

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **237225**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428619**

(22) Data zgłoszenia: **21.01.2019**

(51) Int. Cl.

B05B 1/08 (2006.01)

B05B 1/30 (2006.01)

(54) **Generator strugi syntetycznej z dyszą oraz sposób sterowania procesem chłodzenia
poprzez dyszę generatora strugi syntetycznej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.07.2020 BUP 16/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
22.03.2021 WUP 06/21

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA, Rzeszów, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

PAWEŁ GIL, Rzeszów, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Okarmus

PL 237225 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest generator strugi syntetycznej z dyszą oraz sposób sterowania procesem chłodzenia poprzez dyszę generatora strugi syntetycznej.

Przepływ generowany przez struktury wirowe znany jest z publikacji Ingard et al. pt.: „Acoustic Circulation Effects and the Nonlinear Impedance of Orifices”, *Journal of the Acoustical Society of America*, 22 (2), 211–218, 1950, a kolejne informacje na temat tego przepływu zostały przedstawione w publikacji Smith B. L. & Glezer A. pt.: „The formation and evolution of synthetic jets”, *Physics of fluids*, 10 (9), 2281–2297, 1998. Struga syntetyczna jest rodzajem przepływu generowanym przez ścieżkę wirów pierścieniowych wytwarzanych przez generator strugi syntetycznej. Nazwa struga syntetyczna pochodzi od słowa synteza czyli złożenie przepływu, strumienia, poprzez poszczególne wiry, które zasysają dodatkowy zewnętrzny płyn z otoczenia dyszy. Cechą charakterystyczną urządzenia wytwarzającego strugę syntetyczną jest brak zewnętrznego doprowadzania płynu. Średnie masowe natężenie przepływu w przekroju dyszy wynosi dokładnie zero, a pomimo to w pewnej odległości od płaszczyzny dyszy wiry zasysają zewnętrzny płyn, który wywołuje przepływ o niezerowym wydatku masowym. W publikacji Smith B. L. & Swift G. W. pt.: „A comparison between synthetic jets and continuous jets”, *Experiments in Fluids*, 34 (4), 467–472, 2003, zostało ujawnione to, że dokonując analizy parametrów przepływowych strugi syntetycznej uśrednionych w czasie, można zauważyć podobieństwo do strug ciągłych. W publikacji Gil P., Strzelczyk P. pt.: „Performance and efficiency of loudspeaker driven synthetic jet actuator”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 76, 163–174, 2016, zostały przedstawione badania eksperymentalne dotyczące optymalizacji geometrycznej generatorów strugi syntetycznej, przy czym w publikacjach Behnia M., Parneix S., Shabany Y., Durin P. A. pt.: „Numerical study of turbulent heat transfer in confined and unconfined impinging jets”, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 20 (1), 1–9, 1999 oraz Hatami M., Bazdidi-Tehrani F., Abouata A. & Mohammadi-Ahmar A. pt.: „Investigation of geometry and dimensionless parameters effects on the flow field and heat transfer of impingement synthetic jets”, *International Journal of Thermal Sciences*, 127, 41–52, 2018 zostały opisane badania numeryczne, które wskazują na potencjalny pozytywny wpływ dysz wysuniętych w stosunku do utwierdzonych zarówno dla strug swobodnych jak i syntetycznych. Badania opisane w powyższych publikacjach prowadzone były oddzielnie dla konfiguracji dysz utwierdzonych i dla konfiguracji dysz nieutwardzonych poprzez stosowanie oddzielnych, niesterowalnych modułów.

W opisie patentowym US 6722581 B2 została ujawniona budowa generatora strugi syntetycznej oraz sposób jego działania. To znane urządzenie posiada specjalnie utwierdzoną elastyczną membranę wykorzystującą zjawisko piezoelektryczne.

Z opisu zgłoszeniowego wynalazku US 20080174620 A znany jest generator strugi syntetycznej, który wyposażony jest w co najmniej jedną membranę piezoelektryczną i dyszę, z której emanuje struga syntetyczna.

Z opisu patentowego US 6123145 A znany jest generator strugi syntetycznej do chłodzenia ogrzanych ciał albo ogrzanego płynu za pomocą strumieni w otwartych lub zamkniętych systemach. To znane rozwiązanie może być wykorzystywane do chłodzenia komponentów i podzespołów elektronicznych. Z opisu patentowego US 7336486 B2 znane jest natomiast urządzenie z zastosowaniem wielu generatorów strugi syntetycznej w konfiguracji macierzowej, które połączone są z odpowiednimi modułami chłodzącymi, mającymi za zadanie skuteczne rozpraszanie ciepła. W opisach patentowych US 7932535 B2, US 8066410 B2 oraz w opisie zgłoszeniowym wynalazku US 20110089804 A1 natomiast zostały ujawnione urządzenia do chłodzenia modułów i diod LED, które zawierają generatory wytwarzające strugę syntetyczną, która intensyfikuje konwekcyjną wymianę ciepła. Również w opisach zgłoszeniowych wynalazków US 20070119573 A, US 20060196638 A1, US 20110024092 A1, US 20070081027 A1 oraz w opisie patentowym US 7990705 B2 zostały ujawnione rozwiązania konstrukcyjne generatorów strugi syntetycznej powiązanych z wymiennikami ciepła albo radiatorami.

W opisie patentowym US 5758823 A została ujawniona budowa generatora strugi syntetycznej, który wytwarza strugę syntetyczną charakteryzującą się ciągiem wirów, które mogą być wykorzystane do sterowania przepływem płynu. Ponieważ generator strugi syntetycznej wykazuje zerowe masowe natężenie przepływu, może być stosowany w ograniczonych przestrzeniach. Ten znany generator strugi syntetycznej posiada obudowę z wewnętrzną komorą i posiada dyszę. Elastyczna, metalizowana membrana tworzy ścianę obudowy i może, poprzez swój ruch, cyklicznie zmieniać objętość komory. Ruch membrany powoduje zmianę objętości komory wewnętrznej, zaś wiry są wyrzucane z komory przez dyszę.

W okresie ostatnich trzydziestu lat rozwój i optymalizacja generatorów strugi syntetycznej nabrała dużego znaczenia. Znane są z literatury rozwiązania konstrukcyjne dla generatorów strugi syntetycznej jedno i wielodyszowych, jak również dla macierzy generatorów strugi syntetycznej służące efektywnemu rozpraszaniu ciepła. Znane są również różne typy generatorów strugi syntetycznej, zwłaszcza posiadające głośniki, elementy piezoelektryczne albo generatory plazmowe.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego generatora strugi syntetycznej z dyszą oraz sposobu sterowania procesem chłodzenia poprzez dyszę generatora strugi syntetycznej, która umożliwi optymalizację procesu chłodzenia.

Generator strugi syntetycznej z dyszą osadzoną w płycie mocującej tego generatora zamocowanej w górnej części jego obudowy, zawierający membranę umieszczoną w dolnej części jego obudowy oraz komorę na płyn będącą pomiędzy płytą mocującą a membraną, według wynalazku charakteryzuje się tym, że dysza zawiera tuleję, która połączona jest z co najmniej jednym elementem napędowym, przy czym tuleja osadzona jest na co najmniej jednej prowadnicy.

Korzystnie tuleja dyszy osadzona jest na dwóch prowadnicach, zaś elementem napędowym jest silnik elektryczny albo silnik liniowy albo siłownik elektryczny albo siłownik pneumatyczny albo siłownik hydrauliczny, a ponadto przekrój poprzeczny tulei jest zmienny na jej długości albo jest stały na jej długości.

Sposób sterowania procesem chłodzenia poprzez dyszę generatora strugi syntetycznej, w którym poprzez ruch membrany do wnętrza tego generatora strugi syntetycznej zmniejszana jest objętość komory i płyn wyrzucany jest na zewnątrz generatora strugi syntetycznej, a następnie poprzez ruch membrany na zewnątrz tego generatora strugi syntetycznej zwiększana jest objętość komory i płyn zasysany jest do jej wnętrza, według wynalazku charakteryzuje się tym, że objętość strumienia zasysanego do wnętrza komory płynu reguluje się wysuwając tuleję ponad płytę mocującą, przy czym ruch tulei po prowadnicach generuje się elementem napędowym.

Korzystnie przy zastosowaniu co najmniej dwóch dysz, wysokość wysunięcia tulei reguluje się dla każdej z tych tulei indywidualnie.

Sposób sterowania procesem chłodzenia z wykorzystaniem generatora strugi syntetycznej z dyszą, będącego przedmiotem wynalazku, polega na sterowaniu odległością pomiędzy dyszą a płytą mocującą. Płyta mocująca stanowi nieodłączny element generatora strugi syntetycznej, w której znajduje się dysza z której emanuje struga syntetyczna. Zmiana odległości pomiędzy dyszą a płytą mocującą wpływa na proces generacji wirów pierścieniowych, a tym samym na intensywność procesu chłodzenia strugą syntetyczną. Generator strugi syntetycznej z dyszą, będący przedmiotem wynalazku może mieć zastosowanie wszędzie tam, gdzie jest wymagane chłodzenie uderzeniowe lub mieszane z przepływem poprzecznym, a zwłaszcza przy chłodzeniu diod LED, komponentów elektronicznych albo przy chłodzeniu w komorach klimatycznych i zamrażarkach.

Sterowanie konfiguracją dyszy tego nowego generatora strugi syntetycznej z dyszą polega na zmianie odległości pomiędzy płaszczyzną dyszy a płaszczyzną płyty montażowej. Poprzez zmianę tego parametru możliwa jest zmiana warunków brzegowych tworzenia się wirów pierścieniowych, a tym samym steruje się intensywnością strugi syntetycznej w szczególności do optymalizacji procesu chłodzenia. W przypadku gdy dysza jest wysunięta maksymalnie ponad płytę mocującą, możliwa jest generacja strugi syntetycznej z dyszy nieograniczonej, wówczas powstające na krawędzi dyszy pierścienie wirowe mają większą przestrzeń do zasysania świeżego płynu, a tym samym szybciej rozbudowują swoją strukturę wirową. W przypadku, gdy dysza nie jest wysunięta ponad płytę mocującą, możliwa jest generacja strugi syntetycznej z dyszy ograniczonej, co skutkuje powstawaniem pierścieni wirowych, które mają ograniczoną zdolność do zasysania świeżego płynu, a tym samym do rozbudowy swojej struktury wirowej oraz do rozpraszania ciepła. Możliwy jest również wariant pośredni, polegający na wysunięciu dyszy na wysokość mniejszą niż maksymalna, wówczas generacja strugi syntetycznej następuje z dyszy częściowo ograniczonej, co skutkuje powstawaniem pierścieni wirowych, które mają właściwości pośrednie.

Przedmiot wynalazku jest bliżej wyjaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia generator strugi syntetycznej z dyszą w płycie mocującej tego generatora strugi syntetycznej w przekroju poprzecznym, natomiast fig. 2 – ten sam generator strugi syntetycznej z dyszą wysuniętą maksymalnie ponad płytę mocującą tego generatora strugi syntetycznej w przekroju poprzecznym.

Generator strugi syntetycznej z dyszą 1, według wynalazku, w przykładzie wykonania, zawiera membranę 2, komorę 3 na płyn oraz płytę mocującą 4. Dysza 1 osadzona jest w płycie mocującej 4 i zawiera tuleję 5, która połączona jest z elementem napędowym 6, którym jest silnik elektryczny. Tuleja 5

dyszy 1 osadzona jest na dwóch prowadnicach 7, a jej przekrój poprzeczny jest stały na całej jej długości. Płyta mocująca 4 jest zamocowana w górnej części obudowy 8 generatora strugi syntetycznej, zaś w dolnej części tej obudowy 8 zamocowana jest membrana 2, która może wykonywać ruch drgający. Komora 3 na płyn umiejscowiona jest natomiast w obudowie 8, pomiędzy membraną 2 a płytą mocującą 4.

Sposób sterowania procesem chłodzenia poprzez dyszę 1 generatora strugi syntetycznej w przykładzie wykonania, prowadzi się w ten sposób, że powierzchnię tulei 5 ustawia się na równi z powierzchnią górną płyty mocującej 4 tworząc dyszę 1 ograniczoną. Membrana 2 przemieszcza się do wnętrza generatora strugi syntetycznej, zmniejsza się objętość komory 3 na płyn i zostaje on wyrzucony, poprzez tuleję 5 na zewnątrz generatora strugi syntetycznej. Wyrzucany płyn przyjmuje formę pierścienia wirowego 9. W dalszej kolejności membrana 2 przemieszcza się na zewnątrz generatora strugi syntetycznej, a tym samym zwiększa się objętość komory 3, a świeży płyn zasysany jest, poprzez tuleję 5, do wnętrza komory 3, nie uszkadzając przy tym struktury pierścieni wirowych 9, które oddalają się od dyszy 1. Powstające pierścienie wirowe 9 mają ograniczoną zdolność zasysania świeżego płynu, a tym samym do rozbudowy swojej struktury wirowej oraz do rozpraszania ciepła.

Następnie tuleję 5 wysuwa się poruszając ją na prowadnicach 7 ponad powierzchnię płyty mocującej 4. Ruch tulei 5 generuje się elementem napędowy 6, którym jest silnik liniowy. Membrana 2 przemieszcza się do wnętrza generatora strugi syntetycznej, zmniejsza się objętość komory 3 na płyn i zostaje on wyrzucony, poprzez tuleję 5 na zewnątrz i zawija się w formę pierścienia wirowego 9. W dalszej kolejności membrana 2 przemieszcza się na zewnątrz generatora strugi syntetycznej, zwiększa się objętość komory 3, a tym samym świeży płyn zasysany jest, poprzez tuleję 5, do wnętrza komory 3, nie uszkadzając przy tym struktury pierścieni wirowych 9, które oddalają się od dyszy 1. Powstające pierścienie wirowe 9 mają większą zdolność zasysania świeżego płynu niż w przypadku dyszy 1 ograniczonej, a tym samym do rozbudowy swojej struktury wirowej oraz do rozpraszania ciepła.

W dalszej kolejności, tuleję 5, poprzez ruch generowany przez element napędowy 6, wysuwa się na prowadnicach 7 na maksymalną wysokość ponad powierzchnię płyty mocującej 4 tworząc dyszę 1 nieograniczoną. Membrana 2 przemieszcza się do wnętrza generatora strugi syntetycznej, zmniejsza się objętość komory 3 na płyn i zostaje on wyrzucony, poprzez tuleję 5 na zewnątrz. Wyrzucany płyn zawija się w formę pierścienia wirowego 9. W dalszej kolejności membrana 2 przemieszcza się na zewnątrz generatora strugi syntetycznej, zwiększa się objętość komory 3, a tym samym świeży płyn zasysany jest, poprzez tuleję 5, do wnętrza komory 3, nie uszkadzając przy tym struktury pierścieni wirowych 9, które oddalają się od dyszy 1. Powstające na krawędzi tulei 5 dyszy 1 pierścienie wirowe 9 mają większą przestrzeń do zasysania świeżego płynu, a tym samym szybciej rozbudowują się struktury wirowe.

Poprzez cykliczną pracę membrany 2 powstaje ciąg pierścieni wirowych 9, które tworzą strugę syntetyczną, która wykorzystywana jest do chłodzenia uderzeniowego.

Przy zastosowaniu kilku dysz 1, wysokość wysunięcia tulei 5 każdej z tych dysz 1, może być regulowana indywidualnie.

Wykaz oznaczeń rysunkowych

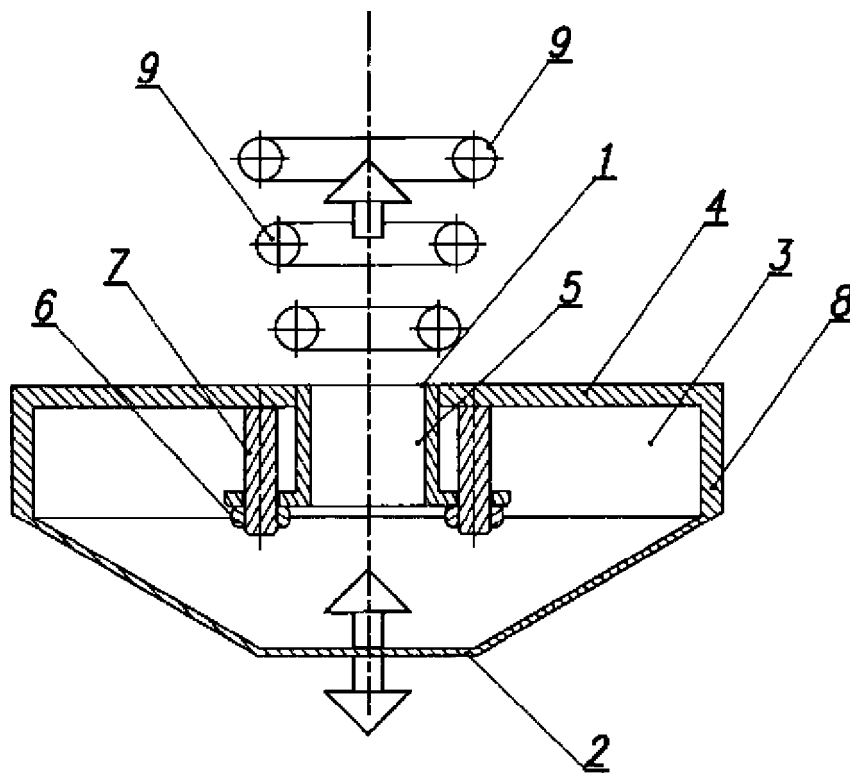
- 1 – dysza
- 2 – membrana
- 3 – komora
- 4 – płyta mocująca
- 5 – tuleja
- 6 – element napędowy
- 7 – prowadnica
- 8 – obudowa
- 9 – pierścień wirowy

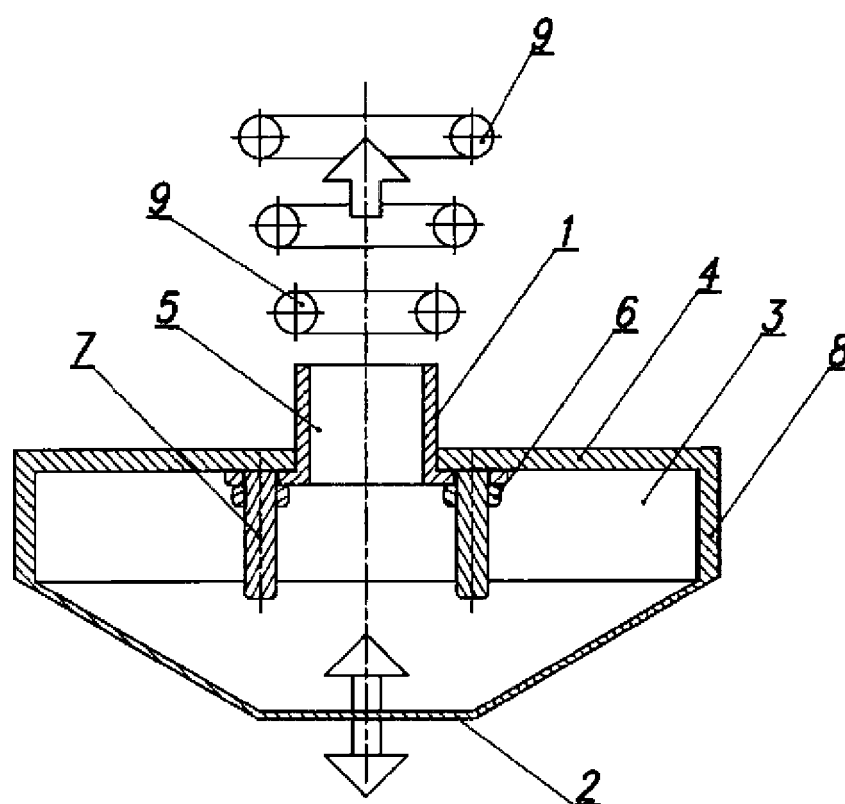
Zastrzeżenia patentowe

1. Generator strugi syntetycznej z dyszą osadzoną w płycie mocującej tego generatora zamocowanej w górnej części jego obudowy, zawierający membranę umieszczoną w dolnej części jego obudowy oraz komorę na płyn będącą pomiędzy płytą mocującą a membraną, **znamienny tym**, że dysza (1) zawiera tuleję (5), która połączona jest z co najmniej jednym

- elementem napędowym (6), przy czym tuleja (5) osadzona jest na co najmniej jednej prowadnicy (7).
2. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tuleja (5) dyszy (1) osadzona jest na dwóch prowadnicach (7).
 3. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementem napędowym (6) jest silnik elektryczny.
 4. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementem napędowym (6) jest silnik liniowy.
 5. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementem napędowym (6) jest siłownik elektryczny.
 6. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementem napędowym (6) jest siłownik pneumatyczny.
 7. Generator strugi syntetycznej według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementem napędowym (6) jest siłownik hydrauliczny.
 8. Generator strugi syntetycznej według dowolnego z zastrz. od 1 do 7, **znamienny tym**, że przekrój poprzeczny tulei (5) jest zmienny na jej długości.
 9. Generator strugi syntetycznej według dowolnego z zastrz. od 1 do 7, **znamienny tym**, że przekrój poprzeczny tulei (5) jest stały na jej długości.
 10. Sposób sterowania procesem chłodzenia poprzez dyszę generatora strugi syntetycznej określonego w zastrz. od 1 do 9, w którym poprzez ruch membrany do wnętrza tego generatora strugi syntetycznej zmniejszana jest objętość komory i płyn wyrzucany jest na zewnątrz generatora strugi syntetycznej, a następnie poprzez ruch membrany na zewnątrz tego generatora strugi syntetycznej zwiększana jest objętość komory i płyn zasysany jest do jej wnętrza, **znamienny tym**, że objętość strumienia zasysanego do wnętrza komory (3) płynu reguluje się wysuwając tuleję (5) ponad płytę mocującą (4), przy czym ruch tulei (5) po prowadnicach (7) generuje się elementem napędowym (6).
 11. Sposób według zastrz. 10, **znamienny tym**, że przy zastosowaniu co najmniej dwóch dysz (1), wysokość wysunięcia tulei (5) reguluje się dla każdej z tych tulei (5) indywidualnie.

Rysunki

*Fig. 1*

*Fig. 2*