



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월07일
(11) 등록번호 10-1877167
(24) 등록일자 2018년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04D 29/54 (2006.01) F04D 27/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F04D 29/541 (2013.01)
F04D 27/002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0034491
(22) 출원일자 2017년03월20일
심사청구일자 2017년03월20일
(56) 선행기술조사문헌
JP2003065299 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김광용
서울특별시 서초구 남부순환로 2311-12, 105동 701호 (방배동, 래미안아트힐)
덩꽁쫌영
인천광역시 남구 용현동 인하로 100 인하대학교 2북 280A
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이상태

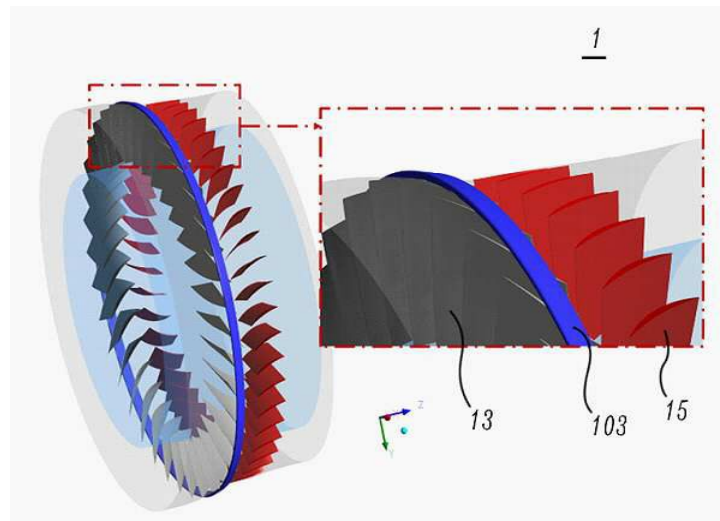
(54) 발명의 명칭 축류압축기

(57) 요약

본 발명은 회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동을 방지하는 쉬라우드 및; 쉬라우드 표면에 원주 방향을 따라 설치되어 유체가 유동하기 위한 공간을 제공하는 피드백 유로를 포함하고, 피드백 유로는, 회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동 특성을 제어하여 스톨 마진(stall margin)을 향상시키는 것을 특징으로 한다.

본 발명은 축류압축기의 원주방향을 따라 피드백 유로를 설치하고 기 설정된 설계변수에 따라 피드백 유로를 설계함으로써 회전자 블레이드로부터 유출되는 유량의 스톨 마진(stall margin), 전 압력비(PR), 안정 범위 확장(SRE) 및 단열 효율이 안정화 되는 이점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 17/5009 (2013.01)

G06F 17/5086 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동을 방지하는 쉬라우드; 및

상기 쉬라우드 표면에 원주 방향을 따라 설치되어 상기 유체가 유동하기 위한 공간을 제공하는 피드백 유로를 포함하고,

상기 피드백 유로는,

복수로 마련되어 각각의 상기 회전자 블레이드로부터 유체를 유입받는 인젝션 채널;

복수로 마련되어 상기 인젝션 채널이 유입받은 유체를 상기 회전자 블레이드의 후연으로 배출하는 블리딩 채널 및

상기 인젝션 채널과 상기 블리딩 채널을 연통하고, 원주방향으로 단일공간을 형성하는 중앙 채널을 포함하고,

상기 회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동 특성을 제어하여 스톨 마진(stall margin)을 향상시키는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 피드백 유로는,

상기 쉬라우드 내부 유체의 스톨 마진(SM), 단열 효율(η), 전 압력비(PR) 및 안정 범위 확장(SRE)을 제어하는 설계변수가 적용된 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 설계변수는

상기 쉬라우드로부터 유출되는 공기가 상기 피드백 유로로 주입되는 각도로 정의되는 주입각 α ;

상기 피드백 유로를 통과한 공기가 후방으로 배출되는 각도로 정의되는 분사각 β ; 및

상기 쉬라우드 표면의 커버 각도로 정의되는 적용각 γ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 설계변수는,

상기 회전자 블레이드의 앞 가장자리와 상기 인젝션 채널간의 거리로 정의되는 주입 위치 L_I ;

상기 회전자 블레이드의 앞 가장자리와 상기 블리딩 채널간의 거리로 정의되는 분사 위치 L_B ; 및

상기 회전자 블레이드의 현의 길이로 정의되는 시위 길이(chord length) C_R 를 포함하는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 설계변수는,

상기 인젝션 채널의 폭으로 정의되는 주입폭 W_I ; 및

상기 블리딩 채널의 폭으로 정의되는 분사폭 W_B 를 포함하는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 설계변수는,

인접한 상기 회전자 블레이드 간의 간격으로 정의되는 익단 간극 T ; 및

상기 인젝션 채널과 상기 블리딩 채널의 두께로 정의되는 채널 두께 T 를 포함하는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 피드백 유로는,

상기 설계변수 중 상기 주입 위치 L_I 가 상기 시위 길이(chord length) C_R 의 35% 내지 45%로 적용된 경우 스톨 마진(stall margin)과 안정 범위 확장(SRE)이 최대값을 나타내는 것을 특징으로 하는 축류압축기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유량제어 시스템이 포함된 축류압축기에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 축류압축기는 1열의 로터(회전자)와 1열의 스테이터(고정자)를 합하여 1단이라 부르며 단수를 증가시킴으로써 유체의 높은 압력을 얻을 수 있다. 축류압축기는 대량의 공기를 처리할 수 있고 다단화가 용이해 효율이 높고 단을 추가하여 압력을 향상시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 회전자는 회전체와 회전자 블레이드로 구성된다. 회전자는 터빈 또는 터빈 단에 의하여 회전축에 연결되어 함께 구동하고, 회전자 블레이드는 공기의 흐름을 직선으로 유도하는 역할을 한다.

[0005] 고정자는 압축기의 외부케이스 역할을 하며 내측에 다수의 고정자 베인(vane)이 장착되어 전방에서 흡입된 공기의 속도를 감소시킴으로써 압력을 상승시키는 역할을 한다. 고정자 베인은 고정식 베인과 각도가 조절되는 가변식 베인으로 나뉘어지며, 압축기 케이스에 고정되거나 스테이터 베인 리테이닝 링에 의해 고정된다.

[0006] 특히, 회전자 블레이드와 고정자 베인은 다양한 형태의 불임각이나 비틀림 형상을 갖도록 에어포일(airfoil) 형상의 단면을 갖는다. 이를 통해 회전축에 가까운 블레이드와 회전축과 먼부분의 블레이드의 회전속도 차이에서 유도되는 공기 저항의 차이를 감소시키게 된다.

[0007] 압축기 내부에서 공기는 압축기의 축방향을 흐르면서 회전자 블레이드와 고정자 블레이드에 의하여 압축되며 후방으로 전달된다. 회전자 블레이드 표면에서 박리하며 난류가 되어 공기는 속도가 빨라지고 공기 저항이 커져 엔진의 효율을 감소시킨다. 때문에, 블레이드에서 박리된 공기 흐름을 제어함으로써 엔진의 효율을 향상시키기 위한 방법이 연구되고 있다.

[0008] 한편, 축류압축기의 유체 안정화와 관련된 종래기술로서 한국등록특허 제10-1025867호 (이하 '선행기술'이라 약칭함)는 축류 임펠러의 유체 안정화장치가 개시되었다. 선행기술은 축류 임펠러의 회전축의 회전에 따라 날개의 끝단과 마주보며 케이스에 형성되는 조절공과 조절공을 밀폐하도록 밀착 삽입되는 조절리브의 조작을 통하여 케이스 내부의 요철을 형성하고 이에 따라 유체의 흐름을 제어하는 안정화장치를 개시한다.

[0009]

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1025867호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 회전자 블레이드에서 유출되는 유량 제어를 통하여 유량을 안정화 시키는 시스템이 포함된 축류압축기를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동을 방지하는 쉬라우드; 및 쉬라우드 표면에 원주 방향을 따라 설치되어 상기 유체가 유동하기 위한 공간을 제공하는 피드백 유로를 포함하고, 피드백 유로는, 회전자 블레이드로부터 유출되는 유체의 유동 특성을 제어하여 스톨 마진(stall margin)을 향상시키는 것을 특징으로 한다.

[0014] 바람직하게, 피드백 유로는 복수로 마련되어 각각의 회전자 블레이드로부터 유체를 유입받는 인젝션 채널; 및 복수로 마련되어 인젝션 채널이 유입받은 유체를 회전자 블레이드의 후연으로 배출하는 블리딩 채널을 포함할 수 있다.

[0015] 바람직하게, 피드백 유로는 인젝션 채널과 상기 블리딩 채널을 연통하고, 원주방향으로 단일공간을 형성하는 중앙 채널을 포함할 수 있다.

[0016] 바람직하게, 피드백 유로는 쉬라우드 내부 유체의 스톨 마진(SM), 단열 효율(η), 전 압력비(PR) 및 안정 범위 확장(SRE)을 제어하는 설계변수가 적용될 수 있다.

[0017] 바람직하게, 설계변수는 쉬라우드로부터 유출되는 공기가 피드백 유로로 주입되는 각도로 정의되는 주입각 α ; 피드백 유로를 통과한 공기가 후방으로 배출되는 각도로 정의되는 분사각 β ; 및 쉬라우드 표면의 커버 각도로 정의되는 적용각 γ 를 포함할 수 있다.

[0018] 바람직하게, 설계변수는 회전자 블레이드의 앞 가장자리와 인젝션 채널간의 거리로 정의되는 주입 위치 L_1 ; 회전

자 블레이드의 앞 가장자리와 블리딩 채널간의 거리로 정의되는 분사 위치 L_B ; 및 회전자 블레이드의 현의 길이로 정의되는 시위 길이(chord length) C_R 를 포함할 수 있다.

[0019] 바람직하게, 설계변수는 인젝션 채널의 폭으로 정의되는 주입폭 W_I ; 및 블리딩 채널의 폭으로 정의되는 분사폭 W_B 를 포함할 수 있다.

[0020] 바람직하게, 설계변수는 인접한 회전자 블레이드 간의 간격으로 정의되는 익단 간극 T ; 및 인젝션 채널과 블리딩 채널의 두께로 정의되는 채널 두께 T 를 포함할 수 있다.

[0021] 바람직하게, 피드백 유로는 설계변수 중 주입 위치 L_I 가 시위 길이(chord length) C_R 의 35% 내지 45%로 적용된 경우 스톨 마진(stall margin)과 안정 범위 확장(SRE)이 최대값을 나타낼 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 축류압축기의 원주방향을 따라 피드백 유로를 설치하고 기 설정된 설계변수에 따라 피드백 유로를 설계함으로써 회전자 블레이드로부터 유출되는 유량의 스톨 마진(stall margin), 전 압력비(PR), 안정 범위 확장(SRE) 및 단열 효율이 안정화되는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명에 실시예에 따른 일단 축류압축기의 사시도와 부분 확대도이다.
 도 2는 본 발명에 실시예에 따른 축류압축기의 격자계 및 부분 확대도이다.
 도 3은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로를 나타낸다.
 도 4는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로의 설계변수를 설명하기 위한 도면이다.
 도 5는 본 발명에 실시예에 따른 축류압축기의 PR과 단열 효율을 나타낸 그래프이다.
 도 6은 본 발명에 실시예에 따른 choking 상태에서 마하 수 등고선을 나타낸다.
 도 7은 본 발명에 실시예에 따른 high flow 상태에서 마하 수 등고선을 나타낸다.
 도 8은 본 발명에 실시예에 따른 low flow 상태에서 마하 수 등고선을 나타낸다.
 도 9는 본 발명에 실시예에 따른 메쉬에 따른 PR 과 단열 효과를 나타낸 그래프이다.
 도 10은 본 발명에 실시예에 따른 choking mass flow rate와 SM을 나타낸 그래프이다.
 도 11은 본 발명에 실시예에 따른 PR과 단열 효과를 나타낸 그래프이다.
 도 12는 본 발명에 실시예에 따른 PR과 단열 효과의 실험값을 이론값과 비교한 그래프이다.
 도 13은 본 발명에 실시예에 따른 peak 상태에서 PR 과 단열 효과를 나타낸 그래프이다.
 도 14는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로가 포함된 설계에서 측정된 PR과 단열 효율의 곡선을 기존의 축류압축기의 결과와 비교한 그래프이다.
 도 15는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로가 포함된 설계에서 측정된 마하 수 등고선과 기존의 축류압축기의 결과의 비교를 나타낸다.
 도 16 및 17은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로가 포함된 설계에서 측정된 정적 압력 등고선과 기존의 축류압축기의 결과의 비교를 나타낸다.
 도 18은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로의 설계로 인한 회전자 블레이드의 유선변화를 나타낸다.
 도 19 및 20 은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로의 설계변수 변경으로 인한 회전자 블레이드의 유선변화를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 첨부된 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 다만, 본 발명이 예시적 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일 참조부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부재를 나타낸다.
- [0027] 본 발명의 목적 및 효과는 하기의 설명에 의해서 자연스럽게 이해되거나 보다 분명해 질 수 있으며, 하기의 기재만으로 본 발명의 목적 및 효과가 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0028] 본 발명의 실시예에 따른 축류압축기(1)는 회전자 블레이드(13)로부터 발생되어 후방의 고정자 베인(15)으로 전달되는 유체를 제어할 수 있다. 또한, 축류압축기(1)는 회전자 블레이드(13)로부터 유출되는 유체의 유동 특성을 제어하여 스톨 마진(stall margin), 전 압력비(PR), 단일 효율(η) 및 안정 범위 확장(SRE)을 향상시킬 수 있으며, 이를 통해 축류압축기(1)의 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 1단 축류압축기(10)를 나타낸다. 도 1을 참조하면, 1단 축류압축기(10)는 쉬라우드(101) 및 피드백 유로(103)를 포함할 수 있다.
- [0030] 쉬라우드(101)는 회전자 블레이드(13)로부터 유출되는 유체의 유동을 방지할 수 있다.
- [0031] 본 실시예에서, 쉬라우드(101)는 회전자 블레이드(13) 및 고정자 베인(15)의 원주방향을 따라 제공될 수 있다. 쉬라우드(101)는 회전자 블레이드(13)로부터 유출되는 유량의 누설을 방지할 수 있다. 쉬라우드(101)는 고정자 베인(15)으로 전달되는 유량이 이동하는 경로를 제공할 수 있다.
- [0032] 피드백 유로(103)는 쉬라우드(101) 표면에 원주방향을 따라 설치되어 유체가 유동하기 위한 공간을 제공할 수 있다.
- [0033] 본 실시예에서, 피드백 유로(103)는 하류 고압 영역의 공기를 회전자 블레이드(13)의 전연과 후연 사이의 상류 위치로 재순환 시킬 수 있다. 이를 통해, 피드백 유로(103)의 높이는 span wise의 7%의 높이로 형성될 수 있으며, 이는 종래의 장치에 비해 소형화 될 수 있는 점에 주목할 수 있다.
- [0034] 특히, 피드백 유로(103)는 회전자 블레이드(13)로부터 유출되는 유체의 유동 특성을 제어하여 축류압축기(1)의 스톨 마진(SM)을 향상시켜 동적 안정성을 향상시킴에 주목할 수 있다.
- [0035] 전술한 효과를 구현하기 위하여, 피드백 유로(103)는 인젝션 채널(1031), 블리딩 채널(1033) 및 중앙 채널(1035)을 포함할 수 있다.
- [0036] 인젝션 채널(1031)은 복수로 마련되어 회전자 블레이드(13)로부터 유체를 유입받을 수 있다.
- [0037] 본 실시예에서, 인젝션 채널(1031)은 전체 피드백 유로(103)상에 복수로 구비될 수 있다. 복수의 인젝션 채널(1031)은 회전자 블레이드(13)의 회전을 통하여 유출되는 공기의 흐름을 각각 유입받을 수 있으며, 전달받은 유량을 중앙 채널(1035)로 전달할 수 있다. 인젝션 채널(1031)은 유량을 제어할 수 있는 설계변수로 주입각 α , 적용각 γ , 주입 위치 L_I , 주입폭 W_I 및 채널 두께 T 를 포함할 수 있다. 설계변수 중 주입 위치 L_I 과 주입폭 W_I 은 시위 길이 C_R 와 상대적인 비율로 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다.
- [0038] 블리딩 채널(1033)은 복수로 마련되어 인젝션 채널(1031)이 유입받은 유체를 회전자 블레이드(13)의 후연으로 배출할 수 있다.
- [0039] 본 실시예에서, 블리딩 채널(1033)은 전체 피드백 유로(103)상에 복수로 구비될 수 있다. 복수의 블리딩 채널(1033)은 회전자 블레이드(13)의 회전을 통하여 유출되는 공기의 흐름을 중앙 채널(1035)로부터 전달받을 수 있으며, 전달받은 유량을 회전자 블레이드(13)의 후연으로 배출할 수 있다. 블리딩 채널(1033)은 유량을 제어할 수 있는 설계변수로 주입각 β , 분사 위치 L_B , 분사폭 W_B 및 채널 두께 T 를 포함할 수 있다. 설계변수 중 분사 위치 L_B 와 분사폭 W_B 은 시위 길이 C_R 와 상대적인 비율로 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다.
- [0040] 중앙 채널(1035)은 인젝션 채널(1031)과 블리딩 채널(1033)을 연통하고, 원주방향으로 단일공간을 형성할 수 있다.
- [0041] 본 실시예에서, 중앙 채널(1035)은 인젝션 채널(1031)로 유입된 유량이 모이는 유로를 제공할 수 있다. 중앙 채널

널(1035)은 전달받은 유량을 블리딩 채널(1033)로 전달할 수 있다. 중앙 채널(1035)은 복수로 형성된 인젝션 채널(1031)과 블리딩 채널(1033)과 달리 원주방향을 따라 연통된 하나의 공간을 형성하고 있으며, 이를 통해 인젝션 채널(1031)과 블리딩 채널(1033)의 개수가 상이하더라도 두 채널을 연통할 수 있다.

[0042] 도 4는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)의 설계변수를 설명하기 위한 도면이다. 도 4를 참조하면 피드백 유로(103)는 축류압축기(1)의 스톨 마진(SM), 단열 효율(η), 전 압력비(이하 PR) 및 안정 범위 확장(SRE)을 제어하는 설계변수가 적용될 수 있다.

[0043] 본 실시예에서, 설계변수는 주입각 α , 분사각 β , 적용각 γ , 주입 위치 L_1 , 분사 위치 L_B , 시위 길이 C_R , 주입 폭 W_I , 주입폭 W_B , 익단 간극 τ 및 채널 두께 T 를 포함할 수 있다.

[0044] 주입각 α 는 쉬라우드(101)로부터 유출되는 공기가 피드백 유로(103)로 주입되는 각도로 정의될 수 있다.

[0045] 본 실시예에서, 주입각 α 는 회전자 블레이드(13)의 팁 부분과 피드백 유로(103)의 인젝션 채널(1031)이 이루는 각도로 이해될 수 있다. 주입각 α 는 회전자 블레이드(13)의 회전으로 생성되는 유량이 피드백 유로(103)로 주입되는 각도로 이해될 수 있다. 특히, 주입각 α 는 15도 내지 60도의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0046] 분사각 β 는 피드백 유로(103)를 통과한 공기가 후방으로 배출되는 각도로 정의될 수 있다.

[0047] 본 실시예에서, 분사각 β 는 회전자 블레이드(13)의 팁 부분과 피드백 유로(103)의 블리딩 채널(1033)이 이루는 각도로 이해될 수 있다. 분사각 β 는 블리딩 채널(1033)에서 배출되는 유량이 회전자 블레이드(13)의 후연으로 배출되는 각도로 이해될 수 있다. 특히, 분사각 β 는 15도 내지 60도의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0048] 적용각 γ 는 쉬라우드(101) 표면의 커버 각도로 정의될 수 있다.

[0049] 본 실시예에서, 적용각 γ 는 회전자 블레이드(13)에서 유출된 유량이 인젝션 채널(1031)로 입사되는 부분의 원주 방향으로 측정되는 각도로 정의될 수 있다. 적용각 γ 는 각각의 인젝션 채널(1031)에 동일한 규격으로 적용될 수 있다. 적용각 γ 는 인젝션 채널(1031)의 개수에 따라 상이하게 달라질 수 있다. 또한, 적용각 γ 와 인젝션 채널(1031)로 주입되는 유량이 비례관계를 나타낼 수 있다. 특히, 본 실시예에 따른 적용각 γ 는 4도 내지 8도의 각도로 적용되었으며, 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0050] 주입 위치 L_1 는 회전자 블레이드(13)의 앞 가장자리와 인젝션 채널(1031)간의 거리로 정의될 수 있다.

[0051] 본 실시예에서, 주입 위치 L_1 는 피드백 유로(103)의 규격 및 위치에 따라 변동될 수 있는 설계변수로 이해될 수 있다. 특히, 본 실시예에 따른 주입 위치 L_1 는 단독적으로 설계변수로 적용되지 않고 시위 길이 C_R 과의 상대적

인 비율이 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다. L_1/C_R 은 30% 내지 60%의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0052] 분사 위치 L_B 는 회전자 블레이드(13)의 앞 가장자리와 블리딩 채널(1033)간의 거리로 정의될 수 있다.

[0053] 본 실시예에서, 분사 위치 L_B 는 피드백 유로(103)의 규격 및 위치에 따라 변동될 수 있는 설계변수로 이해될 수 있다. 특히, 본 실시예에 따른 분사 위치 L_B 는 단독적으로 설계변수로 적용되지 않고 시위 길이 C_R 과의

상대적인 비율이 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다. $\frac{L_B}{C_R}$ 은 50% 내지 90%의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0054] 시위 길이 C_R 은 회전자 블레이드의 현의 길이로 정의될 수 있다.

[0055] 본 실시예에서, 시위 길이 C_R 은 회전자 블레이드(13) 전면에 위치한 팁에서부터 후면에 위치한 팁까지의 직선 거리를 의미할 수 있다. 시위 길이 C_R 은 고정된 값으로 제공되지 않으며, 피드백 유로(103)가 적용되는 축류압축기(1)의 회전자 블레이드(13)에 규격에 따라 변동될 수 있다. 다만 본 실시예에서, 시위 길이 C_R 은 동일한 길이로 제공되어 고정된 참조값으로 이해됨이 바람직하다. 시위 길이 C_R 은 전술한 바와 같이 주입 위치 L_I 및 분사 위치 L_B 가 설계변수로 적용되기 위한 기준으로 이해될 수 있다. 또한, 시위 길이 C_R 은 후술하게 될 주입 폭 W_I 와 분사폭 W_B 를 설계변수로 적용시키기 위한 기준으로 사용될 수 있다.

[0056] 주입폭 W_I 는 인젝션 채널(1031)의 폭으로 정의될 수 있다.

[0057] 본 실시예에서, 주입폭 W_I 와 인젝션 채널(1031)로 주입되는 유량이 비례관계를 나타낼 수 있다. 다만, 주입폭 W_I 는 인젝션 채널(1031)의 적용각 θ 과 대비되는 개념으로 이해될 수 있으며, 인젝션 채널(1031)의 단면적이 향상함에 따라 증가할 수 있다. 상세하게, 적용각 θ 가 세로방향의 면적요소로 이해된다면 주입폭 W_I 는 가로방향의 면적요소로 이해될 수 있고, 전술한 문장의 역도 성립할 수 있다.

[0058] 또한, 본 실시예에 따른 주입폭 W_I 는 단독적으로 설계변수로 적용되지 않고 시위 길이 C_R 과의 상대적인 비율이 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다. $\frac{W_I}{C_R}$ 은 1% 내지 5%의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0059] 분사폭 W_B 는 블리딩 채널(1033)의 폭으로 정의될 수 있다.

[0060] 본 실시예에서, 분사폭 W_B 는 주입폭 W_I 와 유사한 개념으로 블리딩 채널(1033)에 적용된 설계변수로 이해될 수 있다. 분사폭 W_B 는 단독적으로 설계변수로 적용되지 않고 시위 길이 C_R 과의 상대적인 비율이 산출되어 설

계변수로 적용될 수 있다. $\frac{W_B}{C_R}$ 은 1% 내지 5%의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0061] 익단 간극 T 는 인접한 회전자 블레이드(13) 간의 간격으로 정의될 수 있다. 채널 두께 T 는 인젝션 채널(1031)과 블리딩 채널(1033)의 두께로 정의될 수 있다.

[0062] 본 실시예에서, 익단 간극 T 와 채널 두께 T 는 독립적으로 설계변수로 적용되지 않을 수 있다. 때문에, 두 설계변수는 상호간의 비율로 산출되어 설계변수로 적용될 수 있다. 특히, $\frac{T}{\tau}$ 의 형태로 설계변수로 적용될 수 있다. $\frac{T}{\tau}$ 는 100% 내지 500%의 범위로 적용될 수 있다. 이에 따라, 축류압축기(1)의 PR, 단열 효율, SM 및 SRE가 조절될 수 있다. 이와 관련된 자세한 사항은 하기의 실험예에서 다루도록 한다.

[0063] 특히, 본 발명에 따른 축류압축기(1)는 동적 안정성을 향상시키기 위하여 피드백 유로(103)의 설계변수를 변경할 수 있다. 하기의 실험예는 피드백 유로(103)의 설계변수를 변경하여 SM의 향상 정도를 확인하기 위한 결과를 나타낸다.

[0065] <실험예>

[0066] 해당 실험예에서는 17185.7rpm의 회전속도를 최대치로 나타내며, Rotor 37의 36개의 회전자 블레이드를 갖는 NASA Stage 37 축류압축기(1)가 사용되었다. 해당 축류압축기(1)의 회전자 블레이드(13)는 0.04cm의 간극을 가지며, 고정자 베인(15)은 0.0762cm의 간극을 갖는다. 또한, mass flow rate가 20.74 kg/s인 peak efficiency 조건에서 peak adiabatic efficiency와 전 압력비(PR, total pressure ratio)는 각각 84.00%와 2.00로 확인되었다. 공기 역학적 분석을 위하여 3차원 RANS(Reynolds-Average Navier-Stokes) 방정식을 ANSYS CFX-15.0에 적용하여 축류압축기(1)에서 피드백 유로(103)의 SM 향상 정도를 확인하였다. 3차원 해석을 위해 회전자 블레이드(13)와 고정자 베인(15)은 Design-Modeler®를 이용하여 설계하였고, Turbo-Grid®를 이용하여 메쉬(mesh)를 생성하였다. ANSYS CFX-Pre, CFX-Solver 및 CFX-Post는 경계조건 정의, 방정식 풀이 및 결과를 후처리 하는데 활용되었다.

[0067] 실험예에서 지정한 설계변수는 다음과 같다.

C_R	Rotortip blade chord length
L_B	Distance between rotor leading edge and bleed port
L_I	Distance between rotor leading edge and injection port
W_B	Bleed width
W_I	Injection width
α	Injection angle
β	Bleeding angle
τ	Rotor tip clearance

[0068]

[0069] <표 1. 설계변수>

[0070] <표 1>에 기재된 설계변수는 하기의 <표 2>와 같은 참조값을 가지며, <표 3>과 같은 범위에서 적용되었다.

	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	$T/\tau(\%)$
참조값	45	45	8	300
	$L_I/C_R(\%)$	$L_B/C_R(\%)$	$W_I/C_R(\%)$	$W_B/C_R(\%)$
참조값	40	70	3	3

[0071]

[0072] <표 2. 설계변수 참조값>

	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	$T/\tau(\%)$
최대	15	15	4	100
최소	60	60	8	500
	$L_I/C_R(\%)$	$L_B/C_R(\%)$	$W_I/C_R(\%)$	$W_B/C_R(\%)$
최대	30	50	1	1
최소	60	90	5	5

[0074]

[0075] <표 3. 설계변수 적용 범위>

[0077] 실험을 위한 추가적인 조건으로 6면체 요소는 계산 영역을 메쉬로 사용하였다. 회전자 블레이드(13) 주변에서 '0'형 그리드를 사용하였고, 회전자 그룹과 고정자 그룹의 다른영역에 H / J / C / L 형 그리드를 사용하였다.

[0078] 한편, 작동 유체는 이상 기체로 간주되었다. 정상 상태 시뮬레이션을 위해 고정자 출구 경계에서 평균 정압을 설정하였고, 회전자 입구 경계에서 5%의 난류 강도가 규정되었다. 단일 평활 상태(adiabatic smooth wall condition)는 회전자 블레이드(13), 쉬라우드(101)에서 사용되었다. Periodic conditions이 계산 영역의 측면

경계에서 사용되었다. GGI(general grid interface) 방법이 고정자와 회전자 간의 연결 및 회전자와 원주형 피드백 유로(103) 간의 연결에 사용되었다. 회전자 출구와 표면 사이의 인터페이스 연결부의 피치 각도는 10도(360/30)로 제공되었으며, 고정자 입구와 표면 사이의 인터페이스 연결부의 피치 각도는 7.826도(360/46)로 제공되었다. 원주형 피드백 유로(103)와 회전자 인터페이스에서 지정된 피치 각도(피드백 유로(103)의 경우 8도, 회전자의 경우 10도)가 있는 고정된 회전자를 사용하였다. 확장 가능한 벡함수를 갖는 two-equation $k-\epsilon$ 난류 모델을 사용하여 20 내지 100범위의 벽에 첫번째 노드의 y+값을 사용하였다.

[0079] 입구 mass flow rate는 300단계 동안 0.001 Kg/s 보다 작고, 입구 및 출구의 mass flow rate 차이는 0.3% 미만이며, 단열 효율 변화(adiabatic efficiency variation)는 100단계 당 0.3% 미만이다. 성능 곡선은 출구 표면의 평균 정압이 choking 상태(0 Pa)에서 시작하여 전 압력비(PR)가 최대 값을 얻는 마지막 안정된 수렴 조건(근접 정지)에서 끝나도록 구성된다. 출구 효율은 최대 효율에서 100 Pa 로 고정되었고, stall 부근의 조건에서는 10 Pa (0.0001 Kg/s)로 고정되었다. 설계변수에 따른 결과를 확인하기 위해 전 압력비(PR), 단열 효율(η), 스톨 마진(SM) 및 안정 범위 확장(SRE)이 측정되었다.

[0080] 상기의 실험에는 유동 해석에 주로 사용된 기법들을 나열한 것으로 유동 해석을 위한 기법에 해당 기법이 한정되지 않으며, 본 발명의 목적과 효과를 구현하기 위한 한도내에서 다양한 변형이 가능할 수 있다. 이하, 축류압축기(1)의 동적 안정성 향상을 위한 피드백 유로(103)의 효과를 입증하는 실험예의 결과를 서술한다.

[0082] <실험예>의 결과

[0083] 피드백 유로(103)가 포함됨에 따른 축류압축기의 성능의 비교에 앞서, 신뢰도 향상을 위해 사용된 유동 해석의 타당성 검증을 위한 결과를 개시한다. 도 5는 본 발명에 실시예에 따른 축류압축기의 PR과 단열 효과를 나타낸 그래프이다. 도 5를 참조하면, 실험의 결과는 종래의 연구에서 확인된 결과와 비교하여 검증되었다. 최적의 노드 수는 그리드 의존성 테스트를 통해 480,000으로 나타났다. 결과는 최대 효율, 높은 유속, 설계 유속 및 stall 부근의 조건에서 단열 조건의 경우와 비교하여 쉬라우드(101) 표면에서 등온조건을 사용하는 효율이 약 0.77%, 0.82%, 1.0% 및 0.99%가 증가함을 확인할 수 있었다.

[0084] 도 6 내지 8은 본 발명에 실시예에 따른 flow rate 상태를 변경함에 따라 확인되는 마하 수 등고선을 나타낸다. 도 6 내지 8을 참조하면, 축류압축기(1)의 각각의 조건에서 최대 흐름 조건, 높은 유량 조건(98%) 및 낮은 유량 조건(stall 부근)에서 계산된 마하 수 분포의 이론 및 실험값이 일치함을 확인할 수 있다. 이를 통해 수치 예측의 정확도가 아주 높음을 알 수 있다.

[0085] 도 9는 본 발명에 실시예에 따른 메쉬에 따른 PR 과 단열 효과를 나타낸 그래프이다. 도 9를 참조하면, 3개의 그리드 시스템에서 전 압력비(PR)와 단열 효율의 성능 곡선에 대한 결과를 확인할 수 있다. 도 10은 본 발명에 실시예에 따른 choking mass flow rate와 SM을 나타낸 그래프이다. 도 11은 본 발명에 실시예에 따른 PR과 단열 효과를 나타낸 그래프이다. 도 11을 참조하면, choking mass flow rate 96.5%에서의 결과를 확인할 수 있다. 도 9 내지 11을 참조하면, 메쉬 1은 메쉬 2를 사용하는 경우에 비해 choking mass flow rate, SM, PR 및 단열 효율이 각각 0.1, 6.53, 0.54 및 1.23%의 변화를 보인다. 반면, 메쉬 3은 0.02, 0.4, 0.07 및 0.18%의 변화를 보임을 알 수 있다. 따라서 피드백 유로(103)가 없는 축류압축기(1)의 최적 그리드는 회전자에 340,556개의 노드를 갖는 590,080개의 노드와 고정자에 대해 메쉬 2와 같이 249,524개의 노드로 구성될 수 있다.

[0086] 도 12는 본 발명에 실시예에 따른 PR과 단열 효과의 실험값을 이론값과 비교한 그래프이다. 도 12를 참조하면, 종전의 실험 데이터에 비해 피드백 유로(103)가 없는 축류압축기(1)의 PR과 단열 효율에 대한 수치적 성능 곡선의 검증을 확인할 수 있다. 수치적 결과는 실험 데이터와 정성적으로 일치함을 알 수 있다. 수치 결과는 실험 데이터와 정성적으로 잘 일치하며, 예측된 피크 단열 효율인 83.85%는 측정값인 84.00%와 매우 유사함을 알 수 있다. 단열 효율 조건에서 예측된 PR은 2.0045로 실험 결과로 확인된 2.000보다 약간 높음을 알 수 있다. 또한, stall 부근의 조건에서 예상되는 choking mass flow는 93.85%로 측정된 93.65%와 매우 유사함을 알 수 있다. 9.95%로 예상되는 SM도 측정치 10.00%과 매우 유사함을 알 수 있다.

[0087] 도 13은 본 발명에 실시예에 따른 peak 상태에서 PR 과 단열 효과를 나타낸 그래프이다. 피드백 유로(103)는 그리드에 대하여 40,000 에서 180,000까지의 노드 번호 범위를 테스트 하였다. 도 13을 참조하면, 피드백 유로(103)의 최적 노드 수는 차후 계산을 위하여 130,000으로 결정됨을 알 수 있다. 즉, 도 6 내지 13을 통하여 유동 해석을 위한 타당성이 입증됨을 확인할 수 있다.

[0088] 도 14는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)가 포함된 설계에서 측정된 PR과 단일 효과의 곡선을 기존의 축류압축기의 결과와 비교한 그래프이다. 도 14를 참조하면, 평탄한 케이싱을 가진 경우와 비교하여, NASA Stage 37의 공기 역학적 성능에 대한 피드백 유로(103)의 효과를 확인할 수 있다. 특히, 결과를 통해 피드백 유로(103)가 stall을 0.9385(평탄한 케이싱의 경우)에서 0.9174(기준 설계)까지 지연시킴으로써 작동 범위를 크게 확장시킨다는 것을 알 수 있다. 또한, 기준설계의 예상 SM은 12.62%로 평탄한 케이싱의 9.95%보다 높으며, SRE는 기준설계를 통해 34.21%까지 증가함을 확인할 수 있다. 그러나 피크 단일 효율은 83.85%(평탄한 케이싱의 경우)에서 83.71%(기준 설계)로 약간 감소되어 0.14%의 효율저하를 나타냄을 알 수 있다. 즉, 피드백 유로(103)를 설계함으로써 SM이 2.67%향상되었으며, SRE가 34.12%의 높은 증가를 보임을 확인할 수 있다.

[0089] 도 15는 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)가 포함된 설계에서 측정된 마하 수 등고선과 기존의 축류압축기의 결과의 비교를 나타낸다. 도 15를 참조하면, 피드백 유로(103)의 설계를 통해 마하 수가 0.4 미만인 저속 영역이 약간 감소됨을 확인할 수 있다.

[0090] 도 16 및 17은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)가 포함된 설계에서 측정된 정적 압력 등고선과 기존의 축류압축기의 결과의 비교를 나타낸다. 도 16 및 17을 참조하면, 98% 스펜(span)에서 회전자 정압이 약간 증가한 것을 확인할 수 있다. 특히, 증가된 압력은 도 17을 통하여 명확하게 확인할 수 있다.

[0091] 도 18은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)의 설계로 인한 회전자 블레이드(13)의 유선변화를 나타낸다. 도 18을 참조하면, 회전자 블레이드(13)의 흡입면 근처의 유선을 확인할 수 있다. 특히, 전연으로부터 회전자 끝단까지의 70% 부근의 표면에서 누설 유량은 블리드(bleed)되고, 40% 부근에서 재주입 됨을 확인할 수 있다. 전술한 과정으로 순환되는 공기는 회전자 선단 근처의 흡입면에서 흐름을 스펜(span) 방향으로 밀어낸다. 따라서, 설계된 피드백 유로(103)에 의해 분리 선(separation line)의 블레이드 팁에서부터 스펜의 92%부근까지의 span wise 길이가 감소되고, 재부착 선(reattachment line)은 피드백 유로(103)에 의해 85%에서 75%로 감소된다.

[0092] 축류압축기(1)의 공기역학적 성능에 대한 피드백 유로(103)의 설계변수를 변경한 결과는 <표 4> 내지 <표 11>에 개시되며, 실험에서는 설계변수를 제외한 값을 기준값으로 고정하고 수행되었다.

γ (°)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
4	2.0050	83.73	11.17	20.52
6	1.9942	83.73	12.58	34.10
8	1.9918	83.71	12.62	34.21

[0094] <표 4> γ 의 효과

[0096] <표 4>를 참조하면, γ 를 4도에서 6도까지 변화시킴에 따라 SM이 9.95%에서 12.62%로 향상되었고, SRE가 34.21% 향상되었음을 확인할 수 있다.

α (°)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
15	1.9891	83.67	12.89	33.67
30	1.9911	83.72	12.86	35.07
45	1.9918	83.71	12.62	34.21
60	1.9886	83.64	11.90	23.25

[0098]

[0099] <표 5> α 의 효과

[0100] <표 5>를 참조하면, α 가 15도에서 60도까지 변화함에 따라, SM이 감소하는 경향을 확인할 수 있으며, SRE가 30도에서 최대치를 가짐을 확인할 수 있다.

β (°)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
15	1.9939	83.66	12.52	34.00
30	1.9920	83.69	12.66	34.82
45	1.9918	83.71	12.62	34.21
60	1.9911	83.71	12.62	34.05

[0102]

[0103] <표 6> β 의 효과

[0104] <표 5>를 참조하면, β 가 15도에서 60도까지 변화함에 따라, SM 및 SRE가 큰 변화폭을 갖지 않는 것을 확인할 수 있다.

L_I/C_R (%)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
30	1.9941	83.63	10.50	3.92
40	1.9918	83.71	12.62	34.21
50	1.9898	83.72	11.47	8.91
60	1.9945	83.72	10.35	-4.20

[0106]

[0107] <표 7> L_I/C_R 의 효과

L_B/C_R (%)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
50	1.9942	83.56	12.39	33.60
60	1.9901	83.50	12.63	34.18
70	1.9918	83.71	12.62	34.21
80	1.9886	83.68	12.66	33.23
90	1.9879	83.67	12.51	32.22

[0109]

[0110] <표 8> L_B/C_R 의 효과

[0111] <표 5> 내지 <표 8>을 참조하면, α 와 β 가 상이한 효과를 유도함을 확인할 수 있으며, L_I/C_R 와 L_B/C_R 가 상이한 효과를 유도함을 확인할 수 있다. 즉, 피드백 유로(103)의 구성요소 중, 블리딩 채널(1033)에 설계변수에 의한 효과보다 인젝션 채널(1031)에 설계변수로 인한 효과가 더욱 크게 적용됨을 알 수 있다.

[0112] 또한, <표 4> 내지 <표 8>을 참조하면, PR과 η 은 평탄한 케이싱보다 작은 수치를 나타냄을 알 수 있다.

[0113] 정리하자면, PR과 η 은 평탄한 케이싱 보다 약간 작고, SM과 SRE는 분사위치에 가장 민감하며, 최적의 분사 위치는 회전자 chord 길이의 40% 부근이며, 이때 SM 12.62%, SRE는 34.21%를 나타냄을 알 수 있다.

T/τ (%)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
100	1.9876	83.63	12.28	30.48
200	1.9908	83.67	12.48	33.42
300	1.9918	83.71	12.62	34.21
400	1.9929	83.74	12.66	34.43
500	1.9940	83.76	12.71	34.87

[0115]

[0116] <표 9> T/τ 의 효과

[0117] <표 9>를 참조하면, T/τ 가 100%에서 500%까지 변화함에 따라, SM이 12.28%에서 12.71%로 향상됨을 확인할 수 있으며, SRE가 30.48%에서 34.87%로 향상됨을 확인할 수 있다.

W_I/C_R (%)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
1	2.0026	83.82	10.77	12.14
2	1.9933	83.77	11.80	21.19
3	1.9918	83.71	12.62	34.21
4	1.9881	83.63	12.86	36.40
5	1.9866	83.56	12.95	37.67

<표 10> W_I/C_R 의 효과

<표 10>을 참조하면, W_I/C_R 가 1%에서 5%까지 변화함에 따라, SM이 10.77%에서 12.95%로 향상됨을 확인할 수 있으며, SRE가 12.14%에서 37.67%로 향상됨을 확인할 수 있다. 다만, PR과 η 은 약간 감소한다.

W_B/C_R (%)	PR	η (%)	SM(%)	SRE(%)
SC	2.0045	83.85	9.95	0.00
1	1.9881	83.77	13.04	35.48
2	1.9905	83.72	12.74	34.43
3	1.9918	83.71	12.62	34.21
4	1.9910	83.69	12.64	34.51
5	1.9910	83.68	12.55	33.57

<표 11> W_B/C_R 의 효과

<표 11>을 참조하면, W_B/C_R 가 1%에서 5%까지 변화함에 따라, PR과 η 은 감소하는 경향을 나타냄을 확인할 수 있다.

도 19 및 20 은 본 발명에 실시예에 따른 피드백 유로(103)의 설계변수 변경으로 인한 회전자 블레이드(13)의 유선변화를 나타낸다. 도 18 및 20을 참조하면, 상이한 설계변수들에 대해서 최적의 SM과 SRE를 보여주는 stall 부근에서 선택된 6가지 상황의 회전자 블레이드(13) 흡입면 근처의 유선 비교를 확인할 수 있다. 결과적으로 $W_I/C_R = 5\%$ 이며 SRE가 37.67%인 경우에 테스트 케이스 중에서 가장 짧은 90.5%의 span wise separation line을 나타냄을 확인할 수 있다.

즉, 본 발명의 실시예에 따른 축류압축기(1)의 공기 역학적 성능은 블리딩 채널(1033)보다 인젝션 채널(1031)의 설계변수를 변경함으로써 용이하게 제어할 수 있었으며, 특히 최적의 설계조건은 $W_B/C_R = 1\%$ 이고, $W_I/C_R = 5\%$ 인 지점에서 SM이 13.04%와 SRE가 37.67%로 확인되었다.

이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명한 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

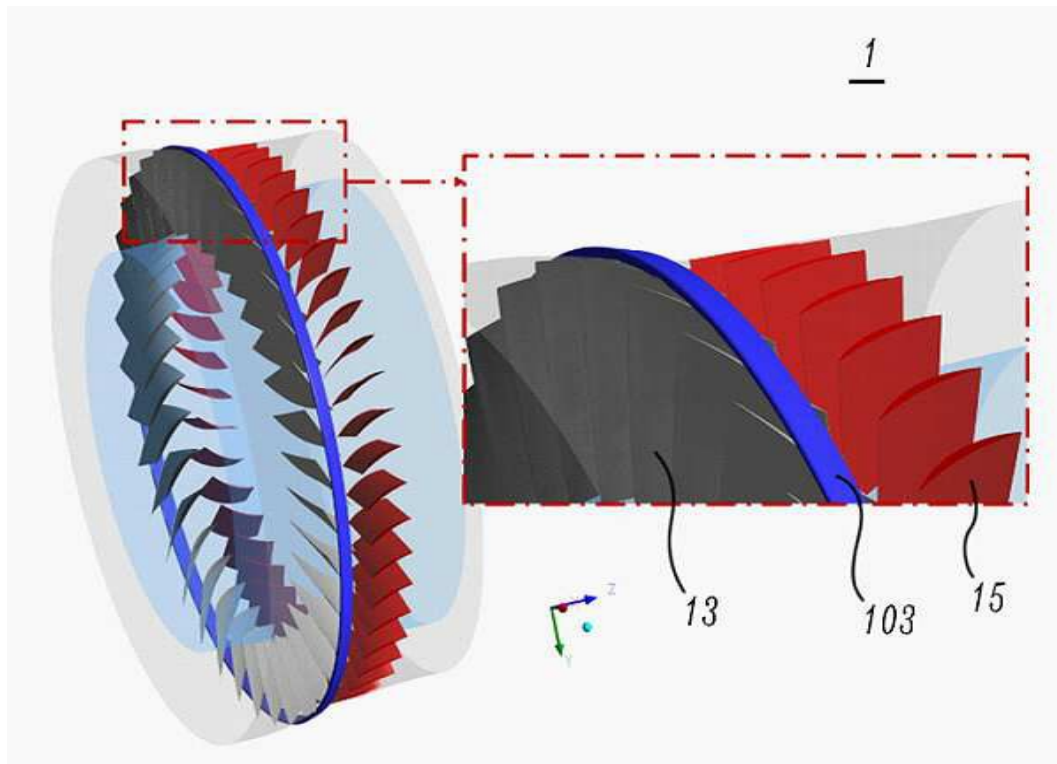
부호의 설명

[0130]

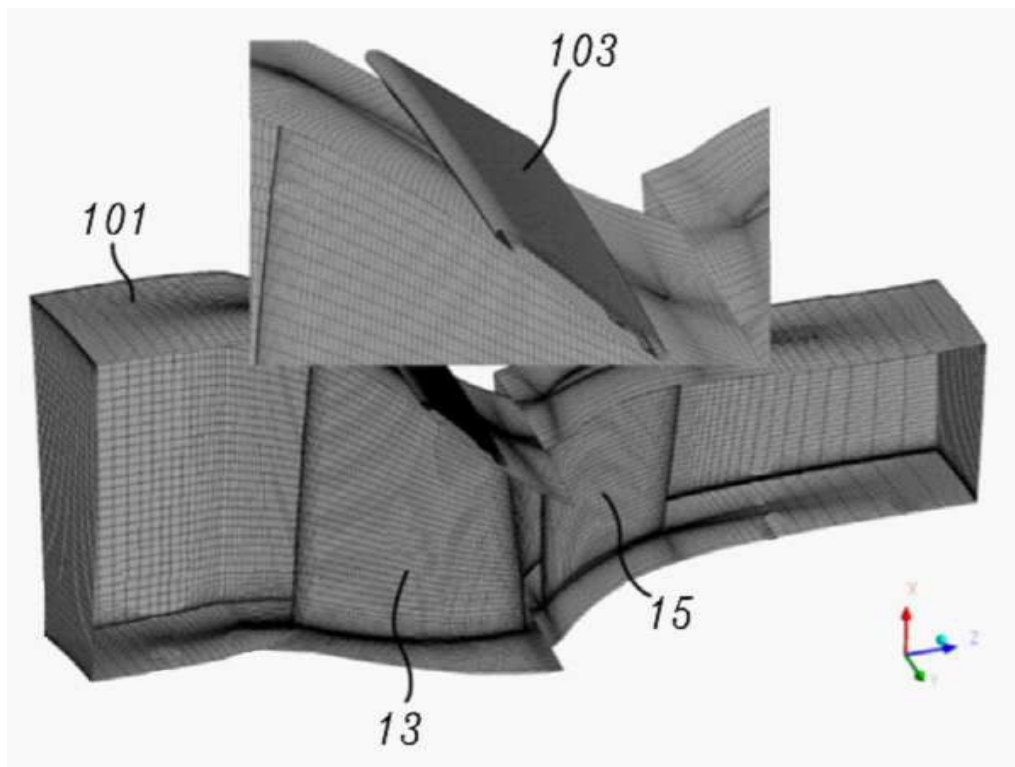
- 1: 축류압축기
- 10: 1단 축류압축기
- 101: 쉬라우드
- 103: 피드백 유로
- 1031: 인젝션 채널
- 1033: 블리딩 채널
- 1035: 중앙 채널
- 13: 회전자 블레이드
- 15: 고정자 베인

도면

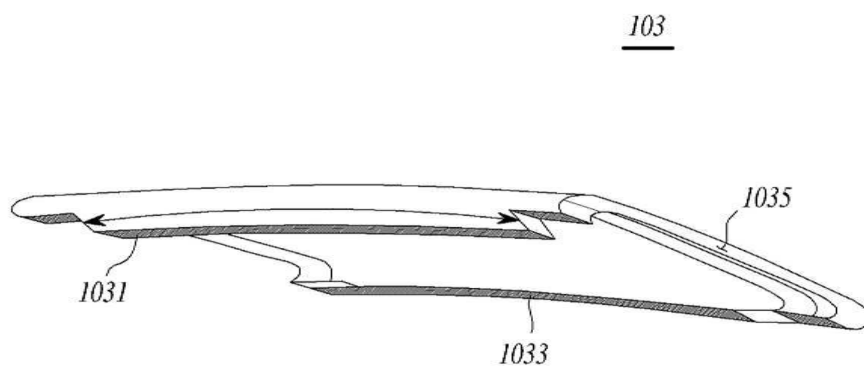
도면1



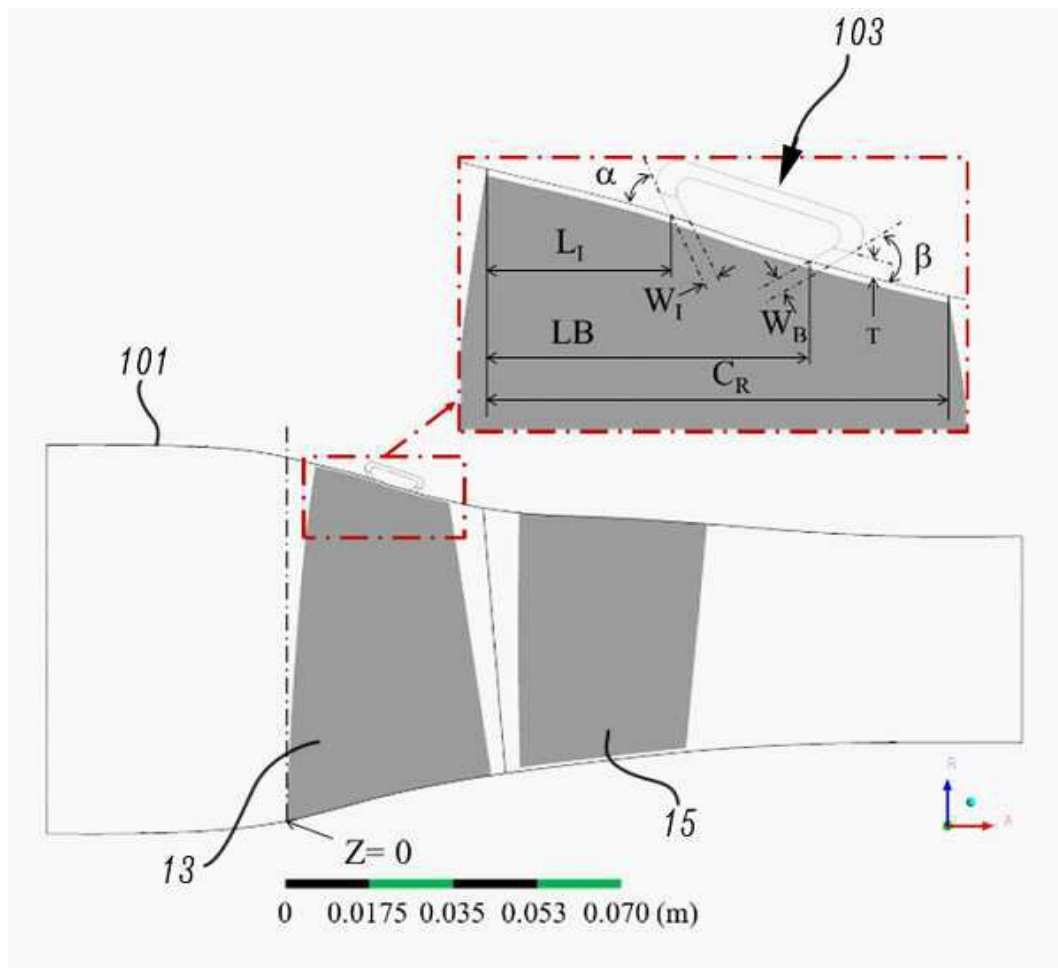
도면2



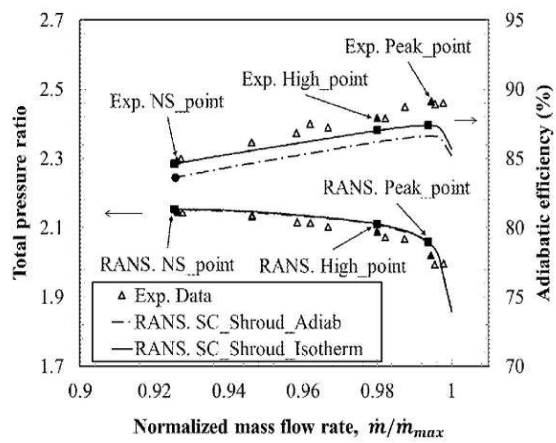
도면3



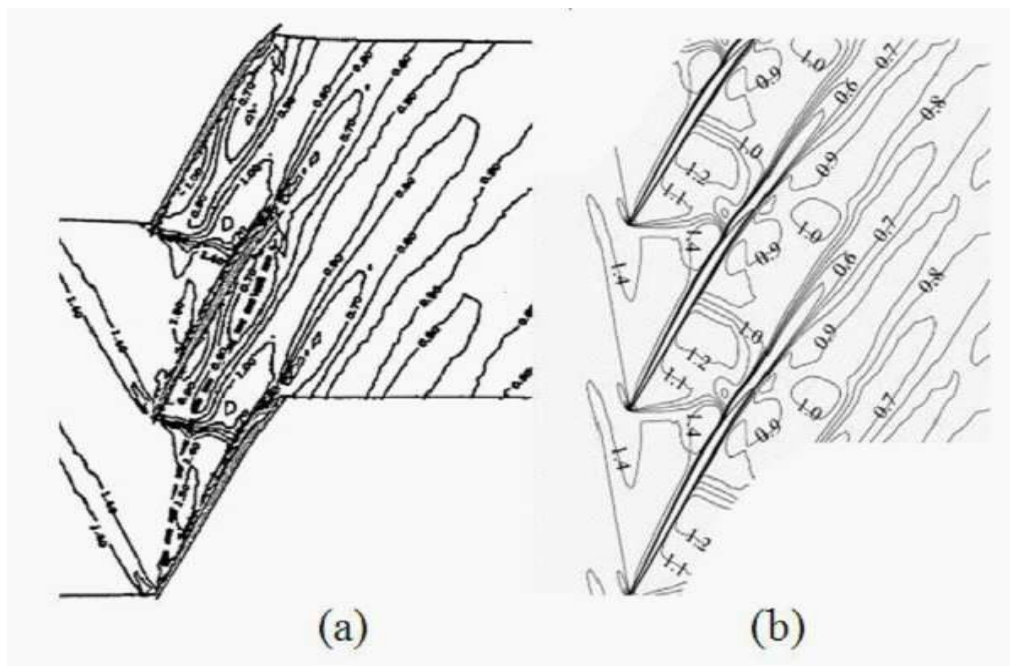
도면4



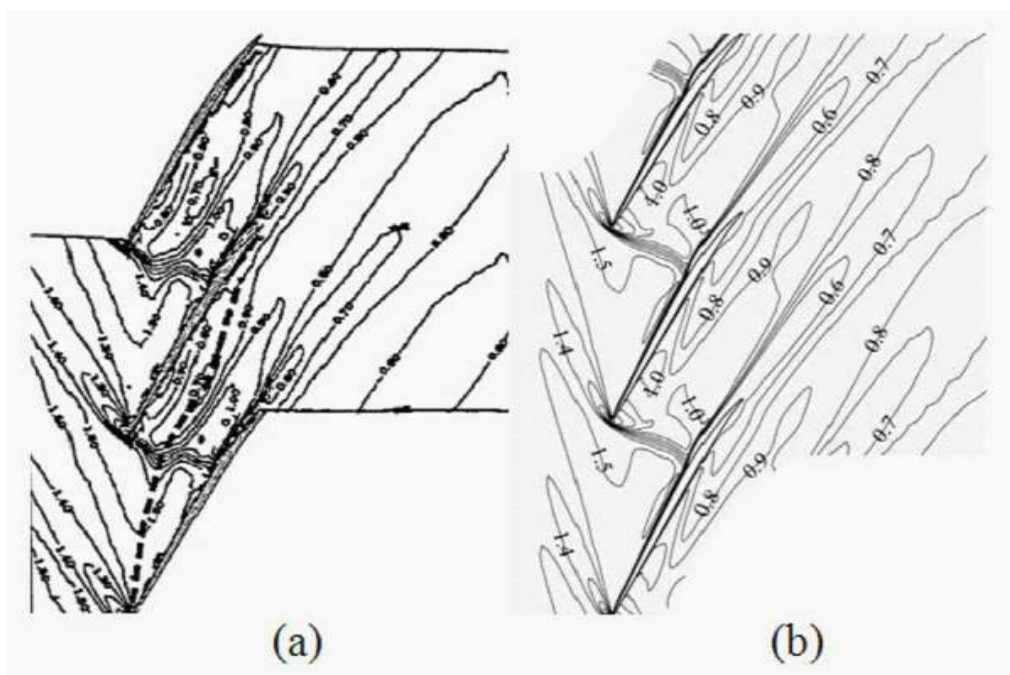
도면5



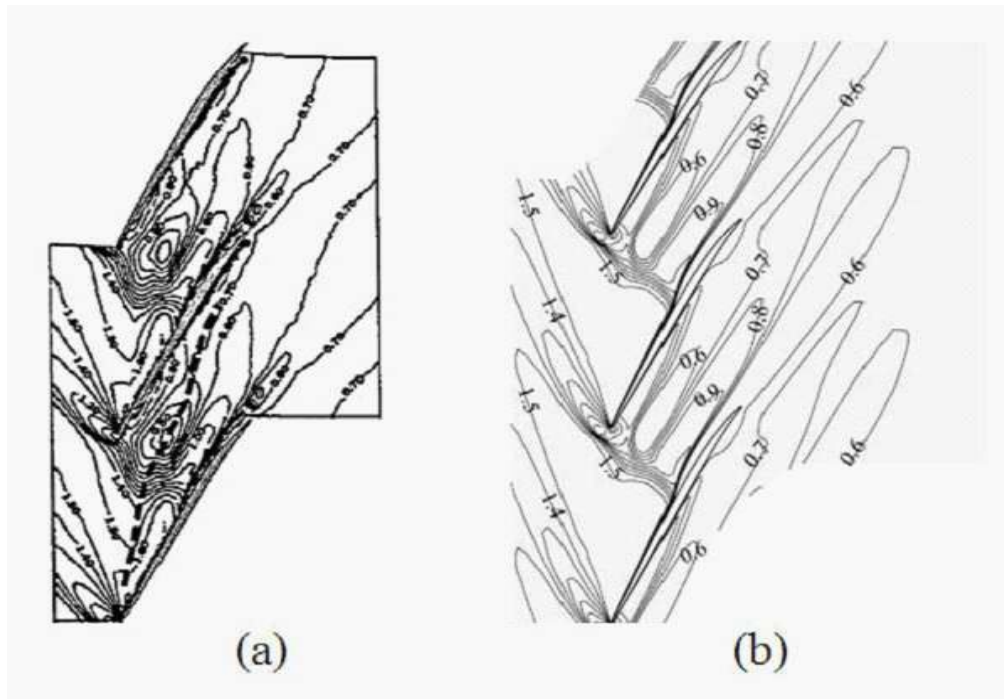
도면6



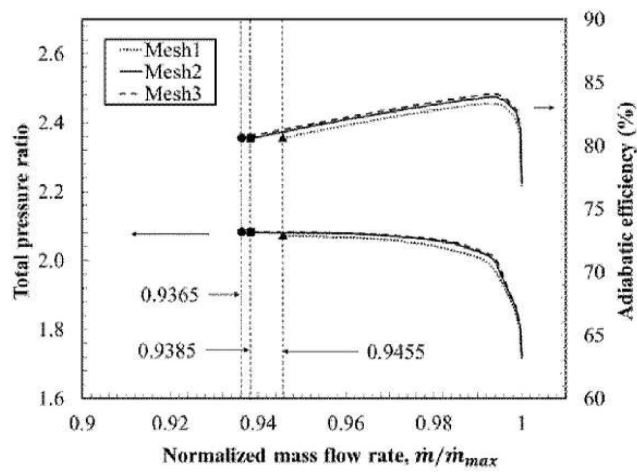
도면7



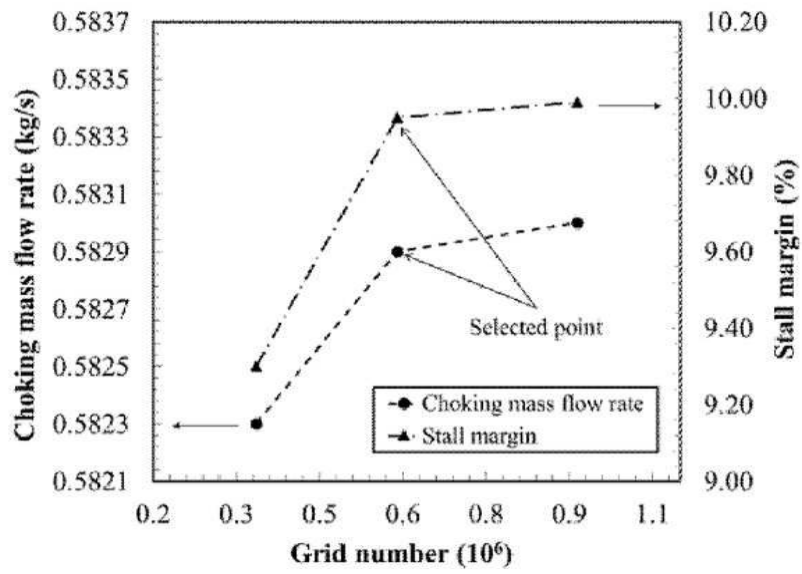
도면8



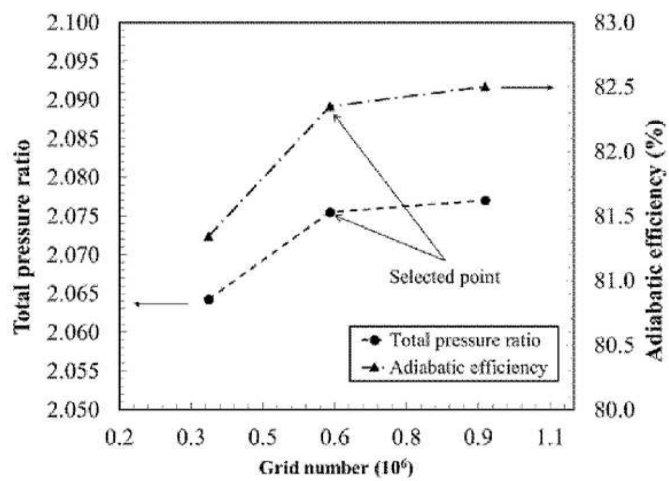
도면9



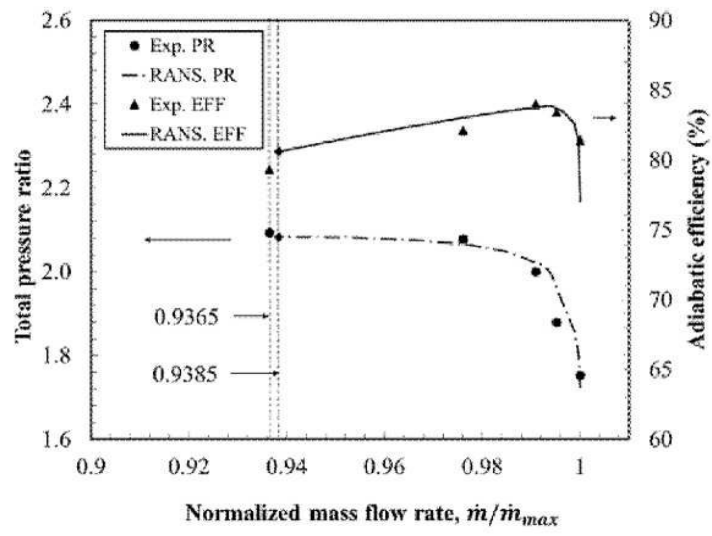
도면10



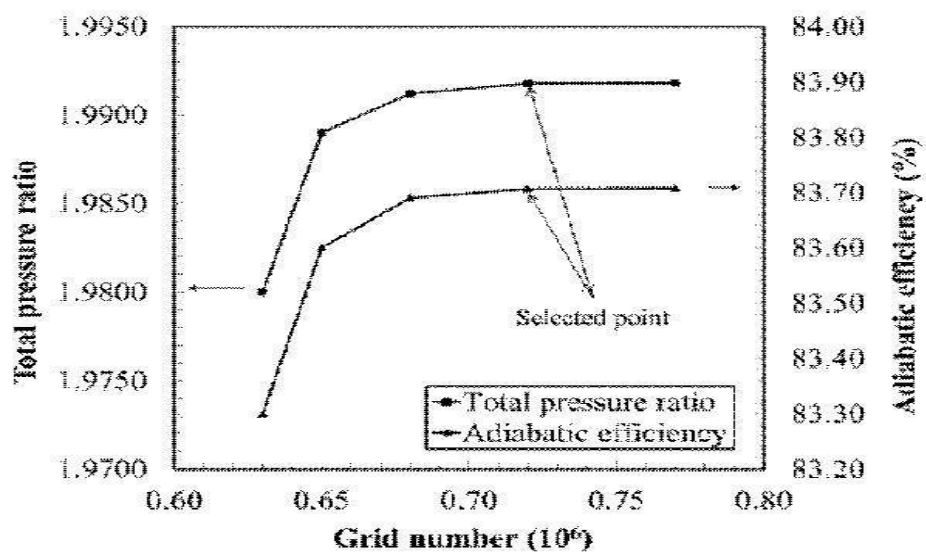
도면11



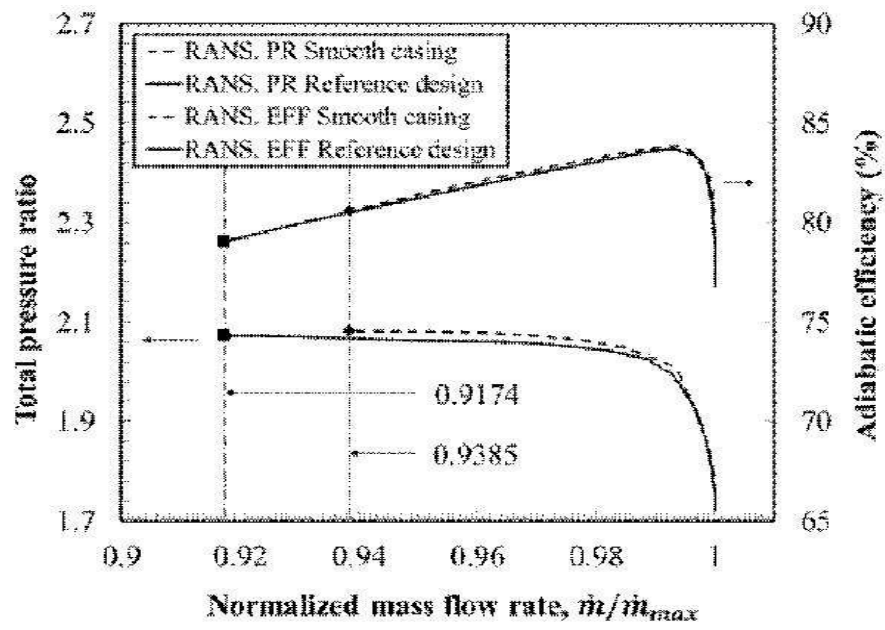
도면12



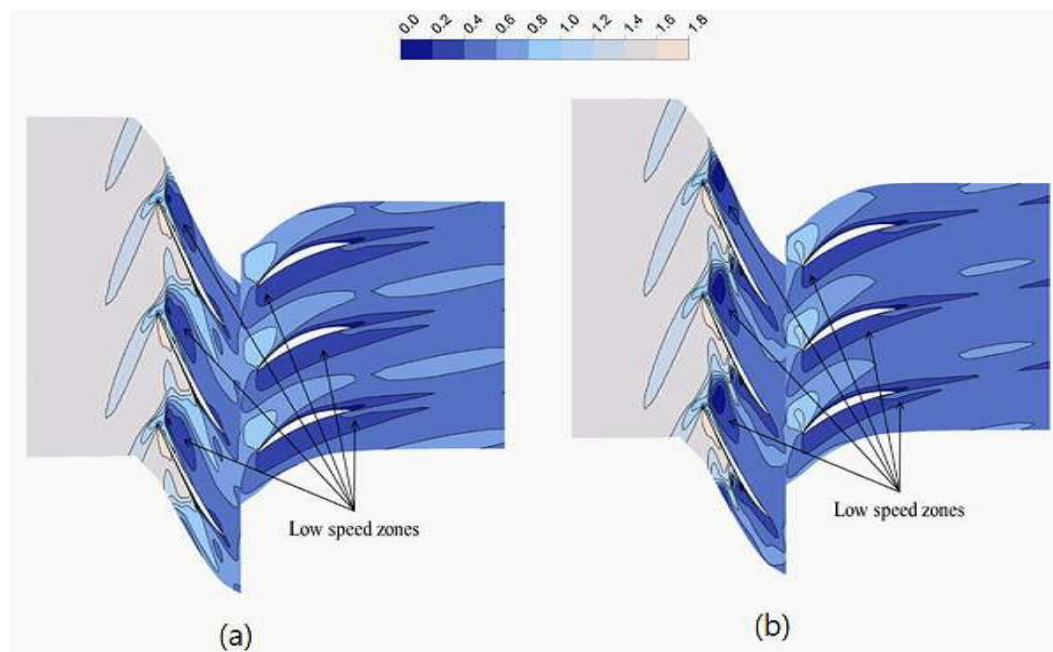
도면13



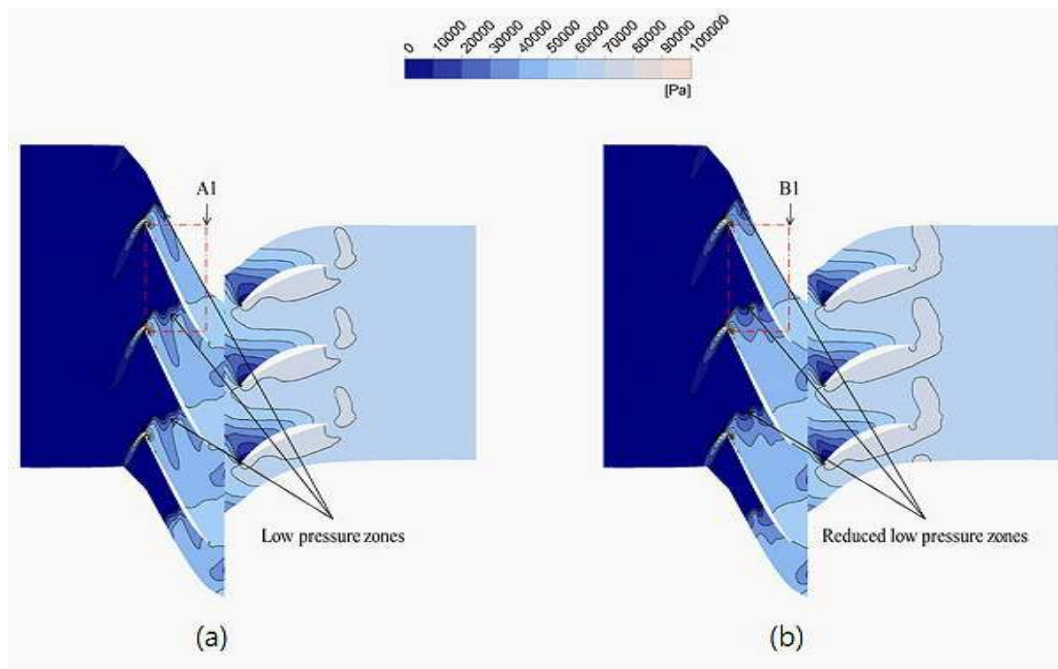
도면14



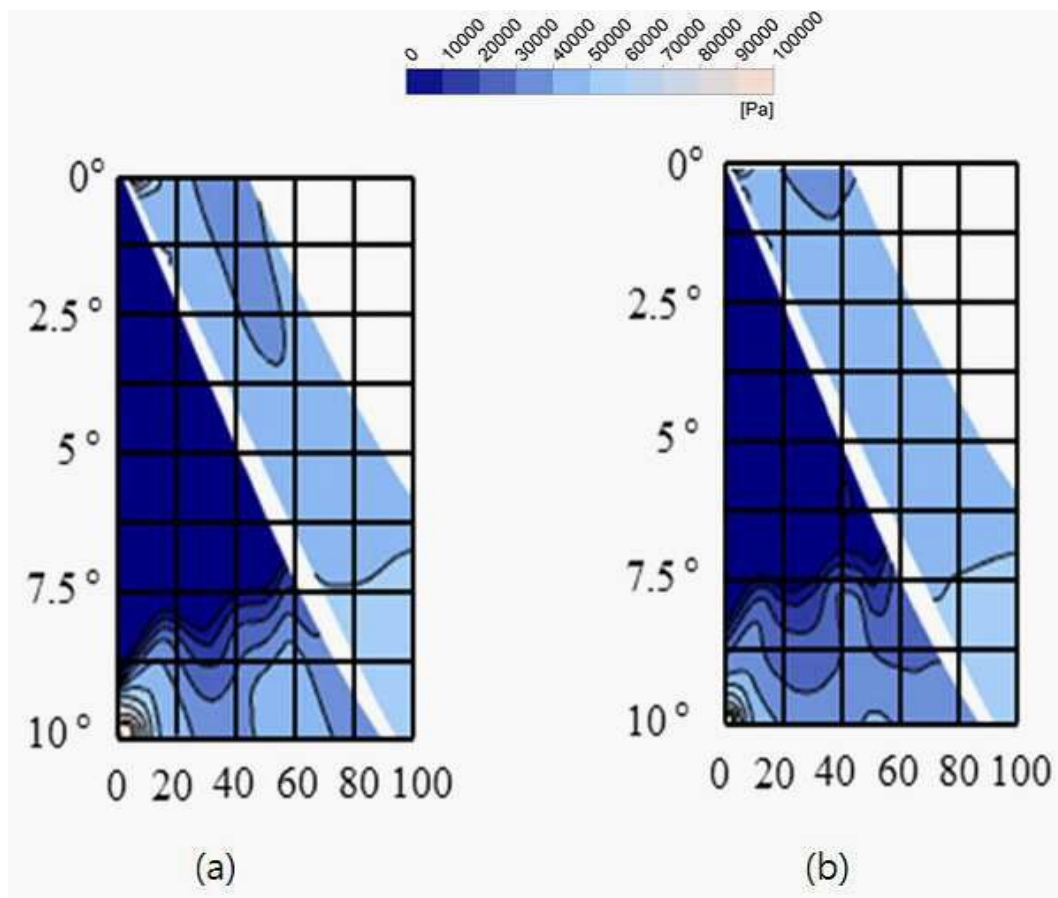
도면15



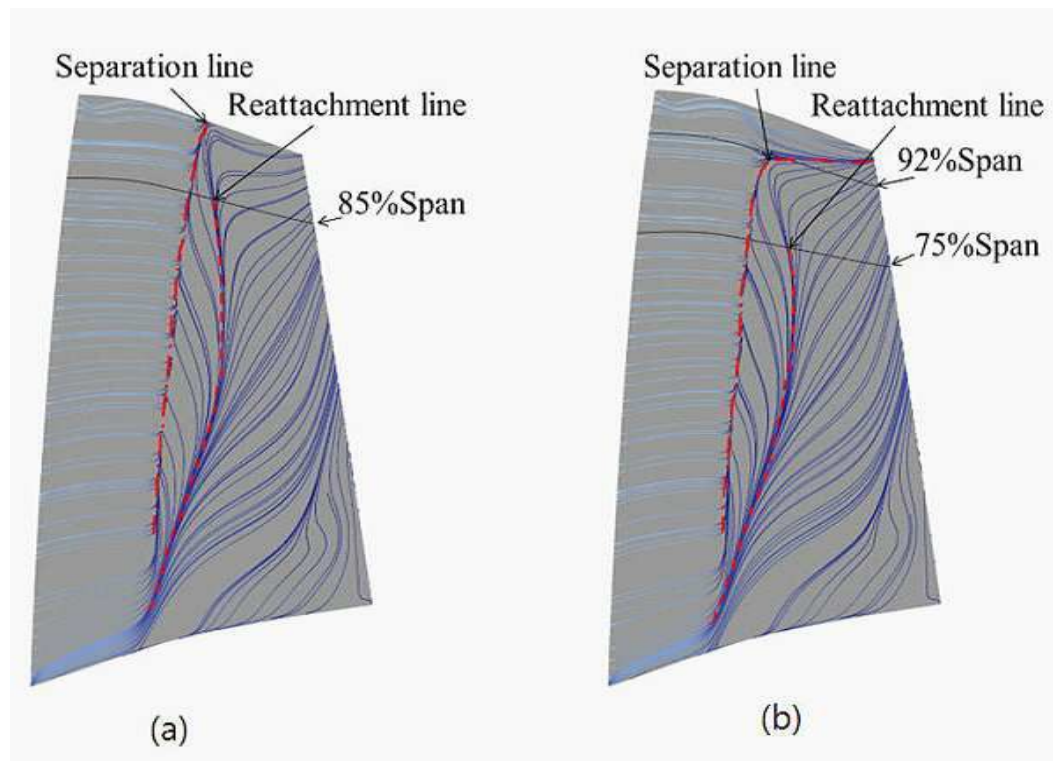
도면16



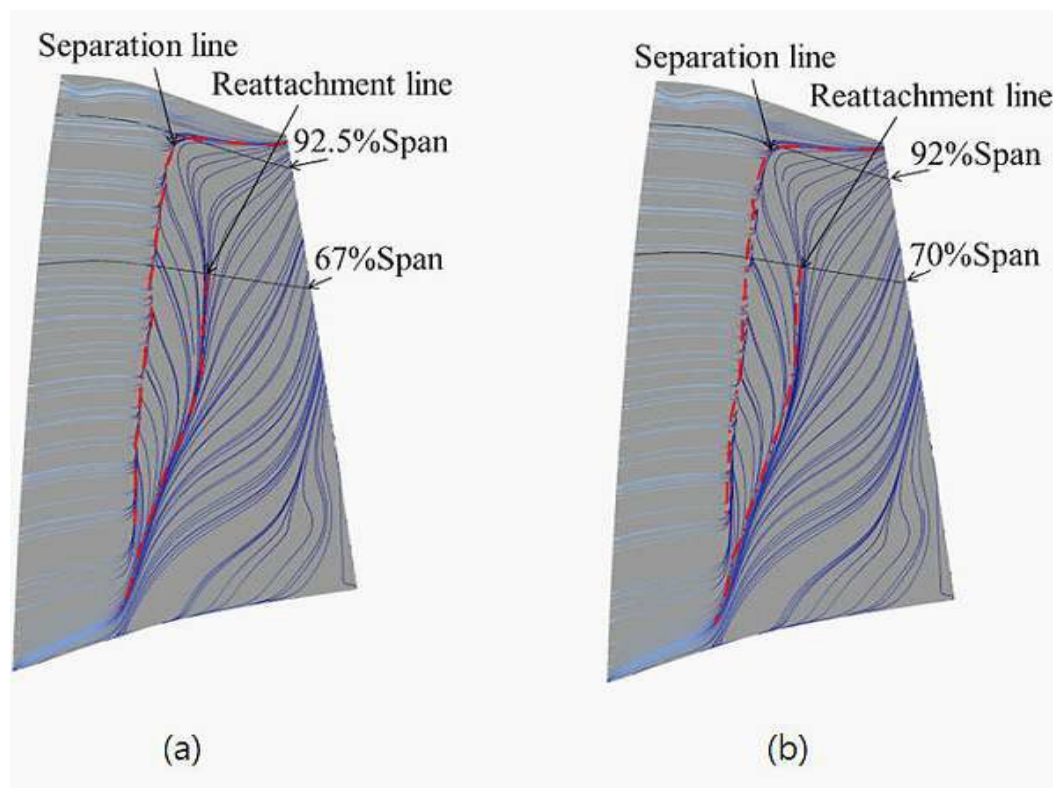
도면17



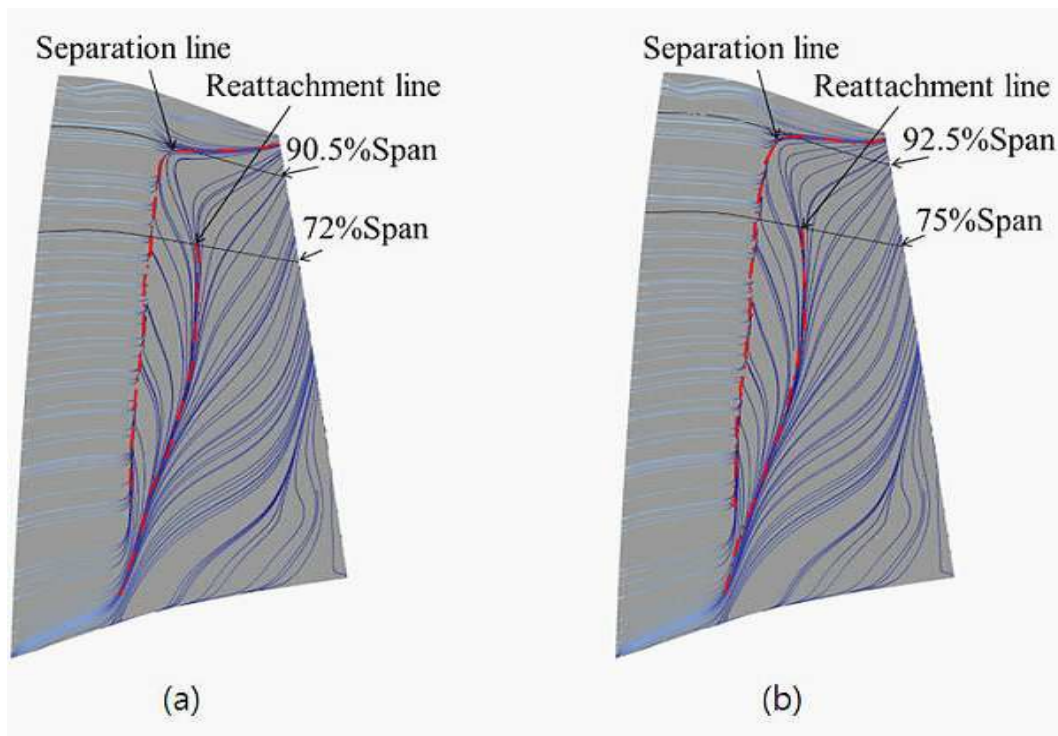
도면18



도면19



도면20



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

제 2 항에 있어서

【변경후】

제 1 항에 있어서