a felületi normálissal túl nagy szöget zár be. Általában a lapos cellák esetében nagy.

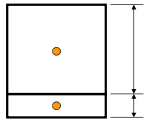


Skewness:

hexa elemek esetén legfeljebb: 0.85

tetra elemek esetén legfeljebb: 0.95

Hirtelen méretváltozás



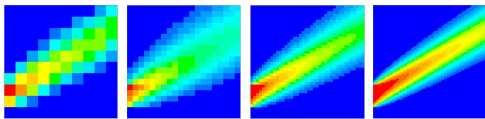
A numerikus sémák egyenközű hálón adják a legpontosabb eredményt. Ha a cellák magassága hirtelen változik, akkor a formális pontosság (pl. a Second Order Upwinding) nem érhető el.

Törekedni kell 30%-nál kisebb méret növekedésre. Tolerálható legnagyobb méretnövekedés: 100%.

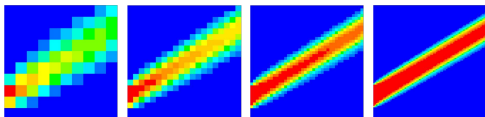
A háló áramvonalasítása (1)

A diskretizációs hiba egy fontos formája a fals diffúzió:

First Order Upwinding alkalmazásával:



Second Order Upwinding alkalmazásával:



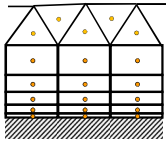
A háló áramvonalasítása (2)

Mozgásegyenlet esetében ez fals viszkozitásként jelentkezik, ami a fizikai viszkozitásnál általában sokkal nagyobb.

Ennek kiküszöbölésére:

- Lehetőleg alkalmazzunk Second Order Upwindinget vagy más nagy nagyobb formális pontosságú sémát;
- Érzékeny helyeken részeken pl. fali határretegek, szabad nyírórétegek áramlás irányában rendezett (prizmatikus) hálót alkalmazzunk, mert ez a fals diffúziót teljesen kiküszöböli.

Fali inflációs réteg



- Prizmatikus réteg (hexa vagy wedge elemek);
- A fali cellasor igen lapos (legalább a logaritmikus fali rétegig lemegy, azaz $y^+ < 300$);
- Legalább 3 (inkább 5) réteg;
- Fokozatos méretnövekedés (max. 50% cellasoronként);
- Sima átmenet a belső tér hálójába.

Falkezelés, fali háló

Nagy Re modellek

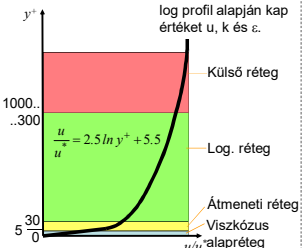
Ritka fali háló:
 $30 < y^+ < 300 \dots 1000$

A falközeli cellában log profil alapján kap értéket u , k és ϵ .

Alacsony Re modellek

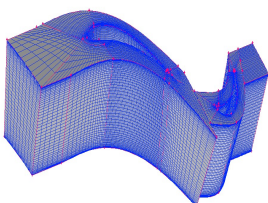
Sűrű fali háló:
 $y^+ = 1$

Falfüggvényt nem alkalmaz. A falközeli alacsony Re és anizotróp turbulencia miatt az alapegyenleteket korrigálja.



Használata:
 k- ω és Spalart-Allmaras modellek esetében:
 Automatikus, ha y^+ elég kicsi
 k- ϵ modell esetében:
 Enhanced Wall Treatment bekapcsolásával

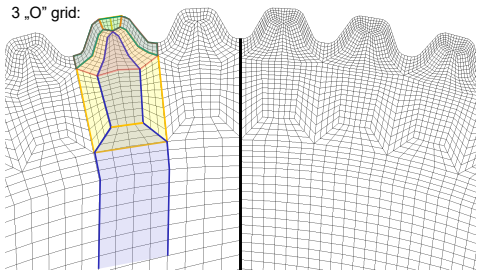
Hexa hálók



- Általános esetben (kb. 30-50%-al) kevesebb cellával érhető el azonos pontosság, jó minőségű háló esetén.
- Anizotróp (egyirányú) sűrítés lehetséges: határrétegek, nyírórétegek, rések hálózhatók.
- Áramvonalasított hálók készíthetők.
- Többirányú sűrítéshez bonyolult háló topológiát kell felépíteni. Blokkstruktúrált hálót célszerű, készíteni: ICEM CFD hálózó javasolható. Ez különösen fontos pl. ventilátorok, szivattyúk, repülőgépek modellezése esetén.

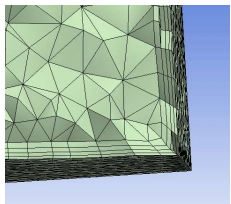
A blokk-struktúra kialakítása

3 „O” grid:



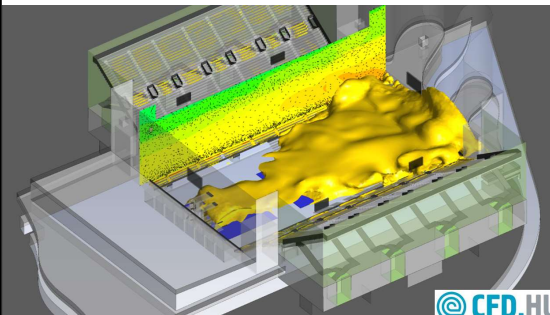
Blokkhatáron elemszám és elemméret folytonosan csatlakozzon.
Minden „O” háló egy új méret paramétert ad a hálónak.
Blokkcsatlakozások nem csak 4, hanem 3, 5 és 6 éllel → szögek.

Tetra hálók



- Háromirányú sűrítés egyszerűen végezhető, azonban anizotróp sűrítés nem lehetséges. (Háló torzulást okoz.)
- Hexa hálóval jól összekapcsolható, kivéve, ha lapos hexa cellákat kell körbevenni vele.
- Igen jó automatikus módszerek vannak rá, amelyek prizmatikus inflációs rétegekkel (pl. fali határréteg hálóval) is képesek kombinálni az alaphálót.
- Adaptáláskor kevésbé nő a cellaszám mint hexa cellák esetében.

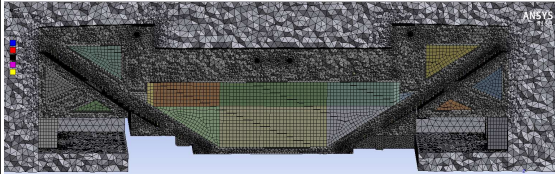
Hibrid háló



@CFD.HU

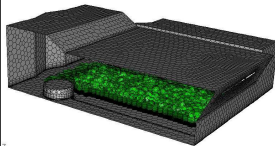
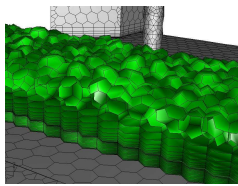
Hibrid háló

Uszoda modell



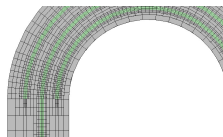
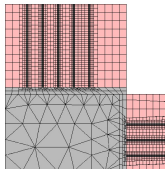
Alkalmos geometriai felbontással előállíthatók nagy térfogatú hexa magok. A finom részletekre méretfüggvényekkel sűrített tetra hálót teszünk.

Duális (poliéder) hálók



- Tetra hálóból átalakítható FLUENT-ben. Mesh/Polyhedra
A cella középpontok és a csomópontok felcserélődnek.
- Patch Conforming hálózó használata célszerű.
- Zónáisan is alkalmazható.
- A cellaszám kb. 60%-al csökken, a felületek száma azonban nem csökken.
- Kb. azonos a műveletigény iterációs lépésenként, viszont sokkal kevesebb iterációs lépés kell (gyorsabb konvergencia).
- Igen torz tetra hálóból is jó minőségű poliéder háló állítható elő: a torzulás kiküszöbölésének hatékony módszere.
- Az effektív térbeli felbontás számottevően csökken, azonban a memória igény nem csökken jelentősen, ezért leginkább lokálisan célszerű alkalmazni.

Adaptált hálók



- Fluenten belül a háló helyileg sűríthető: Adapt menü. Minden cella közepébe tesz egy újabb node-ot.
- Használható a nehezen hálózható részek utólagos finomítására, vagy a megoldáshoz igazodó felbontású hálók készítésére.
- A cellaméretben túl nagy (100%-os) ugrásokat hoz létre, ezért kerülendő.

Hálózási módszerek a Workbench Mesher-ben



1. Sweep
A Source Face hálóját „extrudálja” a tartományba.



2. Multi zone
Hasonló Sweep módszerhez, de annál összetettebb testeket is tud hálózni. Jó minőségű négyzög hálót készít forrásfelületeken.



3. Hex dominant
Kívülről befelé parkettáz. Helyenként beiktat egy tertra cellát is.



4. Patch Conforming tetra
A felületről kiindulva befelé növeszti a tetra hálót.



5. Patch Independent tetra
Szabályos kocka hálóból készíti tetrát, majd a felület közelében besűríti. Geometriai hibákra érzéketlen.

Hálózási módszerek a Workbench Mesher-ben



1. Összetett geometriai modellek gyors, automatikus hálózására az Assembly Meshing módszerek ajánlottak, melyeket a Mesh objektum paraméterlapján aktiválhatunk. Ilyenkor testenként nem használhatunk eltérő módszert. Két módszer közül választhatunk:

1. Cut-Cell
Adaptívan sűrített hexa hálót készít. A felület közelében a hexa elemeket elvágja.
2. Tetrahedrons
A Patch Conforming tetra hálóhoz hasonló hálót készít.



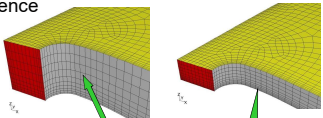
2.

Hálózás előkészítése


- A geometriai modell alkalmas elmetszése a hálózás megkönnyítésére. Pl. Sweep-elhető tartományok létrehozása.
- Rövid élek, keskeny felületek kiszűrése hálózáskor:
 - Model/Insert Virtual Topology
 - Mesh/Pinch (globális)
 - Mesh/Insert Pinch (lokális)
- Hálóméret szabályozása:
 - Mesh/Sizing (globális)
 - Mesh/Insert Sizing (lokális)
- Inflációs réteg (felületre merőleges sűrítés) létrehozása:
 - Mesh/Inflation (globális)
 - Mesh/Insert Inflation (lokális)

Deformálódó háló

1. pl: Vízátároló medence



2. pl: Mozdgó pillangó szelep



(Note: The figure also includes a line graph showing a curve with a peak and a trough, with axes labeled 'x' and 'y', and a legend 'Velocity: 0.17'.)

Deformálódó háló - FSI

Tacoma Narrows Bridge

Three-dimensional
Fluid-Structure Interaction (FSI) Simulation
(Torsional Instability)
