

AVTOR(-ji)

Ime in priimek avtorja(-ev) : Gašper Benedik, univ. dipl. ing. stroj.

E-pošta : gasper.benedik@gmail.si

MENTOR(-ji)

Ime in priimek mentorja(-ev): raziskovalni mentor prof. dr. Brane Širok univ. dipl. ing. stroj., raziskovalni somentor doc. dr. Marko Hočevar, razvojni mentor Aljoša Močnik, univ. dipl. ing. stroj.

Naziv šole: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

**1. Naslov projekta (obvezno):**

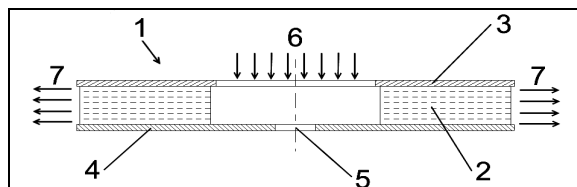
Raziskave in razvoj na brezlopatičnem turbokolesu iz poroznega materiala

2. Prikaz izziva oz. problemov, ki jih rešujete (obvezno: 5 do 10 vrstic):

Inovacija obravnava centrifugalno turbokolo, pri katerem se prenos energije iz turbokolesa na fluid prenaša preko strukture poroznega materiala in ne preko lopatic, kot v običajnih turbostrojih. Omenjen tip turbostroja poimenujemo brezlopatično turbokolo iz poroznega materiala.

Z brezlopatičnim turbokolesom se je možno izogniti slabostim klasičnih turbokoles kot so vrtnčenje in odlepljanje toka, povratni tok ter tlačni sunki. Hrup omenjenega turbostroja je brez diskretnih frekvenc, ki so za uporabnika nezaželjene. Izkoristek naprave po pričakovanih dosega podobne vrednosti v širšem območju pretokov, saj ni lopatic z geometrijo, ki ustreza le nominalnem obratovalnem režimu. Tokovnice se v opisanem turbostroju spreminjajo v odvisnosti od obratovalnega režima.

Slabost turbostroja z brezlopatičnim turbokolesom je tlačna izguba v porozni strukturi in s tem padec izkoristka turbokolesa. Zmanjšanje izkoristka je bolj izrazito pri višjih pretokih, saj upor narašča s hitrostjo toka zraka skozi porozen material. Posledično izkoristek v optimalni točki delovanja po pričakovanju ne dosega izkoristka lopatičnega turbostroja. Glede na prejšnje ugotovitve je omenjeni tip turbostroja primeren za obratovanje v območju manjših pretokov.



Slika 1: Idejni prikaz konstrukcije turbokolesa 7 iz poroznega materiala.

Slika 1 prikazuje enostavno izvedbo turbokolesa, kjer se energija iz turbokolesa 1 na fluid ne prenaša preko rotorskih lopatic, temveč preko rotirajoče strukture poroznega materiala 2. Porozen material 2, s katerim je delno ali v celoti zapolnjeno turbokolo 1, je iz mehansko trdnega poroznega materiala z odprto celično strukturo. Porozen material 2 je vstavljen med spodnjo 3 in zgornjo steno 4. Turbokolo je pritrjeno na gred elektromotorja, in se vrti okoli osi 5. Fluid v turbokolo vstopa aksialno v smeri 6 in izstopa radialno v smeri 7.

3. Cilji inovacijskega projekta (obvezno: do 5 vrstic):

Cilji tehničnih karakteristik turbostroja:

- enakomeren aerodinamski izkoristek turbostroja v širšem območju delovanja,
- odsotnost vrtnčenja in odlepljanja toka, povratnega toka ter tlačnih sunkov,
- hrup brez diskretnih frekvenc,
- primerljivost generirane tlačne razlike z običajnimi lopatičnimi turbostroji.

Dodatni cilji:

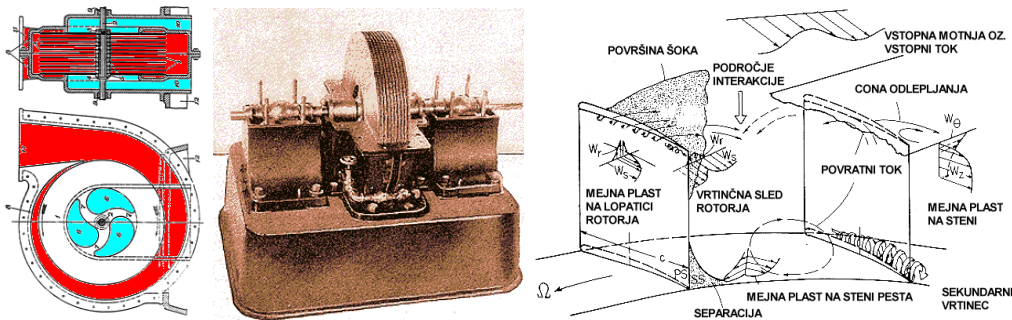
- uporaba naprednih merilnih metod (hot wire anemometry),
- uporaba naprednih numeričnih metod (CFD simulacija),
- uporaba inovativne merilne metode za vizualizacijo zračnih tokovnic,
- patentiranje inovacije (slovenska patentna prijava izvedena, v teku PCT mednarodna raziskava),
- povezava med raziskovalnimi inštitucijami (FS, UL) in podjetji (Domel d.d.).

Potencialni cilji RR:

- možnost razvoja nove metode designa lopatic na podlagi vizualizacije in CFD simulacije,
- novi inovativni produkti z visoko dodano vrednostjo,
- uporaba na sistemu za vpihovanje plinov v gorivno celico,
- večfunkcionalno turbokolo (generacija toka fluida, filtracija in izvenjava toplote),
- nova delovna mesta.

4. Predstavitev znanih rešitev (obvezno: 10 do 15 vrstic):

Brezlopatični turbostroj, pri katerem se energija prenaša na fluid preko mejne plasti sorotirajočih diskov na majhni razdalji, je razvil že Tesla (Slika 2). Do večje uporabe njegovega naprave ni prišlo, saj naj bi dosegal aerodinamske izkoristke do maksimalno 60 % v ozkem območju pretokov, do izgub naj bi prihajalo predvsem na vstopu in izstopu iz turbokolesa.



Slika 2: Levo in v sredini Teslino brezlopatično turbokolo na osnovi vzporednih, korotirajočih diskov. Desno nezaželeni fenomeni v klasičnih turbostrojih.

Z brezlopatičnim turbokolesom se je možno izogniti slabostim klasičnih turbokoles kot so vrtinčenje in odlepljanje toka, povratni tok ter tlačni sunki (Slika 2 desno). Klasičen pristop je optimizacija oblike rotorskih lopatic, ki prepreči prikazane težave le v omejenem območju volumskih pretokov turbokolesa. Obravnavano brezlopatično turbokolo predstavlja popolnoma nov princip delovanja, pri katerem do omenjenih fenomenov ne more prihajati.

5. Vsebina že izvedenega projekta (obvezno: 10 do 15 vrstic)

5 a) Predstavitev projekta in doseženih rezultatov

V dveh letih intenzivnih raziskav so bili doseženi naslednji rezultati:

- teoretično utemeljeno delovanje turbostroja,
- 3D modeliranje turbokolesa,
- izbira in nakup ustreznega poroznega materiala,
- izdelava dvanajstih različnih modelnih izvedb turbokolesa (gabariti, uporabljen material, pristonost inducerja),
- vgradnja modelnih izvedb na elektronsko komutiran motor z umerjeno karakteristiko,
- izdelava ustreznih preskusnih naprav in postavitve merilnih verig za meritve,
- integralne meritve karakteristik vseh modelnih izvedb (aerodinamski izkoristek, statični tlak),
- lokalne meritve hitrostnega polja (hot wire anemometry) turbokoles med delovanjem in v stacionarnem stanju,
- integralne meritve hrupa (zvočni tlak),
- slovenska patentna prijava,
- objava znanstvenega članka,
- predstavitev dosežka na konferenci.

V teku:

- mednarodna patentna prijava (PCT, WO),
- numerična simulacija (CFD),
- vizualizacija tokovnega polja skozi porozen material (inovativna merilna metoda),

- objava drugega znanstvenega članka,
- izdelava prototipov z deterministično geometrijo primernih za cenovno sprejemljivo industrializacijo.

Raziskave in bazični razvoj se bodo zaključili do konca leta 2010. Komercializacija rešitve sledi v nadaljnji fazi v primeru interesa kupcev. Ocena stroška industrializacije je namreč med 200 000 € in 1000 000 €.

5 b) Predstavitev novosti in navedba stopnje originalnosti (obvezno):

Gre za **novost v svetovnem merilu**, podobno turbokolo po obsežnem pregledu patentov, znanstvenih člankov ter znanega stanja tehnike namreč ne obstaja. Posledično logično je bila **patentna prijava** izuma:

Rotor centrifugalnega turbostroja, Širok, Brane, Benedik, Gašper, Močnik, Aljoša: patentna prijava št. P-200800232. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2008. 11 f., ilustr. Avtorji patentov smo: raziskovalni mentor na Fakulteti za strojništvo, jaz ter razvojni mentor v podjetju Domel d.d.

Avgusta 2008 je bila sprožena **mednarodna PCT raziskava** na svetovnem patentnem uradu na Dunaju (WO). Strokovnjaki bodo svoje mnenje podali predvidoma v prvi polovici leta 2010.

Inovativnost in strokovnost dokazuje **objava znanstvenega članka**:

BENEDIK, Gašper, ŠIROK, Brane, EBERLINC, Matjaž, URBANČIČ, Primož, MOČNIK, Aljoša. Izstopno hitrostno polje in tlačne razlike pri toku fluida skozi disk iz poroznega materiala. Ventil (Ljubl.), avg. 2009, letn. 15, št. 4, str. 338-343, ilustr.

V postopku recenzije je **drugi znanstveni članek** z naslovom:

Research on bladeless impeller made of open cell porous material v reviji Strojniški vestnik avtorjev Gašper Benedik, Brane Širok, Janez Rihtaršič, Marko Hočevar.

Inovacijo sem prav tako **predstavil na konferenci** Kuhljevi dnevi 2009:

Raziskave na brezlopatičnem turbokolesu iz odprto celičnega poroznega materiala, avtorji Gašper Benedik, Brane Širok, Marko Hočevar, Aljoša Močnik.

6. Nadaljnje aktivnosti projekta (obvezno: 5 do 10 vrstic):

Opravljene aktivnosti:

- tržna analiza (pregled patentov, člankov, stanja tehnike)
- slovenska in mednarodna patentna prijava
- modelne izvedbe oziroma prototipi

Nadaljnje aktivnosti za komercializacijo:

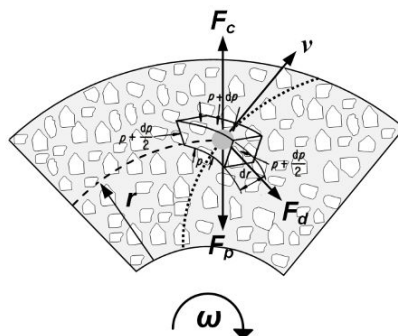
- podjetje za komercializacijo je Domel d.d.,
- v primeru neinteresa se lahko inovacija proda drugemu podjetju,
- potencialna aplikacija je vpihovanje plinov v gorivno celico ter
- večfunkcionalno turbokolo (generacija toka fluida, filtracija in izvenjava toplote).

7. Slika, skica, fotografija (obvezno vstavi v tekst – v ta Wordov dokument):

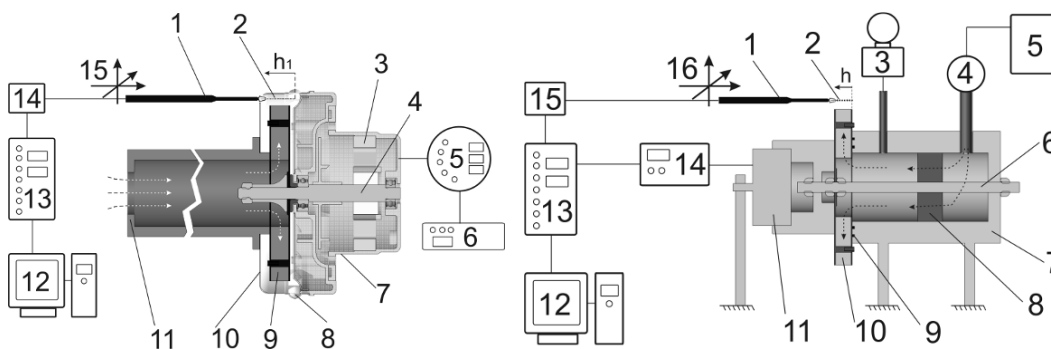
Spodnje slike so namenjene le za osnovni prikaz opravljenega dela in za potrditev zgoraj omenjenih trditev. Zaradi omejitve s prostorom v prispevku je ustrezna razlaga ozadja slik nemogoča.



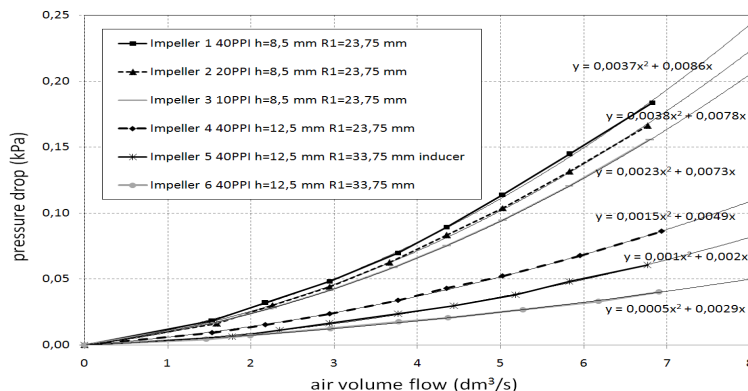
Slika 3: Fotografija običajnega lopatičnega turbokolesa na desni, turbokolesa iz poroznega materiala v sredini ter turbokolesa iz poroznega materiala z dodanim radialnim inducerjem.



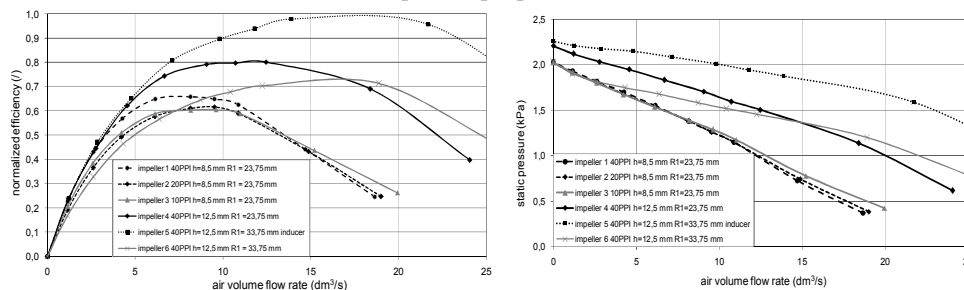
Slika 4: Skica, ki prikazuje delovanje inovativnega tipa turbokolesa.



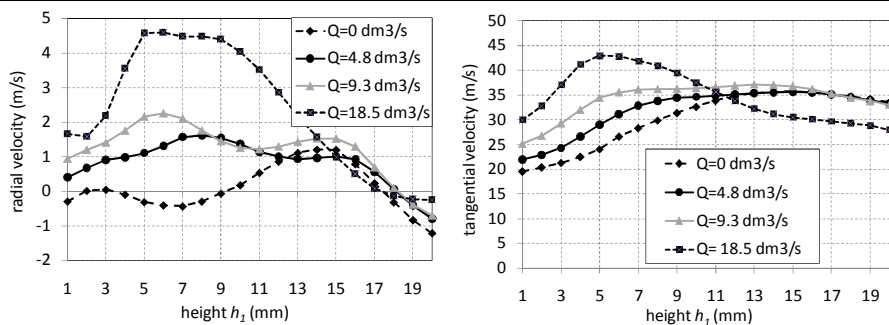
Slika 5: Prikaz izdelanih merilnih naprav z merilno verigo.



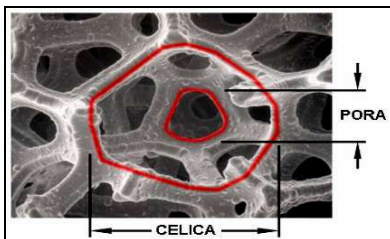
Slika 6: Prikaz meritev tlačnih padcev pri pretoku zraka skozi stacionaren disk.



Slika 7: Prikaz rezultatov integralnih karakteristik različnih modelnih izvedb. Levo aerodinamske izkoristek in desno statični tlak.



Slika 8: Prikaz meritev lokalnih hitrosti na izstopu iz turbokolesa med delovanjem z hot wire anemometrom.



Slika 9: Uporabljen material v modelnih izvedbah turbokoles je aluminij odprto celične strukture z 88% poroznostjo proizvajalca ERG materials iz Kanade.