

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií

Elaborát z predmetu Matematické
metódy identifikácie, modelovania a
simulácie

Obsah

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Úvod | 1 |
| 2 | Matematické metódy | 1 |
| 3 | CFD analýza | 1 |
| 3.1 | Navier-Stokesova rovnica | 2 |
| 3.2 | Metóda lattice Boltzmann | 2 |
| 3.3 | LES | 2 |
| 3.4 | DNS | 2 |
| 4 | Počítačom podporované matematické modelovanie | 2 |
| 4.1 | Computational Fluid Dynamics | 4 |
| 4.2 | Programy pre CFD simulácie | 4 |

1 Úvod

2 Matematické metódy

Parciálne diferenciálne rovnice popisujú fyzikálne procesy pohybu tekutín.

Po špecifikovaní problému, ktorý chceme riešiť, je nutné zostaviť sústavu rovníc popisujúcich problém a zvoliť počiatočné, respektíve okrajové podmienky. Je všeobecne známe, že fyzikálne javy v oblasti dynamiky tekutín

3 CFD analýza

CFD je využívaná od začiatku 20. storočia v oboroch fyziky akými sú aerodynamika, termodynamika alebo hydrodynamika. Dynamika je časť mechaniky, ktorá sa zaoberá vplyvom pôsobenia síl na pohyb telies.

Aerodynamika sa venuje štúdiom pohybu plynov a ich interakciou s pevnými objektami, akými je napríklad karoséria pretekárskeho auta alebo krídlo lietadla.

Dynamika kvapalín

Pri skúmaní dynamických javov je cieľom CFD analýzy vytvoriť čo najpresnejší obraz týchto javov a procesoch, ktoré vznikajú a prebiehajú pri pohybe plynných a kvapalných látok v okolí alebo vo vnútri objektov v pevnom skupenstve. Zároveň je vhodná na analyzovanie toku alebo zmeny teploty v okolí skúmaných objektov. Tieto procesy väčšinou súvisia s pôsobením javov akými sú rozptyl, šírenie, konvekcia, náraz vln, klzké povrchy, medzné vrstvy a turbulencia.

CFD simulácie sú využívané v rôznych oblastiach, akými sú napríklad prúdenie tekutín v potrubiach, plynov vo vzduchotechnike, analýza chladenia uzavretých priestorov alebo analýzu elektrotechnických zariadení.

Presnosť CFD simulácií ale nie je zaručená a tak treba stále počítať s tým, že nám

vedia poskytnúť iba približné informácie o tom, ako sa bude simulovaná súčiastka alebo proces správať v reálnom svete.

3.1 Navier-Stokesova rovnica

Navier-Stokesova rovnica

Jedna zo zaujímavostí je, že Clayov inštitút vypísal na nájdenie riešenia Navier-Stokesovej rovnice odmenu 1 milión dolárov.

3.2 Metóda lattice Boltzmann

Metóda lattice Boltzmann je relatívne nová metóda v oblasti CFD analýzy.

3.3 LES

3.4 DNS

4 Počítačom podporované matematické modelovanie

Počítačom podporované inžinierstvo (CAE - Computer Aided Engineering) je použitie počítačového softvéru na simuláciu výkonu s cieľom vylepšiť návrhy výrobkov alebo pomôcť pri riešení technických problémov pre celý rad priemyselných odvetví. To zahŕňa simuláciu, validáciu a optimalizáciu produktov, procesov a výrobných nástrojov.

Typický proces CAE pozostáva z krokov predbežného spracovania, riešenia a následného spracovania. Vo fáze predspracovania inžinieri modelujú geometriu (alebo reprezentáciu systému) a fyzikálne vlastnosti návrhu, ako aj prostredie vo forme aplikovaného zaťaženia alebo obmedzení. Ďalej je model vyriešený pomocou vhodnej matematickej formulácie základnej fyziky. Vo fáze po spracovaní sa výsledky predložia technikovi na preskúmanie.

Aplikácie CAE, výhody používania CAE...

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/computer-aid>
13112

Motivácia na používanie počítačových simulácií na skúmanie metalurgických procesov je dvojaká. Po prvé, umožňuje testovať zmeny dizajnu pred vytvorením prototypu, čo samozrejme vedie k nižším celkovým nákladom na návrh. Po druhé, umožňuje skúmať javy, ktoré sa nedajú ľahko merať alebo pozorovať v procese. Dokonca aj zdanlivo jednoduchá operácia, ako napríklad nepretržité meranie teploty počas procesu oduhličovania, je zložitá z dôvodu veľmi vysokých teplôt v procese a všeobecne drsných podmienok prevládajúcich v oceliarnach ((Ersson and Tilliander, 2018)).

V metalurgii pri výrobe ocele je veľmi dôležité simulovať lineárne a nelineárne procesy, s ktorými sa pri výrobe ocele stretávame pri tvorbe matematických modelov. Od prvých pokusov o využitie matematických techník na simuláciu a optimalizáciu veľkých metalurgických operácií (Ray a kol., 1973) sa zaviedli rôzne numerické metódy ako algoritmy a použili sa na simuláciu javov v oceliarskych procesoch. Jednou z tried takýchto metód je Monte Carlo, ktoré je užitočné na simuláciu systémov s mnohými stupňami slobody, ako sú tekutiny. Problémy s modernou mechanikou tekutín by nebolo možné vyriešiť bez použitia výpočtovej dynamiky tekutín (CFD), pretože rozsah analytických riešení základných rovníc mechaniky tekutín je veľmi obmedzený a keď sa dosiahne zložitejšia geometria, zvyčajne na výber riešenia musia zvoliť danú numerickú metódu. CFD zahŕňa široké spektrum numerických metód používaných pri riešení komplexné trojrozmerné (3D) a časovo závislé problémy s tokom ((Rapp, 2017)). Od počiatku priekopníckej práce v oblasti metalurgie, ktorú uskutočnili Szekely a kol. (1977), náklady na vykonávanie počítačových simulácií sa za posledných niekoľko desaťročí znížili, zatiaľ čo dostupný spracovateľský výkon sa zvýšil. Väčšina procesorov a spracovateľských jednotiek, ktoré sa v súčasnosti vyvíjajú a vyrábajú, má niekoľko jadier, ktoré môžu vykonávať pokyny

súbežne. Spracovateľský výkon, ktorý je k dispozícii pre softvér CFD, teda tiež závisí od schopnosti softvéru vykonávať paralelne. Štúdia z posledných dvoch desaťročí ((Ersson and Tilliander, 2018)) simulácií metalurgického CFD odhaľuje obrovské zlepšenia týkajúce sa typu javov, ktoré je možné preskúmať, a tento trend bude pokračovať vďaka zlepšeniam v dostupnom spracovaní výkonu a dostupné algoritmy. Preto CFD našiel cestu do mnohých štúdií v oceliarstve, kde sa tieto metódy ukázali ako užitočné pri preukazovaní skrytých a významných vlastností. Jeho použitie v oceliarskom priemysle však nemusí byť také integrované ako v leteckom a automobilovom priemysle, v ktorých je vývoj nových dizajnov kľúčový. Hlavný rozdiel medzi leteckým a metalurgickým priemyslom spočíva v tom, že hutnícky priemysel sa takmer vždy zaoberá viacfázovými systémami pri zvýšených teplotách a že motiváciou modelovania je najmä optimalizácia procesov. S pokračujúcim vývojom vo viacfázových modeloch, ako aj pri reakčnom modelovaní toku, ostáva pokračujúca užitočnosť CFD v metalurgii jasná.

V procese LD / BOF určujú rôzne chemické reakcie medzi kyslíkom, troskou a roztaveným železom v konvertore kyslíka, v kombinácii s energickým miešaním, aby sa podporila troska, defosforizácia, dekarbonizácia, zahrievanie roztavenej ocele a homogenizácia zloženia a teploty ocele. výsledné vlastnosti ocele. Cieľom konvertora kyslíka je rafinovať roztavené železo na surovú oceľ oxidáciou, aby sa dosiahla konečná teplota a chemické zloženie na konci rany. Ak to neurobíte, bude to potrebné zrevidovať. Vplyv prúdu kyslíka do roztaveného kúpeľa silne ovplyvňuje kúpeľ a podporuje trojfázový tok medzi plynom, troskou a roztavenou oceľou v kúpeli. S prechodom od starých systémov založených na pravidlách k modelu v reálnom čase uzavretým

4.1 Computational Fluid Dynamics

4.2 Programy pre CFD simulácie

Matlab

Ansys

SimScale

OpenFOAM

Literatúra

Ersson, M. and Tilliander, A. (2018). Review on CFD Simulation and Modeling of Decarburization Processes, *Steel Research International* **89**(1): 1–13.

Rapp, B. E. (2017). Chapter 1 - introduction, in B. E. Rapp (ed.), *Microfluidics: Modelling, Mechanics and Mathematics*, Micro and Nano Technologies, Elsevier, Oxford, pp. 3 – 7.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455731411500010>