

EGYFOKOZATÚ TURBÓFUVÓ NUMERIKUS MODELLEZÉSE

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE FLOW IN ONE-STAGE BLOWER

Dr. Kalmár László^{*}, Dr. Janiga Gábor^{**}, Fodor Béla^{***}, Varga Zoltán^{****}
Soltész László^{*****}

ABSTRACT

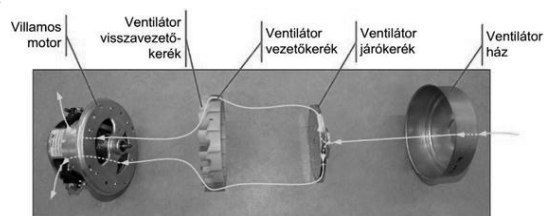
This paper deals with the CFD investigation of the flow in a one-stage radial flow blower-aggregate. The main aim of this numerical study is to compute the relevant operating characteristics of the blower and to determine detailed information about the flow characteristics inside it. The distributions of these flow characteristics in the blower determined by commercial code FLUENT [1] are available to judge whether the elements of the blower are working properly, or not. The calculated characteristics of operating parameters are compared in this paper with measured data given by experimental tests of the blower-aggregate [2] for their validation.

1. BEVEZETÉS

A cikk egy egyfokozatú és radiális átömlésű ventilátor-aggregátban kialakuló áramlási viszonyok numerikus vizsgálatával foglalkozik. A numerikus vizsgálat elsőrendű célja egyrészt a ventilátor aggregát működése szempontjából alapvetően fontos üzemi paraméterek számítása, valamint az áramlás aggregáton belüli jellemzőinek részletes meghatározása. Az aggregáton belüli áramlás FLUENT-ANSYS kereskedelmi szoftver [1] alkalmazásával nyert eloszlási alkalmasak az aggregát egyes részegységei helyes működésének megítélésére. A számított üzemi paraméterek számértékei – azok validálása érdekében – pedig összevethetők a ventilátor-aggregát laboratóriumi mérési eredményeivel [2].

2. A VENTILÁTOR-AGGREGÁT BEMUTATÁSA

A numerikus vizsgálatra került ventilátor-aggregát főbb egységeinek szétszerelt fényképe az 1. ábrán látható.



1. ábra. Ventilátor aggregát főbb egységei

^{*}egyetemi docens, ^{**}egyetemi tanársegéd, ^{***}MsC hallgató, Miskolci Egyetem, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Tanszéke, ^{****}egyetemi docens, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg, ^{*****}Csoportvezető, Elektrolux Porszívógár

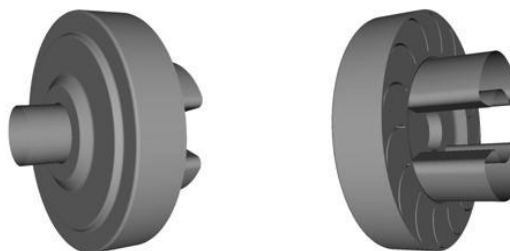
A rendelkezésre álló geometriai jellemzők felhasználásával először a numerikus számítások előkészítéséhez a FLUENT kereskedelmi kód grafikus előkészítő programjával kifejlesztettük a ventilátor-aggregát egyes elemeinek grafikus állományát.

3. A NUMERIKUS MEGOLDÁS ELŐKÉSZÍTÉSE

A fent bemutatott részegységekből összeállított aggregátban kialakuló áramlási folyamat numerikus szimulációja a feladatunk, amit a FLUENT kereskedelmi szoftver alkalmazásával végeztünk el. Először a numerikus szimuláció előkészítéséhez szükséges tennivalókat ismertetjük, majd csak ezt követően mutatjuk be a szimuláció számítási eredményeit.

3.1. A számítási tartomány meghatározása

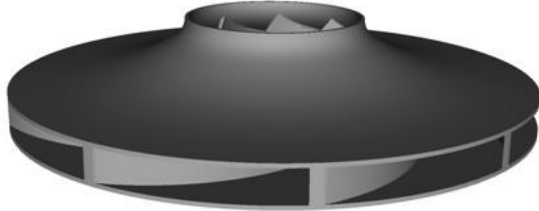
A teljes számítási tartomány két nézetben a 2. ábrán látható. A fényképek és a 3D-s geometriai modell egybevetésével jól látható, hogy a tartomány be- és kilépő keresztmetszeit a valóságos kialakításhoz képest kis mértékben módosítottuk. A belépő keresztmetszetenél – homogén áramlási jellemzők biztosítása érdekében – egy a belépő keresztmetszettel azonos átmérőjű rövid hengeres csőtoldatot illesztettünk, a kilépő keresztmetszet esetében pedig a meghajtó villamos motoron történő nagyon bonyolult átáramlás helyett a ventilátor kilépő oldalán a levegőáramlás irányában a villamos motor házához meglévő két darab un. „piskóta” keresztmetszethez egy-egy rövid kilépő hengeres felületű csőtoldatot illesztettünk.



2. ábra. Ventilátor-aggregát teljes 3D-s számítási tartománya két nézetben

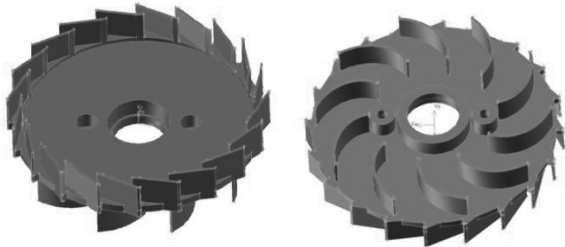
A 2. ábrán látható számítási modell tartalmazza a 3. ábrán látható forgó járókeréket és a 4. ábrán két nézetben vázolt vezető-, illetve visszavezető kereket is.

Az áramló levegő a ventilátor szívócsonkján érkezik a járókerékre, mely a folyadék energiáját megnöveli. Ezt követően a levegő a járókerék oldali vezetőkeréken át a nyomóterbe kerül, majd a visszavezető keréken átáramolva a nyomócsonkon távozik el a ventilátor-aggregát egységből.



3. ábra. Járókerék testmodellje

A numerikus vizsgálat elsődleges célja a ventilátor-aggregát belsejében kialakuló áramlási jellemzők számítással történő meghatározása.



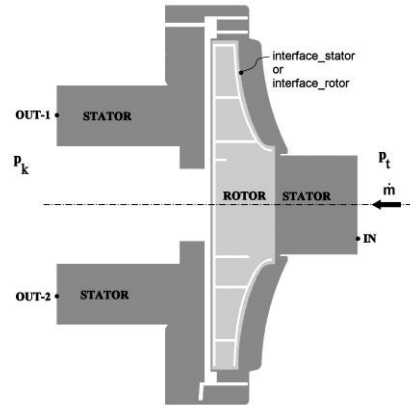
4. ábra. Vezető-, illetve visszavezető kerék testmodellje

3.2. Ventilátor-aggregát számítási résztartományok definiálása és diszkretizációja

A számítás numerikus végrehajthatósága érdekében a teljes számítási tartományt először résztartományokra osztottuk, amelynek térbeli elhelyezkedése és a hozzá tartozó elnevezések az 5. ábrán láthatók. A berendezés működéséből adódóan ugyanis két fontos teret kellett elkülönítenünk: a forgó (**ROTOR**) járókerék-tartományt és az álló (**STATOR**) tartományt, amelyet az aggregát háza és a vezetőkerékek falai határolnak. A numerikus szimuláció előkészítésének talán egyik legfontosabb lépése a számítási tartomány diszkretizációjának, vagyis a tartomány hálózásának sikeres végrehajtása igen nagy hatással van a numerikus számítási eredmények pontosságára.

A FLUENT kereskedelmi szoftver áramlási feladat numerikus megoldása során az ún. véges térfogatok elvét alkalmazza. Ennek érdekében a számítási tartományokat a futtatást megelőzőleg véges térfogatokra kellett felosztani. Ennek során kialakított numerikus háló alkalmazhatóságát a hálóelemek ún. torzultsági paramétereinek értékei alapján tudjuk minősíteni. A kifejlesztett háló végső változata esetében 11.27 millió cella került kialakításra, amelyekre vonatkozóan a legnagyobb torzultsági paraméter értéke 0.87 volt. A járókerék

áramlási terére elkészített numerikus háló felületi képe a 6. ábrán látható.



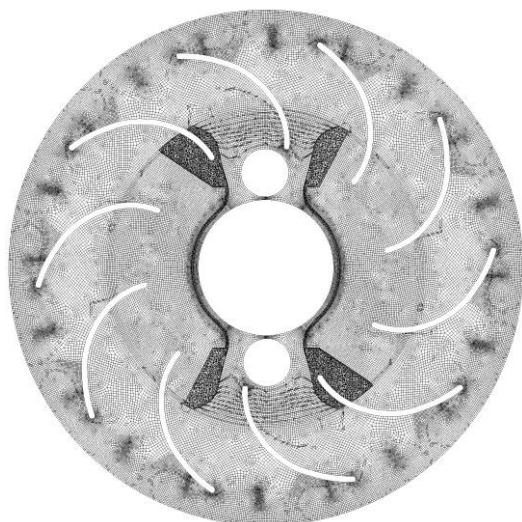
5. ábra. Számítási tartományok felosztása és elnevezései



6. ábra. Járókerék felületén kialakított hálózás képe



7. ábra. A járókerék és a vezetőkerék felületén kialakított hálózás képe

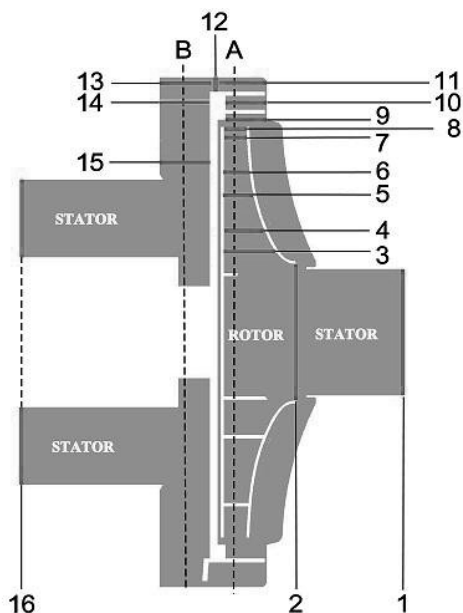


8. ábra. A visszavezető kerék felületén kialakított hálózás képe

4. SZÁMÍTÁSI ÉS KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

A diszkrétizált tartomány csomópontjaira vonatkozóan instacionárius áramlás feltételezésével az ún. sűrűség alapú implicit Gauss-Seidel numerikus megoldót használtunk. Az áramló levegőt a berendezés működtetése során kialakuló nagy áramlási sebességek és nagy nyomásviszony miatt viszkózus kompresszibilis gáznak tekintettük. Így a számítás során a standard $k - \epsilon$ turbulencia modellt és az általános gáztörvényt alkalmaztuk.

A futtatás során nyert eredményeket ábrák és diagramok segítségével foglaljuk össze.



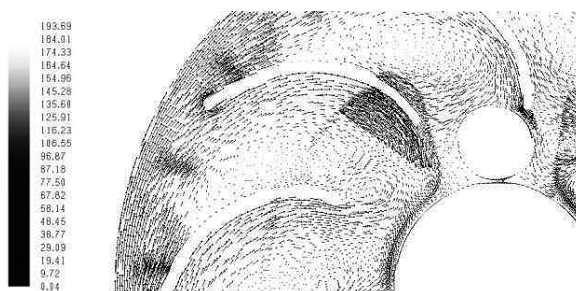
9. ábra. Kijelölt átáramlási keresztmetszetek elhelyezkedése és jelölése

A 9. ábra jelöléseit felhasználva először számított áramlási jellemzők változásait az aggregát forgástengelyére merőleges A és B jelű síkok mentén mutatjuk be.

A 10. ábra a járókerékben és a vezetőkerékben, a 11. ábra pedig a visszavezető kerékben, valamint az ezt követő nyomótérben kialakuló sebességeloszlás változását mutatják be a hátlappal párhuzamosan fekvő és a lapátcsatorna közepén elhelyezkedő A, illetve B jelű síkok mentén (lásd a 9. ábra jelöléseit is).



10. ábra. Sebességeloszlás a járó- és vezetőkerékben az A jelű sík mentén

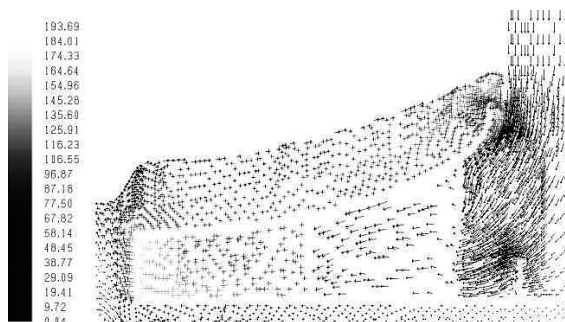


11. ábra. Sebességeloszlás a visszavezető kerékben a B jelű sík mentén

A 12. ábra a vezetőkerékben kialakuló abszolút nyomás eloszlás változását mutatják be a hátlappal párhuzamos és a lapátcsatorna közepén elhelyezkedő B jelű sík mentén (lásd a 9. ábra jelöléseit is).



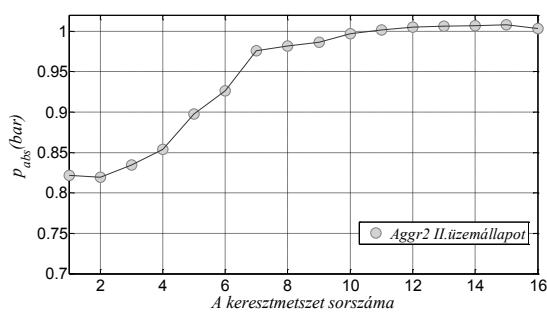
12. ábra. Nyomáseloszlás a visszavezető kerékben a B jelű sík mentén



13. ábra. Sebességeloszlás az aggregát főmetszete mentén

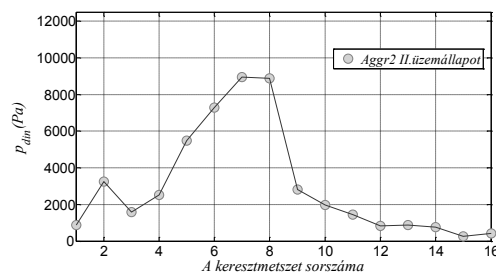
A 13. ábra a sebességeloszlást ábrázolja a ventilátor aggregát főmetszeti síkjában, ahol jól látható a járókerék belépő keresztmetszete környezetében az aggregát szivóoldali fedele és a járókerék előlapja között kialakuló visszaáramlás. Ez a jelenség a járókerék ki- és belépő keresztmetszeteiben működtetés kialakuló jelentős nyomáskülönbség miatt jön létre, amely a ventilátor volumetrikus hatásfokát és így az aggregát teljes hatásfokát is jelentősen leronthatja.

A továbbiakban felületre vonatkozó integrált átlagértékek változásait mutatjuk be. Ezért a számítási eredmények globálisan áttekintő bemutatása érdekében az áramlás irányában 16 darab átáramlási keresztmetszetet jelöltünk ki a ventilátor aggregáton belül, amelyek elhelyezkedését a 9. ábrán lehet megtekinteni. A számítási eredmények jobb áttekinthetősége érdekében kiszámítjuk a szimuláció során részletesen meghatározott áramlási jellemzők fent említett 16 átáramlási keresztmetszetre vonatkozó átlagértékeit és ezek felhasználásával az aggregáton átáramló levegő transzport folyamatában a jellemzők áramlás irányú változása nyomon követhető lesz. Ennek megfelelően a 9. ábrán megjelölt átáramlási keresztmetszetre vonatkozóan kiszámítottuk az abszolút nyomás, a dinamikus nyomás, valamint az átáramló levegő tömegáram átáramlási keresztmetszetre vonatkozó átlagértékét, amelyeket az áramlás irányában kijelölt keresztmetszetekhez tartozóan – a II. üzemiállapotra vonatkozóan – a 15-17. ábrákon lévő diagramokon rajzoltunk fel. Így jó látható a felsorolt mennyiségeknek a ventilátor-aggregáton történő átáramlása során kialakuló változásának jellege. A járókeréken történő átáramlási szakasz (a 2 és 8 jelű keresztmetszetek) mentén az abszolút és dinamikus nyomás értékei folyamatosan nőnek, a vezetőkerék menti keresztmetszet növekedése a dinamikus nyomás csökkenése mellett további növekedést biztosít az abszolút nyomásban (lásd a 8-9 keresztmetszetek közötti szakaszt). A 17. ábrán jól látható a résvesztés miatti tömegáram növekedése az 1-s és 2 jelű keresztmetszetek között.

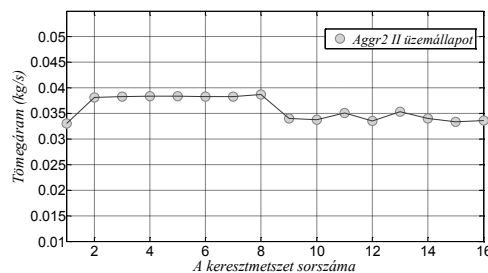


15. ábra. Abszolút nyomás [bar] változása

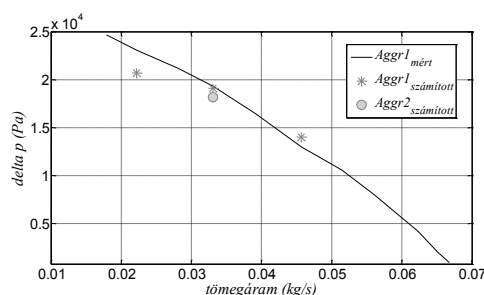
A 18. ábrán a vizsgált aggregát számított munkaponti jellemzőit egy olyan aggregát korábban számított és mért üzemi jellemzőivel hasonlítottuk össze [2], amelynél a vezető- és visszavezető kerék lapátözése kis mértékben eltért a jelenleg alkalmazott kerék geometriájától. A globális összehasonlítás nem mutat nagy különbséget, eltérést csak lokálisan észlelhető.



16. ábra. Dinamikus nyomás változása



17. ábra. Tömegáram változása



18. ábra. Mért jelleggörbe és számított munkapontok

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az aggregát munkapontjának szimuláció által meghatározott jellemzőit összehasonlítottuk mért és számított üzemi jellemzőkkel, amely a gyakorlatnak megfelelő jó egyezést mutat. A kapott eloszlások elemzése a jelenleg is folyó kutatási tevékenység egyik fő komponense. Ennek eredményeiről a közeli jövőben tudunk beszámolni.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként - az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében - az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Ugyancsak kiemelésre méltó a fenti kutatómunka végzésének és költségeinek a GOP 2008-1.1.2 projekt általi közvetlen támogatása.

7. IRODALOM

- [1] *FLUENT USER GUIDE*, Fluent Inc. Lebanon, (2003)
- [2] Lakatos, K., Szaszák, N., Mátrai Zs., Soltész, L., Szabó, Sz.: *Experimental Development of Guide Vanes and Return Guide Vanes of a Mini Blower*, Proceeding of MicroCAD International Computer Science Conference, Miskolc, (2011)