

Absztrakt

A projekt célja egy olyan numerikus eljárás kifejlesztése, mely az időben változó hőátadás számszerű jellemzésére hivatott Hőátadási Együtthatók becslésére alkalmas. A kidolgozott predikciós eljárás központi eleme az Adaptív Tűzijáték algoritmus (AFWA, Adaptive Fireworks Algorithm), mely az inverz hőátadási probléma megoldásához lett felhasználva.

Kulcsszavak

Hőközlési probléma, Szimuláció, GPU programozás, Optimalizáció, VDE

Motiváció

Számos gyártási vagy üzemeltetési folyamat kísérő hőátadási jelenség befolyásolja magának a folyamatnak a kimenetelét. Jellemzően ilyen folyamatnak tekintendő a fémek hőkezelése, melynek célja és eredménye – mint már az elnevezése is mutatja – a hőmérséklettől, a hőmérséklet változásától erősen függ. Bizonyos tulajdonságok azonban nem mérhetők, ezeket szimulációk segítségével tudjuk csak becsülni, ilyen a Hőátadási Együttható is. Ipari szempontból is lényeges egy olyan módszer kidolgozása, amely mérési eredmények alapján képes megbecsülni a lehűlés során felmerülő hőátadási tényező értékét.

Hasonló fejlesztések

Amennyiben ismerjük a munkadarab és annak környezetének paramétereit (hőmérséklet, sűrűség, hőátadási együttható, stb.), akkor egy szimuláció segítségével ki tudjuk számolni a lehűlés során a munkadarab egyes pontjainak hőmérsékletét az idő függvényében. A vizsgált inverz hőtani probléma során azonban ennek az ellenkezője áll fent: mérések alapján ismerjük a hőmérsékletet, és ez alapján kell következtetnünk a hőátadási együtthatóra. A problémát különféle metaheurisztikákkal próbálták már megoldani:

- ▶ Hegymászó algoritmus: egy véletlenszerű paraméterkészlettel indul, majd ennek mindig egy közeli környezetét vizsgálja. Apró lokális javításokkal próbál eljutni egy jó megoldásig.
- ▶ Genetikus algoritmus: egy véletlen populációval indul, ahol a legjobb egyedek keresztezésével, az utódok mutációjával és szelekciójával próbál minél jobb egyedekből álló populációkat felépíteni.
- ▶ PSO algoritmus: hal és madárrajok együttműködésének szabályait követve próbálja a véletlen populációt elvezetni egyre jobb eredményekhez.

A fenti megoldások mellett számos egyéb metaheurisztika létezik, amelyeket célszerű lehet megvizsgálni az inverz hőtani probléma megoldására, mint az AFWA.

Sikerek

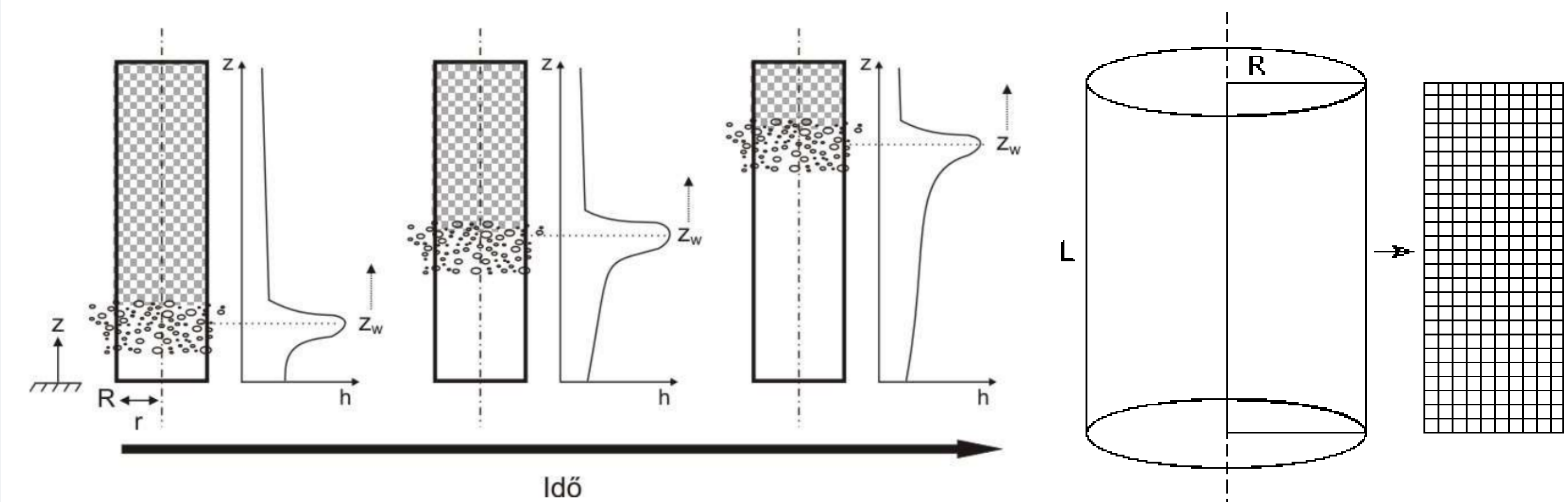
- ▶ Kari TDK 2. helyezett
- ▶ OTDK részvétel
- ▶ 3 konferenciatick

Saját módszer bemutatása

A hőátadási tényező megadja, hogy milyen mennyiségű hő halad át a vizsgált test felületén a lehűlés során. A lehűtés során a munkadarab körül egy gőzfilm képződik, ami folyamatosan szakad fel. Emiatt a hőátadási tényező függ az időtől, és attól is, hogy a felület melyik pontján vizsgáljuk.

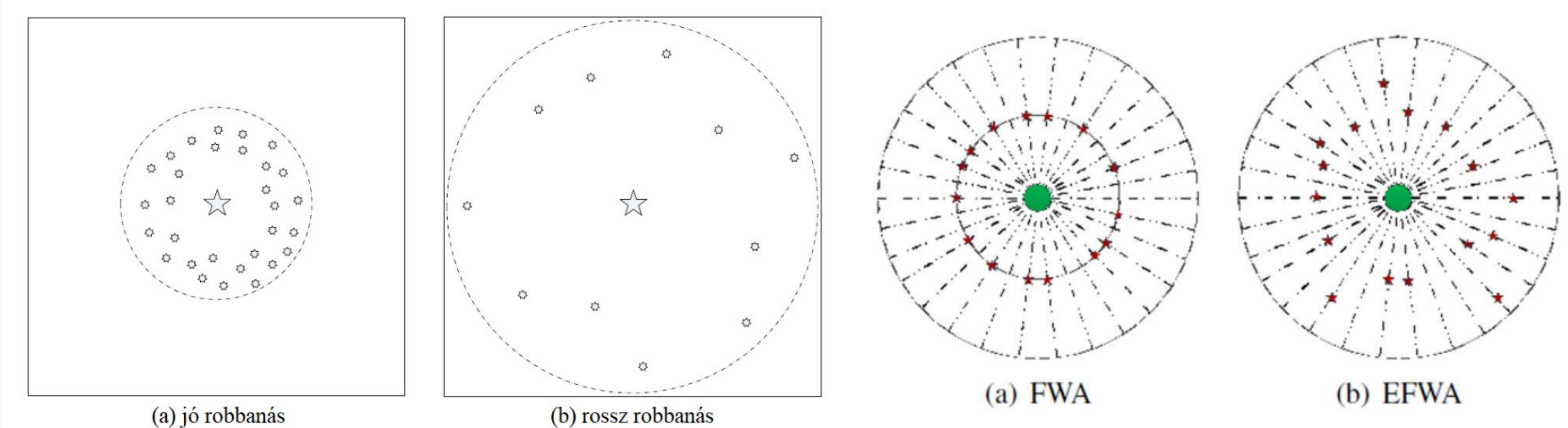
Az inverz hőtani probléma helyett elsőként a direkt problémát kell megoldani. Ennek során ismerjük a lehűlés minden paraméterét (test kezdeti hőmérséklete, sűrűsége, alakja, tömege, hőátadási tényező, hűtőközeg hőmérséklete, stb.). Ez alapján a hővezetési Fourier-egyenlet megoldásával ki lehet számítani, hogy a munkadarab egyes pontjai az egymást követő időpillanatokban milyen hőmérsékletűek voltak. Ez egy véges differenciák módszerén alapuló szimulációval oldható meg.

Mivel egy időben több ezer lehűlést kell számolni, ezek számításigénye meglehetősen nagy, ezért egy adatpárhuzamos GPU alapú megoldás került kifejlesztésre CUDA programozási nyelven.



Az indirekt probléma megoldása során mérési eredmények alapján ismerjük a munkadarab néhány pontjának a hőmérsékletét a lehűlés teljes időtartományában. Ez alapján kell következtetnünk a hőátadási tényezőre. Ennek klasszikus megoldása, hogy különböző hőátadási együttható függvényeket feltételezve lefuttatjuk a szimulációt, és annak eredményét összehasonlítjuk a valós mérésekkel. Különböző metaheurisztikák segítségével próbáljuk megtalálni azt a hőátadási függvényt, ami a valósághoz legközelebbi kimenetet adja.

A megoldás során az elsőként 2010-ben publikált tűzijáték algoritmus és annak variánsai lettek kipróbálva. Ez a sztohasztikus eljárás a raj alapú optimalizációk közé tartozik. Működése során a valóságban gyakran látható tűzijátékok működését követi, ezek fogalmait használva (tűzijáték, robbanások, stb.) próbálja megtalálni az optimális megoldást.



Eredmények értékelése

A validáció többféleképpen is elvégezhető. Az egyik megoldás során hipotetikus hőátadási együttható függvényeket használunk, mint amilyen az ábrán is látható. Ezek alapján elsőként szimulációval elő kell állítani a lehűlési görbéket. Ezen görbék alapján megpróbáljuk rekonstruálni az eredeti hőátadási együtthatót. Ez minél pontosabban sikerül, annál jobbnak tekintjük a módszert.

Az elvégzett tesztek azt mutatják, hogy a kidolgozott FWA alapú módszer jól tudta rekonstruálni ezeket a kétdimenziós hipotetikus függvényeket.

A másik validációs módszer valós mérések adatain alapul. Itt ismertek a lehűlési görbék, ezeket tényleges fizikai kísérletekkel határozzák meg. A rendszernek ez alapján kell elkészítenie a hőátadási együttható függvényt. A validáláshoz szimulációval elkészítjük a lehűlési görbéket, és ezek minél jobban hasonlítanak a valóságban mérthez, annál jobbnak tekintjük az eredményt.

Mint az ábrán látható, a módszer itt is jól tudta közelíteni a valóságban mért értékeket.

