

MÜNZ PÉTER
SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK



SZAKDOLGOZATOK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

MÜNZ PÉTER
SZAKDOLGOZAT

Folyadéktüzelésű gázturbina fúvókájának vizsgálata

Konzulens:

Dr. Sztankó Krisztián Endre
Egyetemi adjunktus

Témavezető:

Nagy László
Egyetemi tanársegéd

Budapest, 2011

Szerzői jog © Münz Péter, 2011.

Szerzői jog © Nagy László, 2011.

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

SZAKDOLGOZAT FELADAT

Cím: Folyadék tüzelésű gázturbina fúvókájának vizsgálata

Szakedolgozat készítő (kód): Munz Péter (WCFMWU)
Alapszak / szakirány: Gépészmérnöki (2N-AG0)/Gépészeti Fejlesztő (2N-AG0-GF)

Témavezető neve, beosztása: Dr. Sztankó Krisztián Endre
munkahelye, cím: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., D. ép.

Konzulens neve, beosztása: Nagy László, ---
munkahelye, címe: BME Áramlástan Tanszék, ---
1111 Budapest, Bertalan L. u. 4-6., AE. ép.

A feladat részletezése:

- Végezzen irodalomkutatót gázturbinák fúvókáinak, égésterének fejlődéséről.
- Készítsen véges térfogatú áramlástan modellel segédközeget porlasztó vizsgálatához.
- Értékelje a modell futtatása során kapott eredményeket.

Feladat kiadása: 2011. szeptember 5.

Beadási határidő: 2011. december 9.

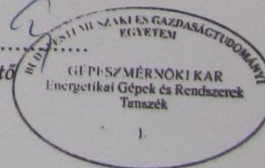
Záróvizsga tárgyai:

1. Szilárdsági méretezés (BMEGEMMAG42)
2. Alkalmazott termodinamika (BMEGEENAGAT)
3. Numerikus áramlástan (BMEGEÁTAG03)

Budapest, 2011. szeptember 5.

A feladatot jóváhagyom:
Budapest, 2011. szeptember 5.

.....
tanszékvezető



.....
dékán

Alulírott, a feladatkiírás átvételével egyúttal kijelentem, hogy a szakedolgozat előkövetelményeit maradéktalanul teljesítettem. Ellenkező esetben tudomásul veszem, hogy a jelen feladatkiírás és a tárgy felvétele érvényét veszti.

Budapest, 2011. szeptember 5.

.....
szigorló hallgató

NYILATKOZATOK

Elfogadási nyilatkozat

Ezen tervezési feladat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéke által a Diplomatervezési és Szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek maradéktalanul eleget tesz. E tervezési feladatot bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja:

.....

konzulens

.....

témavezető

Nyilatkozat az önálló munkáról

Alulírott, Münz Péter (WCFMWU), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a szakdolgozat feladatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2011.

.....

szigorló hallgató

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	xi
Jelölések jegyzéke	xiii
1. Bevezetés.....	1
1.1. Célkitűzések.....	1
1.2. Áttekintés	1
2. Irodalomkutatás, elméleti háttér	3
2.1. Gázturbinák működése	3
2.1.1. Ideális és veszteséges gázturbina körfolyamat.....	3
2.1.1.1. A Joule-Brayton körfolyamat	3
2.1.1.2. A valóságos (veszteséges) gázturbina körfolyamat.....	5
2.1.2. Hatásfoknövelő lehetőségek	5
2.1.2.1. T ₃ hőmérséklet növelése.....	5
2.1.2.2. T ₁ hőmérséklet csökkentése.....	6
2.1.2.3. A kilépő közeg hőhasznosítása.....	7
2.1.3. A Capstone C30-as gázturbina	7
2.2. Gázturbina tűzterek.....	9
2.2.1. Tüzeléstechnikai háttérismeretek.....	9
2.2.1.1. Alapok	9
2.2.1.2. Égés fizikai jellemzői	9
2.2.2. Égőterek kialakítása.....	11
2.2.2.1. Égőtér követelmények.....	11
2.2.2.2. Az égőterek kifejlesztésének gondolatmenete.....	11
2.2.2.3. Égőterek típusai és fő részei	12
2.2.2.4. Égőterek objektív jellemzői	15
2.3. Porlasztók.....	20
2.3.1. A porlasztás fizikája	20
2.3.1.1. Alapok	20
2.3.1.2. Cseppfelbomlás mechanizmusai	21
2.3.1.3. Cseppméret eloszlások.....	23
2.3.2. Porlasztók kialakítása.....	26
2.3.2.1. Porlasztó követelmények.....	26
2.3.2.2. Porlasztó típusok	26

3. A Numerikus modell.....	33
3.1. Geometriai modellezés	33
3.2. Hálógenerálás	36
3.2.1. Hálókészítés ICEM CFD-vel	36
3.2.1.1. I/A változat: strukturált hexa.....	36
3.2.1.2. I/B változat: hibrid tetra.....	41
3.2.2. Hálókészítés ANSYS Workbench környezetben	43
3.2.2.1. II/A változat: Tetra	44
3.2.2.2. II/B változat: Hexa	45
3.3. A modell futtatása	45
3.3.1. Peremfeltételek	46
3.3.1.1. Porlasztólevegő belépés (inlet_1)	46
3.3.1.2. Tüzelőanyag belépés (inlet_2)	47
3.3.1.3. Radiális furatok (inlet_3-inlet_6) és tangenciális rések (inlet_7- inlet_21)	47
3.3.2. További számítások.....	49
3.3.2.1. Anyagtulajdonságok számítása	49
3.3.2.2. Csepp méretek	50
3.3.2.3. Elpárolgási idő	51
3.3.3. Futtatási esetek	52
3.3.3.1. I.eset: Csak turbulenciamodell	53
3.3.3.2. II. eset Species modell	54
3.3.3.3. III. eset: DPM modell	55
4. Eredmények értékelése.....	59
4.1. Eredmények összehasonlítás az irodalommal.....	59
4.1.1. I. futtatási eset: csak turbulenciamodell.....	59
4.1.1.1. a) Beáramlás a tangenciális réseken.....	59
4.1.1.2. b) Beáramlás a radiális furatokon	62
4.1.2. II. Futtatási eset: Species modell.....	64
4.1.3. III. Futtatási eset: Discrete Phase modell	69
5. Összefoglalás/Eredmények értékelése	77
5.1. Eredmények	77
5.2. Javaslatok/Következtetések/Tanulságok.....	78
6. Felhasznált források.....	79
6.1. Irodalomjegyzék	79
6.2. Ábrák jegyzéke	81
7. Summary	83
8. Mellékletek (DVD-n).....	84

ELŐSZÓ

Ma a világ technikai szempontból egy óriási gonddal küzd, és ez nem más, mint a fosszilis energiahordozók készleteinek csökkenése. Életszínvonalunk fenntartása szempontjából létkérdés, hogy működő alternatívákat találjunk a jelenlegi energetikai megoldásokra. Éppen ezért nagy a jelentősége a megújuló tüzelőanyagok alkalmazhatóságával kapcsolatos kutatásoknak. A jelen szakdolgozat reményeim szerint hozzá tud járulni eredményeivel egy ilyen kutatáshoz a gázturbinák területén.

* * *

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Nagy Lászlónak hasznos tanácsaiért, és a munkámat nagyban segítő tanszéki PC-erőforrás biztosításáért. Köszönöm továbbá konzulensem, Sztankó Krisztián segítségét mind ezen mind a korábbi – szintén a gázturbinák témakörében végzett - TDK munkámhoz. Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni szüleimnek, hogy támogatták tanulmányaimat.

Budapest, 2011

.....
Münz Péter

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

A táblázatban a többször előforduló jelölések magyar nyelvű elnevezése, valamint a fizikai mennyiségek esetén annak mértékegysége található.

Latin betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
A	keresztmetszet	mm ² , m ²
C	aerodinamikai ellenállástényező	1
c_p	izobár fajhő	J/(kgK)
D	átmérő	μm, mm, m
d	átfolyási keresztmetszet átmérője	mm, m
d	hidraulikai átmérő	mm,m
E	energia	J
\dot{E}	égéshő	MJ/kg
F	fűtőérték	MJ/kg
H	hidrogén tartalom	1
	entalpia	kJ
H_2O	víz tartalom	1
K	kerület	mm, m
m	tömegáram	kg/s
Oh	Ohnesorge-szám	1
P	teljesítmény	W
p	nyomás	bar
q	fajlagos hőközlés	J/kg
Q	hőteljesítmény	kW, MW
	térfogati arányszám Rosin-Rammler eloszlásnál	1
q	Rosin-Rammler eloszlás paramétere	1
r	párolgáshő	J/kg
Re	Reynolds-szám	1
s	fajlagos entrópia	J/(kgK)
SMD	Sauter Mean Diameter (reprezentatív cseppátmérő)	μm, mm
T	hőmérséklet	K
t	idő	s
TA	tömegáram-arány	1

TPF	turbine profile factor	1
u	sebesség	m/s
U	sebesség	m/s
v	fajtérfogat	m ³ /kg
V	térfogat	m ³
w	fajlagos munkavégzés	J/kg
	áramlási sebesség	m/s
We	Weber-szám	1
X	Rosin-Rammler eloszlás paramétere	1
Δp	nyomáskülönbség, nyomásveszteség	bar

Görög betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
δ	turbina nyomásviszony	1
η	hatásfok	1
λ	hullámhossz	mm
	légfelesleg tényező	1
	elpárolgási konstans	1
μ	dinamikai viszkozitás	Pas
μ_{L0}, μ_L	elméleti levegőszükséglet, valódi levegőszükséglet	kg/levegő/kgtüa.
π	kompresszor nyomásviszony	1
ρ	sűrűség	kg/m ³
σ	össznyomásveszteségi tényező	1
	felületi feszültségi tényező	N/m

Indexek, kitevők

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
<i>H</i>	hasznos
<i>T</i>	turbina
<i>K</i>	kompresszor
<i>be</i>	bevezetett
<i>el</i>	elvont
<i>Carnot</i>	Carnot-körfolyamatra vonatkoztatott
<i>Hcs</i>	hőcserélő
<i>min</i>	minimális
<i>kezd</i>	kezdeti
<i>é</i>	égés
<i>max</i>	maximális
<i>tv</i>	térfogatra vonatkoztatott
<i>tüa</i>	tüzelőanyag
<i>lev</i>	levegő
<i>rel</i>	relatív
<i>ell</i>	ellenállás
<i>krit</i>	kritikus
<i>korr</i>	korrigált
<i>él</i>	égés levegő
<i>A</i>	air (levegő)
<i>L</i>	liquid (folyadék)
<i>elp</i>	elpárolgási