

## Bírálat

Vadászsné Bognár Gabriella

### **„Analysis of tribological phenomena in viscous fluid flows over solid surfaces (Tribológiai jelenségek vizsgálata szilárd felületen áramló viszkózus folyadékban)”**

c. értekezéséről, amelyet az MTA doktora cím megszerzéséért nyújtott be

Az értekezés 119 számozott oldalt tartalmaz, ebből 101 oldal az érdemi rész, 1 oldalt a köszönetnyilvánítás, 17 oldalt a felhasznált irodalom jegyzéke tesz ki. A benyújtott értekezést a Jelölt angol nyelven készítette, az eredményeket összefoglaló téziszfüzet magyar nyelvű.

Az értekezés témaválasztása időszerű, még annak ellenére is, hogy napjainkban az ezen a területen felmerülő konkrét feladatok megoldását már numerikus, közelítő szoftverek segítségével végzik, viszont a peremfeltételek alkalmazhatóságának vizsgálatát, valamint a szükséges paraméteranalíziseket az analitikus megoldások birtokában könnyebben és megbízhatóbban lehet elvégezni. A vizsgált kérdések gyakorlati felhasználási területét a korszerű gyártástechnológiák (mint pl. bevonatok készítése, nyomásos öntési technológiák, kenési/nedvesítési jelenségek hatékonyságának és megbízhatóságának növelése), valamint a jelen kor műszaki színvonalán álló gépelemek és kenőanyagok kenés- és alkalmazástechnikája jelentik.

Az értekezés tudományos tárgyát valójában az ideálisan sík, szilárd felületek és a nem-newtoni viszkózus folyadékok határfelületén lejátszódó áramlástani folyamatok elemzése jelenti, amelyről nem csak az mondható el, hogy időszerű, hanem az is, hogy hézagpótló, mivel ezeknek a határfelületi jelenségeknek az analitikus leírása valóban hiányos.

Az értekezés a formai követelménynek megfelel, szépen szerkesztett, nyelvezete – a nem angol anyanyelvű bíráló számára – érthető és egyértelmű. Kicsit szokatlan, hogy nem minden összefüggés számozott, továbbá, hogy a számozás nem a megszokott helyén, hanem az összefüggések előtt található, de mindez az érthetőséget nem zavarja. Elírást, sajtóhibát az értekezésben nem vettem észre.

Az értekezés érdemi része hat fő fejezetre tagozódik. A bevezetésben (14 oldal) Jelölt a fontosabb előzményeket, fogalmakat, alapösszefüggéseket, az alkalmazott peremfeltételeket, a viszkozitást leíró összefüggéseket, valamint az elvégzett analízisek célját ismerteti röviden.

A Jelölt által feldolgozott kutatási témának óriási irodalma van, úgy a klasszikusok, mint a kortárs kutatók között. Anélkül, hogy ezt a szakirodalmat minden részletében ismerném, nyugodtan megkockáztatom, hogy Jelölt saját publikációit nem beleszámítva, a feldolgozott, ill. hivatkozott mintegy 200 mű megfelelően reprezentálja és dokumentálja a kutatott kérdések aktuális feldolgozottsági állapotát. Jelölt egyértelműen és korrekt hivatkozásokkal mutatta be minden esetben a kiinduló állapotot, saját munkája jól elkülöníthető az előzményektől.

A bevezetést követő négy fejezetben a Jelölt négy különböző, de jellegzetes esetét tárgyalja a szilárd felületen áramló folyadékból kialakult folyadék-határreteg viselkedésének. Tribológiai szakkifejezéssel élve az ún. „sebességi alkalmazkodás (velocity accommodation)” viszkozus közegben történő megvalósulásának lehetséges eseteit vizsgálja. Az alkalmazott áramlástani modellek közös tulajdonsága, hogy a határfelületi áramlást is laminárisnak tételezik fel és a vizsgált folyadékot összenyomhatatlannak, továbbá olyan nem-newtoni viszkozus viselkedésűnek tekintik, amelynek viszkozitása hatványtörvény szerinti összefüggéssel írható le.

A 2. fejezet az át nem eresztő, álló, csúszásmentes, szilárd síkfelület határfelülete mentén kialakuló folyadékáramlással foglalkozik. A newtoni folyadék áramlását leíró összefüggések ismertetése után Jelölt áttér az állandó áramlási sebességű, nem-newtoni folyadékok viselkedésének tárgyalására. Mindkét esetben levezeti a határreteg viselkedésére jellemző nyírófeszültség és fal melletti áramlási ellenállás-tényező összefüggését. Itt kell megemlítenem az egyetlen tartalmi kifogásomat az értekezéssel kapcsolatban, nevezetesen, hogy a folyadék szilárd felületen való adszorpciójának és deszorpciójának figyelembevételére (vagy az attól való eltekintésre) csak a 4. fejezetben, a határreteg leválásával kapcsolatban találtam utalást. Ezek a határreteg áramlását leíró összefüggések szükségesek és nagyon hasznosak lehetnek úgy a kenőanyag-, mint a technológiafejlesztő szakemberek számára. Ebben a fejezetben elért eredményeit a Jelölt az értekezés végén három tézis formájában fogalmazta meg.

A 3. fejezet a nyugvó folyadékban mozgó sík lap felszínén kialakuló határreteg áramlástani viszonyait elemzi, az előző fejezethez hasonlóan, előbb egy newtoni folyadék-, majd egy nem-newtoni folyadékmodell segítségével. Itt is a hatványkitevő paraméteranalízisével fejeződik be a vizsgálat. Jelölt ebben a fejezetben elért eredményeit két tézisben foglalta össze.

A 4. fejezet az áramló közegben mozgó, szilárd síkfelület és a nem-newtoni folyadék határfelületén kialakuló áramlástani viszonyokat részletezi. Ebben a fejezetben találkozhatunk először a határréteg leválásának említésével és a leválás kritériumának figyelembevételével, ami az adalékolt kenőanyagok alkalmazhatóságának határát jelenti (erre a tényre való utalás nagymértékben segítette volna az értekezés elméleti eredményeinek értékelését). A 4.3. fejezetben a Jelölt a hasonlósági megoldásokkal kapott eredményeit összehasonlítja (validálja) az ANSYS FLUENT V14.0 kereskedelmi szoftverrel kapott eredményekkel. A numerikus megoldáshoz alkalmazott peremfeltételek gyakorlatilag megegyeznek az analitikus modellnél alkalmazottakkal. A numerikus és analitikus megoldásokból származó eredményeket a 4.11...16. diagramok tartalmazzák. A diagramokból jól látható a számítási eredmények egyezése. Jelölt a 4. fejezetben ismertetett vizsgálatainak eredményeit két tézisben írta le.

Az 5. fejezet a hidrodinamikai és termikus paraméterekkel is rendelkező folyadék határréteg-moddellel végzett hasonlósági megoldásokat mutatja be. Tribológus szemével nézve ez a modell áll a legközelebb a valósághoz. A súrlódási hő hatására a szilárd test felülete melegszik és a folyadék-határréteg hőmérséklete is megnő, amelynek következtében a felületi feszültség változása a folyadékban mozgást hoz létre, ami az adszorbeált határréteg deszorpciójához vezethet. Sajnos, a levezetett összefüggések csak a határréteg hőmérséklet-eloszlásának alakulására, valamint a határréteg vastagságának változására nézve adnak információt az áramlástani jellemzők függvényében, a hidrodinamikai (Reynolds-féle) nyomáseloszlásra nem. Ezzel kapcsolatban szeretném megkérdezni a Jelölttől, hogyan vette figyelembe a határrétegnek a fejezet címében szereplő hidrodinamikai tulajdonságát? Az 5.2. fejezetben a Jelölt az előző feladatban alkalmazott modell egy határesetét, de ugyanakkor a gyakorlathoz igen közelálló problémát modellező esetét tárgyalja, a folyadék által melegített, mozgó síkfelület esetét, csúszásmentes és hőátadó felületet feltételezve. A folyadék-határréteg sebesség- és hőmérséklet-eloszlását az áramlástani jellemzők függvényében numerikusan vizsgálta, a felállított differenciálegyenletet a MAPLE V12 szoftverrel numerikusan oldotta meg. Jelölt az 5. fejezetben ismertetett analízisének eredményeit két tézisben fogalmazta meg.

Az értekezés 6. fejezete (Conclusions) tartalmazza pontokba szedve az értekezés új eredményeit. Ezzel kapcsolatban szeretném megjegyezni, hogy a disszertációban angolul megfogalmazott tézisek nem egyeznek meg a Tézisfüzetben feltüntetett, magyar nyelvű tézisekkel! A tézisek magyar fordítása elnagyolt, kifejezésbeli és értelemzavaró tévedéseket is tartalmaz (pl. az 1. tézisben „two-dimensional steady flow of an incompressible, non-Newtonian power-law fluid flow along a stationary, horizontal plate situated in a fluid stream

moving with constant velocity” nem fordítható egyszerűen csak „Hatványközegben kialakuló határréteg” kifejezéssel! Arról nem is beszélve, hogy a magyar nyelvű tézisekben általánosan használt „hatványközeg” kifejezés alkalmazása folyadékra, értelmezhetetlen!). A magyarra fordított tézisekben az összefüggésekre, valamint az irodalomra való hivatkozások sem egyeznek meg a disszertációbeliekkel, csak a saját szöveggörnyezetükében szereplőkével. A formai eltérésekhez hasonlóan, a lényegét nem érintő, de fogalmazásbeli különbségek is tapasztalhatók a disszertációban található angol és a tézisfüzetben lévő magyar tézisek között:

- a 2. tézis magyar verziója fogalmazásában és a beírt összefüggések tekintetében is különbözik az angol verziótól.
- a 3. tézis angol és magyar verziója formailag teljes egészében különbözik. Az 5. tézis angol és magyar verziója sem formailag, sem fogalmazását tekintve nem azonos. Ugyanez igaz a 6. tézisre is.
- a 8. és 9. tézisekben csak a hivatkozások nem egyeznek.

Ezeken túlmenően feleslegesnek tartom a téziseken belüli összefüggések számozását is.

Tekintettel arra, hogy az angol és magyar nyelven írt tézisek lényegükben megegyeznek, az eltéréseket formai (de nem elhanyagolható) hibának tekintem, és javaslom a tézisfüzet mielőbbi, gondos átdolgozását.

Bírálóí véleménynt a fentieknek megfelelően csak a disszertációban szereplő, angolul írt tézisekről nyilvánítok. Az 1., 2., 3., 4., 5., 6., 8. és 9. téziseket elfogadom új tudományos eredményként, a 7. tézist nem tartom új tudományos eredménynek.

A benyújtott doktori értekezés – a kifogásolt részletek ellenére is, mivel azok csak a magyar nyelvű tézisfüzetre vonatkoznak – eleget tesz az MTA doktora cím odaítélésével szemben támasztott követelményeknek, az elért tudományos eredményeket elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez és az értekezés nyilvános vitára bocsátását javaslom.

Budapest, 2014. február 22.



Dr. Eleőd András

egyetemi tanár, az MTA doktora