FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

RUGALMAS SZALAGOK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA TURBULENCIA GENERÁLÁSÁHOZ

INVESTIGATION OF APPLICABILITY OF ELASTIC TAPES FOR GENERATING TURBULENCE

SZASZÁK Norbert Tibor⁽¹⁾, SZABÓ Szilárd⁽²⁾

Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék, H-3515, Miskolc-Egyetemváros; tel.: +3646-565-154, (1)aramszn@uni-miskolc.hu, (2)aram2xsz@uni-miskolc.hu

Abstract

This paper deals with the construction and the measurements of a novel type turbulence generator which contains fluttering elastic plastic tapes as active elements to increase the turbulent intensity of the main flow in wind tunnel. This study explains the build process and the results of the measurements in different velocities of main flow are presented, too. CTA (Constant Temperature Anemometry) measurement technique was applied due to its beneficial properties.

Keywords: turbulence, active grid, CTA, wind tunnel, flutter

Összefoglalás

Jelen dolgozat egy olyan újszerű, turbulencia generálására alkalmas laboratóriumi eszköz összeállítását és áramlástechnikai mérését hivatott bemutatni, mely szerkezet a turbulencia létrehozásához az alapáramlás hatására belebegő rugalmas szalagokat használ. Mivel a szerkezet egy szélcsatornában került kialakításra, ezért alkalmunk adódott méréseket végezni annak áramlásra gyakorolt hatásainak vizsgálata céljából. Bemutatásra kerülnek a különböző átlagsebességű alapáramlások esetén elvégzett mérések eredményei, és ezek összehasonlítását is ismertetjük. A mérések során CTA (állandó hőmérsékletű légsebességmérés) mérés technikát alkalmaztunk, mely kimondottan alkalmas időben gyorsan változó sebességű turbulens áramlások vizsgálatához.

Kulcsszavak: turbulencia, aktív rács, CTA, szélcsatorna, belebegés

1. A kutatási téma

Jelen dolgozat témája egy olyan szerkezet kialakítása és áramlástechnikai vizsgálata, mely alkalmazásával laboratóriumi szélcsatornában magas turbulenciájú áramlás hozható létre. A számítógépes szimulációs szoftverek (CFD) számításaik elvégzéséhez különböző kezdeti paraméterek megadása szükséges, melyek számos esetben szélcsatorna-modellek segítségével, méréssel határozhatók meg. Azonban olyan szimulációs feladatok is léteznek, melyek különböző mértékű turbulenciájú áramlás hatásait vizsgálják. E szimulációk kezdeti értékeinek, –vagy eredményeinek validálása szempontjából – a modellen történő mérése csak úgy lehetséges, ha biztosítható a kívánt turbulens paraméterekkel rendelkező alapáramlás. Ehhez a szélcsatornába úgynevezett. passzív vagy aktív rácsok beépítésére van szükség[1]. A passzív rácsok előnye azok egyszerű felépítésében rejlik, azonban segítségükkel, a sokkal

bonyolultabb - így nagyságrendekkel költségesebb - aktív rácsokhoz képest jóval alacsonyabb turbulencia-intenzitású áramlás hozható létre.

Egy olyan megoldást próbáltunk találni, mely a napjainkban alkalmazott aktív rácsoktól jóval egyszerűbb módon hoz létre mozgást, s így turbulenciát generál. Elsőként Németországban, a Magdeburgi Egyetemen fejlesztettünk ki egy olyan rácsot, melynek a rácspontjaiba lágy szilikoncsöveket építettünk be, s ezeket a rácsokba vezetett, majd a csöveken kiáramló préslevegő impulzusereje nagy sebességgel, kaotikusan mozgatta [2].

Továbbgondolva az elképzelést, felmerült a gondolata egy olyan szerkezetnek, mely külső energia befektetése nélkül, csupán az alapáramlás energiájának egy részét felhasználva képes mozgást végezni, s így turbulenciát generálni. Ehhez az ún. belebegés jelenségét használtuk fel, mely például a Tacoma-híd 1940-ben bekövetkezett katasztrófájához is vezetett. Számos kutatás foglalkozik hídszerkezetek aeroelasztikus instabilitásának vizsgálatával, annak kiküszöbölésével [3]. Ezzel szemben kutatásunkban éppen ennek a jelenségnek a kihasználásával kívánunk létrehozni magas fokú turbulenciát.

2. A kísérleti rács és a mérőrendszer

Vizsgálatainkhoz a rendelkezésünkre álló 400×400 mm belső keresztmetszetű szélcsatornába [4] összesen 15 db. $3,81$ mm szélességű magnókazetta-szalagot építettünk be, úgy, hogy ezek alapesetben az áramlással párhuzamosan, egymástól $M=25$ mm távolságban helyezkednek el. A csatornában elhelyezett szalagokat, a feszítőszerkezetet, továbbá a mérési összeállítást az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra. A mérőrendszer a szélcsatornába épített szalag-rácscsal, és a szalagokhoz készített csavaros feszítőszerkezet

A szalagokból álló rács a turbulenciaparaméterek alakulásának vizsgálhatósága miatt a csatorna kilépő keresztmetszetétől 800 mm-re lett elhelyezve.

Fontos paraméter a szalagokat feszítő erő mértéke, ugyanis ennek függvényében változik az a minimális sebesség, mely szükséges a szalag rezgéséhez, továbbá a rezgés amplitúdója is függ ezen értéktől. Az elkészített csavaros feszítőszerkezettel (1. ábra jobb oldala) megoldható az egyes szalagokat húzó erő fokozatmentes beállítása, így azonos rezgéskép állítható be az összes szalag esetében.

Méréseink során a hődrótos méréstechnikát alkalmaztuk annak előnyös tulajdonságai miatt: alacsony zaj/jel arány, több kHz-es mintavételi frekvencia, a 3 tengelyű traverz használatával magas térbeli felbontás érhető el (akár $0,1$ mm-es rácsköz). A méréseket 1D-s szondával, 2 kHz-es mintavételezési frekvenciával és pontonként 5000 mintavétellel

végeztük. Az alkalmazott StreamWare nevű CTA mérés technikai programból a következő mennyiségeket exportáltuk az egyes mérési pontok helykoordinátái szerint rendezve: időátlagolt sebesség, sebességértékek szórása, turbulenciafok. Az adatok feldolgozása Excel és MATLAB programokkal történt.

3. Mérés, adatfeldolgozás

A dolgozat terjedelmi korlátai miatt a szalagok alapáramlásra gyakorolt hatásának, továbbá három különböző átlagsebesség (2 m/s, 3 m/s, 4 m/s) esetén történt mérések eredményeinek ismertetésére szorítkozunk.

A turbulencia jellemzésére többek között a turbulenciafokot (1) alkalmazhatjuk, mely definíció szerint a pillanatnyi sebességértékek ingadozásaiból számolt négyzetes középérték, és az időátlagolt sebességérték hányadosa:

$$Tu = \frac{u_{rms}}{\bar{u}} \quad (1)$$

Elsőként azt kívántuk megvizsgálni, hogy a nyugalomban lévő szalagok vajon befolyásolják-e a turbulenciát. Ezért azok feszességét oly mértékben megnöveltük, hogy nem végeztek belebegő mozgást az áramlás hatására. Így elvégezve a méréseinket- a rács előtt és után egyaránt-, arra a következtetésre jutottunk, hogy azok ilyen esetben nem változtatják meg a turbulenciát: 2,5 m/s-os átlagsebesség esetén állandó értékű, közel 3%-os turbulenciafok volt mérhető.

További vizsgálataink arra vonatkoztak, hogy különböző átlagsebességek esetén milyen hatást gyakorolnak a belebegő szalagok az áramlásra. A 2. ábrán a belebegő mozgást végző szalagok figyelhetők meg.

2. ábra. Az alapáramlás hatására belebegő mozgást végző szalagok

A mozgó rács hatásainak vizsgálatára különböző átlagsebességek mellett mérések történtek a csatorna vízszintes középsíkjában, a középső 150 mm széles sávban, a ráctól $(1-30) \times M$ hosszban. A 2 m/s átlagsebességhez tartozó turbulenciaprofil a 3. ábra bal oldalán látható. Megfigyelhető, hogy a rácshoz közel kimagasló értékek is megjelennek, továbbá látható az, hogy a szalagok között, azoktól kis távolságra még nem növekszik a turbulencia számottevően. Azonban távolodva a ráctól egy kiegyenlítődés (impulzuscsere) zajlik le, mely során egyrészt homogenizálódás megy végbe, másrészt észlelhetően csökken a turbulenciafok: mivel nincs örvény-produkció, csak disszipációról beszélhetünk, a turbulens kinetikus energia –s ezzel együtt a turbulenciafok is– folyamatosan csökken.

3. ábra. A turbulenciafok alakulása a rács utáni középsíkban (bal oldal), és az átlagolt turbulenciafok-értékek (jobb oldal)

A 3. ábra jobb oldalán a 2 m/s, 3 m/s és 4 m/s átlagsebességű mérések eredményei figyelhetők meg. Jól nyomon követhető a már említett csökkenő tendencia. Látható, hogy a nyugalomban lévő szalagok esetében mért turbulenciafok-értéket ($\approx 3\%$) csak kb. $30 \times M$ távolságban éri el az áramlás, addig jóval magasabb fokú a turbulencia. Továbbá megfigyelhető, hogy a rács közelében magas szórása van a turbulenciafok-értékeknek (több mint 30%), melyek $13 \times M$ távolság után már mindhárom esetben 3% szélességű sávban mozognak. Ezek mellett megfigyelhető az is, hogy magasabb átlagsebesség-értékekhez rendre némileg alacsonyabb turbulenciák társulnak. Ennek oka a turbulenciafok már ismertetett számításában keresendő: miközben a sebességek szórása közel állandó a három esetben, az átlagsebességek különbözőek. Így a hányadosuként kapott turbulenciafok csökken az átlagsebesség növelésével.

4. Összefoglaló

Elmondható, hogy jelentős turbulencia okozható a belebegő szalagokkal, így az alkalmazhatóság jobb feltérképezése végett további mérések szükségesek, melyek során az áramlást jellemző mennyiségek mellett egyéb paraméterek változtatásának hatásai is vizsgálandóak: feszítettség, amplitúdó, más tulajdonságú szalagok alkalmazása, stb.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesül.

Irodalom

- [1] Mordant, N.: *Experimental high Reynolds number turbulence with an active grid*, Am. J. Physics 76(12) 1092, 2008.
- [2] Szaszák, N.: *Experimental characterization of a cost-effective active grid for turbulence generation*, MSc. diplomamunka, Miskolci Egyetem, 2011.
- [3] Szabó, Zs., Zelei, A., Stépán, G.: *Stability of an elastic supported flat plate subjected to potential flow*. Journal Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 56/2 szám, 2012, 99-103.
- [4] Szaszák, N.: *Development of small size wind tunnel for investigation of turbulence generators*, Konferenciakiadvány, XVI. Tavaszai Szél Konferencia, Sopron, 2013, 218-225.