



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월18일
(11) 등록번호 10-1166315
(24) 등록일자 2012년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)
F02C 7/00 (2006.01) *F02C 9/00* (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0034258(분할)
(22) 출원일자 2011년04월13일
심사청구일자 2011년04월15일
(65) 공개번호 10-2011-0058751
(43) 공개일자 2011년06월01일
(62) 원출원 특허 10-2007-0092265
원출원일자 2007년09월11일
심사청구일자 2008년06월20일

(30) 우선권주장
11/519,575 2006년09월11일 미국(US)
11/897,879 2007년08월31일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP20188630 A
JP2000510544 A
JP2002201958 A
JP2001173459 A

전체 청구항 수 : 총 3 항

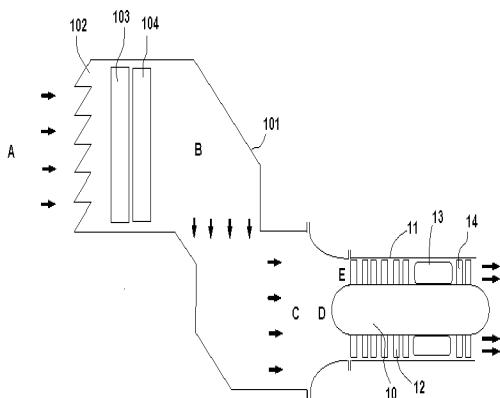
심사관 : 정지덕

(54) 발명의 명칭 터빈 출력을 증강시키기 위한 시스템 및 방법

(57) 요 약

본 발명의 방법 및 시스템은 다양한 모드의 작동에 사용될 수 있는 가스 터빈 엔진의 축 출력을 증강시킨다. 시스템은 가스 터빈 엔진 내로 분무수를 분사하여, 그것에 의해 적어도 하나의 압축기 블레이드로부터 부착물의 제거를 달성할 수 있는 세척 유닛과, 공기 흐름의 질량 유동을 증가시키기 위해 전산 유체 모델의 제어 하에 가스 터빈 또는 가스 터빈 입구의 덕트의 공기 흐름 내에 분무수를 분사할 수 있는 적어도 하나의 물 분사 유닛을 포함함으로써, 가스 터빈의 출력을 증강시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

전력 증강 스프레이에 의해 입구 덕트의 습윤에 의한 부식으로부터 가스 터빈의 입구 덕트를 보호하는 시스템에 있어서,

상기 입구 덕트의 내부 입구 벽을 흐르는 응축된 물을 포획하는 거터;

상기 거터로부터 포획된 응축된 물을 수용하는 입구 드레인;

상기 포획된 응축된 물을 저장하는 입구 드레인 내에 배치된 축적기;

상기 포획된 응축된 물이 도달될 때 활성화되는 상기 축적기 상에 배치된 레벨 센서; 및

상기 레벨 센서에 의해 활성화될 때 상기 포획된 응축된 물을 배출하는 드레인 밸브를 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 터빈의 입구 덕트를 보호하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 시스템은 필터 하우스 벽에 코팅되는 내부식성 보호 방수 코팅 및 내부식성 보호 방수 코팅이 포획되는 내부식성 타일을 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 터빈의 입구 덕트를 보호하는 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 드레인 밸브는 솔레노이드 밸브인 것을 특징으로 하는 가스 터빈의 입구 덕트를 보호하는 시스템.

청구항 4

삭제

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 가스 터빈 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 질량 유동(mass flow)을 증가시키고 그것에 의해 가스 터빈의 출력을 증강시키기 위한 물 전달 장치와 결합하는 고압 압축기 세척을 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 시스템은 미리 정해진 전산 유체 전달 모델을 사용하여 제어된다.

배경 기술

[0002] 전력을 발생시키는 것은 가스 터빈이 많은 양의 공기를 소비하는 것을 요구한다. 가스 터빈은 주변 공기 조건에 그 성능이 강하게 의존한다. 온도, 압력 및 수분 함량과 같은 주변 공기 조건은 공기를 압축하는 가스 터빈 압축기의 성능에 영향을 미치며 그것에 의해 터빈의 성능에 영향을 미친다. 즉, 가스 터빈 전력은 터빈 부분을 구동하기 위해 연료와 협력하여 압축 및 팽창에 이용가능한 전체 질량 유동에 대한 함수이다. 질량 유동은 엔진 출력과 정비례한다. 가스 터빈은 일정한 용적 기계(volume machine)(예를 들어, 고정된 기하학에 따라 작동한다)이며, 따라서 공기 밀도는 전력을 발생시키는 가스 터빈의 성능에서 중요한 역할을 하는 하나의 파라미터이다. 공기 온도와 공기 밀도는 서로 직접 상호관련이 있다. 공기 온도가 증가함에 따라 공기 밀도는 감소하며, 그것에 의해 전반적인 질량 유동의 가능성을 감소시킨다. 질량 유동이 감소함에 따라, 가스 터빈의 출력 또한 감소한다. 가스 터빈의 성능에 강한 영향을 주는 다른 중요한 파라미터는 압력비와 압축 효율(compression efficiency)을 포함한다.

[0003] 질량 유동은 가스 터빈의 흡입 공기에서 수증기 성분을 조작함으로써 제어될 수 있다. 따라서, 공기는 전체 질량 유동이 터빈 설계의 최대치로 회복될 때까지 수증기로 포화된다. 포화는 가스 터빈을 둘러싸는 공기를 단순히 포화시킴으로써 초래된다. 택일적으로, 전체 질량 유동을 증가시키는 더욱 공격적인 접근은 공기를 과

포화시키기 위해 터빈의 압축기 또는 연소기(combustion chamber)에 물을 분사하는 것이다. 과포화는 용해열이 작동 유체(working fluid)를 더욱 가압하고 포화공기 출력 레벨보다 위의 레벨로 터빈의 출력을 증가시키는 것을 허용한다.

[0004] 그러나, 공기의 적절한 포화는 주어진 주기를 통하여 가스터빈에 의해 직면하는 온도의 범위(예를 들어, 24시간 주기 또는 연간 주기 이상에서의 온도 변화) 때문에 문제가 될 수 있다. 이러한 온도 변화의 결과, 포화를 위한 물 요구량은 그에 따라서 변화할 것이다. 주어진 기상 및 엔진 로드 하에서, 대응하는 물의 양은 포화 또는 과포화에 도달하는 것이 필요하다. 따라서, 습도 감지 및 펌프 장치가 적절한 레벨의 포화 또는 과포화를 위해 적절한 공급량의 물을 제공하는데 사용된다. 너무 많은 물을 사용하는 것은 잉여분사(overspray)를 초래하며, 그곳에서 공기는 파잉 수분을 흡수/수용할 수 없다. 파잉 수분은 가스 터빈의 공기 덕트를 부식 및/또는 플러딩(flooding) 시킴으로써 작동에 해로울 수 있다. 반대로, 너무 적은 수분은 공기를 포화시키지 않을 것이고 전체 질량 유동 증가 효과가 달성되지 않을 것이다

[0005] 다른 쟁점은 가스 터빈의 효율성과 그에 따른 출력에 영향을 줄 수 있는 터빈, 특히 압축기에서 부착물(fouling) 및 외부 입자(foreign particle)의 축적이다. 가스 터빈과 같은 기계는 많은 양의 공기를 소모한다. 공기는 통상적으로 압축기에 유입되거나 압축기의 가스통로에 부착되는 에어로졸(aerosol) 및 작은 입자 형태의 외부 입자를 포함한다. 압축기의 부착물은 퇴적물이 구성요소 표면 거칠기를 증가시키기 때문에 가스 경로 구성요소들의 경계층 공기 흐름을 변화시킨다. 공기가 구성요소에 걸쳐 유동함에 따라, 표면 거칠기의 증가는 경계층 공기 흐름의 두꺼워짐(thickening)을 초래한다. 경계층 공기 흐름의 두꺼워짐은 압축기의 공기 역학에 부정적인 영향을 미친다. 블레이드의 뒷전(trailing edge)에서, 공기 흐름은 웨이크(wake)를 형성한다. 웨이크는 공기 흐름에 부정적 영향을 주는 와류 형식의 난류이다. 경계층이 두꺼워짐에 따라 항적 난기류(wake turbulence)는 더 강해진다. 두꺼워진 경계층과 함께 항적 난기류는 엔진을 통한 질량 유동의 감소 결과를 초래한다. 두꺼운 경계층과 강한 항적 난기류는 감소된 압축기의 압력이득을 초래하고, 차례로, 감소된 압력비에서 엔진이 작동하게 한다. 감소된 압력비는 엔진의 더 낮은 효율을 초래한다. 더욱이, 압축기의 부착물은 압축기의 등엔트로피(isentropic) 및 폴리트로픽(polytrophic) 효율을 감소시킨다. 감소된 압축기 효율은 압축기가 동일한 양의 공기를 압축하는데 더 많은 전력을 요구하는 것을 의미한다. 그 결과 압축기를 구동하는데 요구되는 전력은 증가하며, 로드를 구동하는데 이용 가능한 더 적은 파잉 전력을 초래한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 가스 터빈을 세척(washing)하는 것은 부착물을 방지하며, 엔진이 중지되거나 작동하는 동안 언제든지 시행될 수 있다. 전자의 경우에 엔진 축은 세척수(washing water)가 압축기에 분사되는 동안 시동모터(starter motor)를 사용하여 크랭크될 수 있다. 부착물은 화학 작용 및 크랭크하는 동안 기계적 움직임에 의해 감소된다. 물 및 감소된 부착물은 공기 흐름에 의해 엔진의 배출 단부(exhaust end)에 전달된다. 이 과정을 "크랭크" 세척 또는 "오프-라인" 세척이라 부른다. 오프-라인 세척의 대안은 엔진이 작동하는 동안 세척되는 "온-라인" 세척이다. "온-라인" 또는 "파이어드(fired)" 세척은 엔진이 연료를 연소할 때 발생한다. 세척수는 로터가 고속으로 회전하는 동안 압축기에 분사된다. 고속 로터 및 물의 짧은 정체시간(retention time) 때문에 이러한 세척은 크랭크 세척만큼 효율적이지 않으나 작동하는 동안 세척을 허용한다.

[0007] 가스 터빈의 전력을 증강시키기 위한 시도는 기계의 온도, 변위, 압력 및 하중 레벨을 측정하기 위해 전체 터빈의 값 비싼 기계화를 이용해왔다. 그러나, 이러한 값 비싼 기계화에 의존하는 전력 증강은 비용, 사용의 복잡성 때문에 문제가 되며 기계화의 불일치 또는 실패로부터 초래되는 작동 오류가 발생할 잠재성 및 가능성성이 있었다. 가스 터빈의 전력을 증강시키기 위한 복잡하고 값 비싼 기계화에 의존하는 것을 제거하는 것은 바람직하다.

[0008] 따라서, 시스템이 전산 유체 역학 전달 모델을 사용하여 제어되는 넓은 범위의 작동 조건에 걸친, 제한 없는 정지 가스 터빈 엔진을 포함하는 가스 터빈의 출력 증강을 위한 방법 및 장치가 해당 산업에 필요하다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 가스 터빈으로부터 출력을 증강시키기 위한 전형적인 시스템은,

[0010] (a) 가변 주파수 제어를 갖거나 갖지 않으며, 용적식 펌프(positive displacement pump)에 적합한 펌프 유닛;

- [0011] (b) 시작시 파워 서지(power surge)를 피하기 위해 미리-충진 분사 어레이(pre-fill injection array)인 펌프 유닛에 연결되고, 제어 모델을 형성하기 위해 적어도 하나의 정의된 파라미터에 기초한 미리 정해진 결합된 싸이클 테크 및 전산 유체 분석에 따라 펌프 유닛의 작동을 조절하는 제어 유닛;
- [0012] (c) 적어도 하나의 노즐, 및 상기 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 유동율을 제어하기 위한 적어도 하나의 밸브를 포함하고, 상기 펌프 유닛에 연결된 세척유닛;
- [0013] (d) 적어도 하나의 노즐, 및 상기 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 유동율을 제어하기 위한 적어도 하나의 밸브를 포함하고, 상기 펌프 유닛에 연결된 적어도 하나의 물 분사 유닛;
- [0014] (e) 적어도 하나의 정의된 파라미터의 적어도 하나를 나타내고, 상기 제어 유닛에 연결된 기상 감지 유닛;
- [0015] (f) 적어도 하나의 완전 포획 노즐(fully captivated nozzle)과 노즐 지지 구조를 포함하는 어레이(array);
- [0016] (g) 연무 응축물(fogging condensate)과의 접촉에 의한 부식성 입구 덕트를 보호하기 위한 입구 덕트 트리트먼트 디자인(inlet duct treatment design)을 포함한다.
- [0017] 작동 방법 및 구조 모두에 대한 그 목적 및 장점과 함께 개시된 다양한 측면을 특정짓는 특징은 첨부하는 도면과 결합하여 사용된 이하의 상세한 설명으로부터 더 명백해질 것이다. 도면은 예시 및 설명을 위한 목적이며 범위의 제한을 의도하지 않은 것으로 이해되어야 한다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 터빈 출력 증강을 위한 시스템 및 방법은 전산 유체 역학 전달 모델을 사용하여 제어되는 넓은 범위의 작동 조건에 걸친, 제한 없는 정지 가스 터빈 엔진을 포함하는 가스 터빈의 출력 증강을 위한 방법 및 장치를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 가스 터빈의 대표적인 공기 입구의 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 2는 일 실시예와 일치하는 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 3은 일 실시예와 일치하는 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 4는 일 실시예와 일치하는 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 5는 일 실시예와 일치하는 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 6은 일 실시예와 일치하는 전형적인 라인 다이어그램을 도시한다.
 도 7은 일 실시예와 일치하는 전형적인 다이어그램을 도시한다.
 도 8은 일 실시예와 일치하는 전형적인 라인 다이어그램을 도시한다.
 도 9, 9a, 9b 및 9c는 분사 어레이, 노즐의 포획과 구조의 전형적인 다이어그램을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 상세한 설명에서, 참조부호는 첨부하는 도면으로 나타낼 것이다.
 [0021] 가스 터빈은 발전기, 가스 압축기 및 다른 기계 구동 어플리케이션과 같은 다양한 쓰임새가 있다. 여기에 나타난 다양한 측면은 어떠한 유형의 가스 터빈에 이용될 수 있지만, 편의를 위해서 발전소 서비스(power station service)에서의 가스터빈에 대해 기술되었다. 이 분야의 적절한 터빈의 적용을 위한 필요한 조정이 이 분야의 당업자에게 쉽게 이해된다.
 [0022] 도 1은 가스 터빈 공기부 입구의 대표 구조를 도시한다. 화살표는 공기 흐름의 방향을 묘사한다. 주변 공기는 노천 루버(weather louver; 102), 트래쉬 스크린(trash screen; 103) 및 공기 필터(104)를 통하여 덕트(101)로 들어가고 가스 터빈(10)의 입구로 들어간다. 가스 터빈(10)은 블레이드를 가진 로터 및 외부 케이싱(casing; 11)을 포함한다. 축의 전면 단부에서, 압축기 블레이드(12)는, 예를 들어, 공기의 통상적인 압력보다 10배 내지 30배 이상의 고압으로 공기를 압축한다. 압축 공기는 연소기(13)로 전달된다. 연료(미도시)는 연소기(13)에서 점화된다. 고온의 연소 가스는 터빈(14)을 통하여 확장하며 배출 덕트(미도시)를 통하여 플랜트를 빠져나간다. 터빈 출력은 압축기의 전력 요구량보다 크며, 전력이 축에 이용되도록 한다. 과잉 전력은

발전기, 펌프, 압축기, 프로펠러등과 같은 하중의 구동에 사용된다.

[0023]

노천 루버, 트래쉬 스크린 및 필터를 지난 주변 공기(A)의 흐름은 전형적으로 약 10m/s에서 약 20m/s 범위의 속도, 더욱 전형적으로는 약 10m/s의 속도를 갖는다. 공기는 전제적으로 그 속도를 유지하면서 구역(B)에서 구역(C)으로 이동한다. 공기는 가스 터빈의 입구 플레늄(plenum) 부분인 구역(D)으로 들어간다. 입구 플레늄(19)은 공기의 가속을 위한 본 실시예에서 벨 마우스(bell mouth) 형상이다. 입구 플레늄(19)은 벨 마우스 형상에 한정되지 않고 다른 형상도 채용될 수 있다. 스트럿(struts; 미도시)은 압축기 입구면(E)과 압축기 블레이드(12) 전에 입구 플레늄(19)을 따라 배치될 수 있다. 압축기 입구면(E)에서, 공기 속도는 약 0.4 mach에서 0.6 mach의 범위이며, 더욱 통상적으로는 음속의 약 절반 또는 180m/s의 속도를 가진다. 공기는 압축 작업을 수행하는 압축기에 의해 요구되는 빠른 속도를 얻기 위해 가속된다. 통상적인 공기 압축비는 약 9:1에서 약 25:1의 범위이다. 압축기 내부에서는, 공기의 속도는 압축기로부터 초래되는 더 높은 밀도에 따라 감소한다. 그 후, 압축 공기는 연소기로 전달된다. 비록 다른 속도는 원하는 대로 제공될 수 있지만, 연소기 챔버 내를 통과할 때의 속도는 통상적으로 100m/s 보다 작다.

[0024]

개시된 것은 다양한 모드의 작동에 사용될 수 있는 가스 터빈 세척 및 가스 터빈 엔진의 축 출력을 증강하기 위한 방법 및 시스템이다. 가스 터빈 엔진의 전력은 공기 밀도 및 질량 유동을 제어하기 위해 기계 내에 액체를 분사하고 그에 따른 공기 양을 증가시킴으로써 전체적으로 증강된다. 액체는 통상적으로는 물이지만, 액체의 어느점을 낮추는 알콜 또는 부동액이 보충될 수 있다. 공기 질량 유동을 증가시키는 것에 더하여, 물은 감소된 방출과 같은 환경적 이익을 제공한다. 터빈의 질량 유동 내로 분사되는 물의 양은 프로그램된 제어 모델에 기초한다. 제어 모델은 싸이클 모델과 전산 유체 분석(computational fluid dynamic analysis; CFD)을 사용함으로써 결정된다.

[0025]

보다 상세하게는, 가스 터빈의 세척 및 그것의 출력 증강을 위한 시스템이 개시되어 있다. 도 2를 참조하면, 시스템은 통상적으로, (a) 물의 압력을 증가시키기 위해 용적식 디자인의 속도 펌프와 같은 적어도 하나의 속도 가변 펌프를 포함하는 펌프 유닛(201); (b) 제 1 신호 피드(204)에 의해 펌프 유닛(201)과 연결되어 펌프 유닛(201)의 속도/작동을 제어하고, 주변 기상 조건, 터빈 형상, 공기 운동의 속도장 및 특정 터빈 구성요소의 특성을 포함하는 적어도 하나의 정해진 파라미터에 기초한 제어 모델을 형성하기 위해 미리 정해진 싸이클 템포 및 전산 유체 분석을 채용하는 제어 유닛(202); (c) 피드 라인에 의해 펌프 유닛(201)에 연결되고, 적어도 하나의 노즐, 및 피드 라인에 의해 펌프 유닛에 연결되고 관에 의해 적어도 하나의 노즐에 연결되며 상기 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 유동율을 제어하는 적어도 하나의 밸브를 포함하는 세척 유닛, 상기 세척 유닛의 적어도 하나의 노즐은 적어도 하나의 압축기 블레이드에 부딪쳐 습윤하도록(적시도록) 분무수의 스프레이를 방출하여 적어도 하나의 압축기 블레이드로부터 부착물의 제거를 달성하며, (d) 적어도 하나의 노즐, 및 피드 라인에 의해 펌프 유닛에 연결되고 관에 의해 적어도 하나의 노즐에 연결되며 상기 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 유동율을 제어하도록 채택된 적어도 하나의 밸브를 포함하는 적어도 하나의 물 분사 유닛을 포함하며, 상기 물 분사 유닛의 적어도 하나의 노즐은 터빈 입구 덕트의 공기 흐름 내로 분무수의 스프레이를 분사하여 공기 흐름의 질량 유동을 증가시켜 가스 터빈의 출력을 증강시킨다.

[0026]

실시예는 또한 (e) 신호(205)에 의해 제어 유닛(202)에 연결된 기상 감지 유닛(weather monitoring unit; 203)(도 2)을 포함하며, 가스 터빈의 성능에 영향을 주는 주변 조건은 싸이클 템포(cycle deck model)과 입구 공기 포화의 목표 레벨에 도달하기 위해 적절한 물의 양을 계획하는 기초를 확립하기 위한 전산 유체 분석용으로 개발된 모델로부터 제어 유닛(202)에 보고되고 측정될 수 있다. 주변 조건은 제한 없이 온도, 습기 및 공기 압력을 포함하는 가스 터빈의 작동에 영향을 줄 수 있는 환경 인자를 포함한다. 일 실시예에서, 각각의 온도, 습도 및 공기 압력이 감지된다. 기상 감지 유닛(상세하게 도시하지 않음; 203)은 하나의 전형적인 실시예에서 건구식 온도계(dry bulb thermometer)와 습도 측정 장치를 포함한다. 다른 실시예에서, 기상 감지 유닛(203)은 건구식 온도계와 습구식 온도계를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 기상 감지 유닛(203)은 기압(barometric pressure) 측정 장치를 포함할 것이다. 또 다른 실시예에서, 주변 압력 측정을 위해 기상 감지 유닛은 다른 구성요소 및/또는 주변 기상 조건을 감지하거나 및/또는 측정하기 위해 그 분야에서 널리 알려진 구성요소의 조합을 포함할 것이다. 기상 정보는 제어 유닛(202)에 의해 처리되며, 제어 유닛(202)은 허용 가능한 증발수의 양, 냉각 위험 등과 같은 핵심적인 작동 정보를 작동자에게 전달한다.

[0027]

펌프 유닛(201)은 단일 펌프(만약 펌프 유닛(201)이 유용하게 설계될 수 있다면), 하나의 속도 가변 펌프(속도는 주파수에 의해 통제되며, 적절한 주파수는 주파수 제어기에 의해 제어된다.) 또는 예를 들어, 각각 다른 질량 용량(flow capacity)을 가지고 통상적으로 특정 실시예에서 5개의 펌프인 다수의 병렬 펌프를 포함할 수 있다. 다른 조합으로, 하나, 둘 또는 그 이상의 펌프를 가동함으로써 매우 큰 범위의 펌프 용량이 달성된다.

펌프는 또한 루프 제어(looped control)를 위해 제어 유닛(202)의 유동을 나타내기 위해 전달 장치(transmitter)를 가진 용적식 디자인(positive displacement design)일 수 있다.

[0028] 도 2는 저 압력을 사용하여 전력 증강 어레이를 미리 충전(prefilling)하기 위한 펌프와 전력 증강을 위해 계획된 물 분사의 전달을 위해 고압으로 물을 펌프질하는 펌프를 포함하는 펌프 유닛(201)을 도시한다. 저 압력 미리-충전 펌프(pre-fill pump)는 물을 가진 전체적인 증가 용존 고형 물질(augmentation solid)이 전력 증강 시점에 일정한 물을 공급하는데 사용되며, 그것에 의해 전력 서징(power surging)을 피한다. 펌프 유닛으로부터 흘러나오는 가압수는 피드 라인(a.k.a. 파이프 헤더(pipe header))에 공급된다. 파이프 헤더는 증발 냉각 시스템, 세척 시스템, 압축기 내부 냉각 시스템 및 연소기 화염 냉각 시스템과 같은 다른 사용자에게 고압력 물의 분배기처럼 작동한다. 펌프 유닛은 주파수가 펌프 속도를 제어하는 전기 AC 모터에 의해 제어되는 주파수에 의해 구동되는 용적식 펌프를 포함할 수 있다. 택일적으로, 펌프 유닛은 모터 전류가 펌프 속도를 지배하는 DC 모터와 같은 모터를 포함할 수 있다. 다른 적절한 펌프 유닛은 이 분야의 당업자에게 잘 알려져 있다. 비록 다른 값들 또한 원하는 곳에서 제공되는 것으로 이해될 수 있지만, 특정 실시예에서, 펌프는 물의 압력을 최대로 약 80bar, 통상적으로는 35bar, 더욱 통상적으로는 70bar 까지 상승시킨다. 펌프의 최대 용량은 예정된 가스 터빈의 공기 흐름과 관련하여 할당되며, 여기서 물 유동은 노미네이터(nominator)이고 공기 흐름은 디노미네이터(denominator)이다. 특정 실시예에서, 물은 liter/minute, 공기 흐름은 kg/seconds로 표현될 때, 비율은 일반적으로 약 0.3에서 약 0.5 범위이다. 다른 실시예에서, 비율 범위는 다르다.

[0029] 게다가, 정화 목적을 위해, 가열된 물(예를 들어, 압축기 정화를 위한)과 화학물질(예를 들어, 정화 세제 또는 작동 기간의 완료시 압축기 부식 억제제(inhibitor)로 사용하기 위한)을 사용하는 것이 유익할 수 있다. 그러므로, 펌프 유닛(201)은 물에 화학물질을 분사하기 위해 화학물질 분사 유닛, 뿐만 아니라 탱크와 히터(예를 들어, 가열된 물을 제공하기 위한)를 더 포함할 수 있다.

[0030] 폐수가 정화 및/또는 전력을 증강하는 동안 가스 터빈 엔진으로부터 흘러나오기 때문에, 펌프 유닛(201)은 관(209)에 의해 물 저장 유닛과 물 처리 유닛(206; 예를 들어, 물을 정화하는 능력을 갖는)에 연결될 수 있다. 물 처리 유닛(206)은 입자 분리 필터와 비-이온화 필터(de-ionization filter)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 폐수는 스택(stack)을 통하여 수증기의 형태일 수 있으며, 오프-라인 세척의 경우에 세척수가 가스 터빈의 엔진 압축기 방출 드레인(discharge drain)으로부터 범람하는 곳에서 응축된 형태로 생성될 수 있다. 이러한 폐수는 가스 터빈 엔진 자체로부터 유래되는 오일, 지방 및 금속 이온, 뿐만 아니라 어떠한 노출된 부착물을 포함한다. 이러한 물은 일반적으로 위험하며, 바람직하게는 저장되고 정화되거나 제어 드레인(drain)으로 제거되어야 한다. 증발 스프레이 냉각이 실행될 때 물 또한 입구 공기 덕트에 나타날 수 있다. 이러한 물은 물 저장 유닛에 의해 저장 또는 물 처리 유닛(206)에서 정화될 수 있다. 택일적으로, 물 처리 유닛(206)은 관(207)을 통하여 공급되는 물 공급원(도시하지 않음)으로부터 원수(raw water)를 또한 처리할 수 있다. 정화수는 관(209)을 통하여 펌프 유닛(201)으로 공급된다. 정화된 폐수는 세척을 위해 재활용 및 재사용될 수 있으며, 그것에 의해 물 방출 없이 폐수 시스템을 제공한다. 더욱이, 재사용된 물은 전체 물소비를 줄인다.

[0031] 특정 실시예에서, 물이 총 용존 고형 물질의 범위가 특정 실시예에서 약 1ppm - 5ppm의 범위를 가지는 가스 터빈의 공기 덩어리 경로(air mass path) 내로 분사하는데 적합하도록, 물 처리 유닛(206)은 물을 비-광물수질(de-mineralized)로 정화한다.

[0032] 펌프 유닛(201)은 제어 유닛(202)에 의해 제어된다. 제어 유닛(202)은 예를 들어, 펌프 유닛(201)에 의한 패널 또는 제어 룸으로부터 제어될 수 있다. 제어 유닛(202)은 신호 피드(204)를 통하여 펌프 유닛(201)의 작동을 가능하게 하는 프로그램 제어 뿐만 아니라 수동 제어를 포함한다. 제어 유닛(202)은 저장 수단(218)을 포함한다. 저장 수단(218)은 랜덤 액세스 메모리(RAM) 및/또는 판독 전용 기억장치(ROM)와 같은 불휘발성 기억장치를 포함할 수 있다. 이 분야의 당업자는 저장수단이 제한 없이 고체 소자, 자기 소자, 광 소자 및 조합장치를 포함하는 데이터의 일시 및/또는 영구 저장을 위한 다양한 유형의 물리적 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 저장 수단은 DRAM, PROMS, EPROMS, EEPROMS, 플래쉬 메모리, 및 유사한 것과 같은 하나 이상의 물리적 장치를 사용하여 이행될 수 있다. 저장 수단(218)은 예를 들어, 제어 모델을 형성하기 위해 전산 유체 제어 전달 계획과 싸이클 데크에 의해 정의된 물 분사 계획을 이행하고 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물 유동율을 차례로 제어하기 위한 벨브의 개구부 각도를 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터 장치에 실행될 때 실시예와 일치하는 방법을 실행하기 위한 소프트웨어 코드 부분을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품을 더 포함할 수 있다. 그 뿐만 아니라, 제어 유닛(202)은 전달되는 실제 유동과 비교하여 계획된 유동을 감지할 수 있다. 결국, 실제 유동이 기대 수준 이하인 경우에는, 차단된 노즐 경고가 작동자에게 제공될 것이다. 실제 유동이 계획된 유동보다 클 경우에는 누수 체크 경고가 작동자에게 제공될 것이다.

- [0033] 전력 증강 시스템이 작동되면 미리-충진 펌프가 물로 증강 분사 노즐 어레이를 채우기 위해 제어 유닛(202)에 의해 활성화될 것이다. 이 단계는 전력 단계의 불연속을 피하기 위해 행해진다.
- [0034] 그 뿐만 아니라, 파이프 헤더(20)와 모든 관(예를 들어, 28, 29, 215)은 유압식 고압 플렉스 호스(flex hose)를 포함할 수 있고, 따라서 설치가 간편해진다. 택일적으로, 고정 파이프가 설치된다. 밸브(예를 들어, 24, 27, 210 및 216)는 제어 룸 또는 다른 멀리 떨어진 위치로부터 개방 또는 폐쇄될 수 있다. 택일적으로 밸브는 수동으로 개방 또는 폐쇄된다.
- [0035] 제어 유닛(202)은 또한 전산 유체 전달 분석(CFD)를 실행하는데 사용될 수 있다. CFD는 공기가 완전히 포화하거나 과포화하기 위해 가스 터빈 엔진 내로 분사되도록 요구되는 물의 양을 예측 가능하게 한다(예를 들어, 모델의 공식화). CFD는 실시예와 일치하여 시스템을 나타내는 전산 모델(computational model)을 제공한다. 연속적으로, 시스템을 통한 유체 유동의 역학은 주변 환경 조건과 가스 터빈에 관련된 특정 파라미터(예를 들어, 터빈 기하학 및 공기 흐름의 속도장)와 터빈의 하중-제한 설계 측면(예를 들어, 압축기 블레이드, 엔진 케이싱, 연소기 구성요소 및 고온 가스 경로 작동 요소)을 포함하고, 다만 이에 의해 제한되지 않는 하나 이상의 정의된 파라미터에 비추어 분석되거나 예측될 수 있다. CFD는 물 분사의 레벨을 조정하기 위한 프로그램된 로직 제어기(programmed logic controller; PLC)에 의해 해석되고 실행되는 제어 모델을 제공한다. 실시예에 따라 수동 또는 다양한 센서에 및/또는 기상 감지 유닛에 의한 자동 어느 쪽에 의하든지 정의된 파라미터와 경계는 시스템 내로 입력될 수 있다. CFD는 시뮬레이트된 유체 유동과 터빈을 통하여 공기 덩어리 유동에 대응하는 예측된 가스 터빈 성능 레벨을 제공한다. 발생된 모델의 결과, 실시예는 가스 터빈의 출력이 최적화되도록 연속 기반 또는 간헐적 기반에서 분사되는 물의 레벨을 조절할 수 있다. 전형적인 일 실시예에서, 기본 CFD 단계는, 가스 터빈의 기하학을 정의하는 단계; 체적이 개별 셀로 구획되는(전체 셀은 망을 형성하는 곳) 곳에서 유체(예를 들어, 수증기)에 의해 점유되는 체적을 결정하는 단계; 이용된 유체의 특정 성질과 같은 경계 조건을 정의하는 단계(예를 들어, 정의된 경계에 대해서 실질적으로 일정한 변화를 경험하는 그러한 공정을 위해, 초기 조건이 일반적으로 정의된다.); 예측된 결과를 계산하기 위해 알고리즘과 방정식을 사용하는 단계(예를 들어, 컴퓨터 소프트웨어 또는 디지털 컴퓨터 장치상에 적재 가능한 컴퓨터 적재 가능 제품); 모델을 형성하기 위해 예측된 결과를 해석하는 단계를 포함한다.
- [0036] 통상적으로, 완전 포화를 위해, 비록 다른 크기의 물방울이 원하는 곳에서 이용될 수 있지만, 가스 터빈 입구 내로의 분사는 10미크론에서 50미크론의 크기 범위를 갖는 물방울을 갖는 미세하게 분리된 스프레이의 형태이다. 공기가 포화할 때, CFD 기반의 모델은 가스 터빈의 출력을 보존하기 위해 가스 터빈 내로의 입력되는 공기 덩어리 흐름을 정의한다.
- [0037] 택일적으로, 실시예는 공기의 과포화를 제공할 수 있으며, 그것에 의해 더 많은 공기 덩어리(air mass)가 완전 포화된다. 이러한 실시예에서, 부가적인 전산 유체 모델은 질량 유동의 과포화에 의해 생성되는 기계의 특정 하중 뿐만 아니라 물이 분사되는 가스 터빈 엔진의 위치를 고려하는 것이 바람직하다. 분사 포인트는 제한 없이, 예를 들어, 중발 냉각, 압축 내부 냉각, 연소기 화염 냉각 또는 엔진 세척과 관련된 것을 포함할 수 있다. 공기가 과포화될 때, 공기 질량 유동이 가스 터빈 엔진 설계의 허용 범위 내가 되도록, 가스 터빈 구성요소가 물 분사 레벨의 장소 제한 요소로 정의되는 반면 모델은 가스 터빈 내의 공기 질량 유동 입력을 정의한다. 그 결과, 주변 기상 조건과 가스 터빈 부하 요구는 프로그램된 로직 제어기(programmed logic controller) 내로 입력된다.
- [0038] 프로그램된 로직 제어기는 가스 터빈 엔진을 통하여 질량 공기 흐름(mass air flow)을 조절하는 제어 모델과 일치하게 행동한다. 보다 상세하게는, 프로그램 로직 제어기는 전력 증강에 사용하기 위한 물의 유동 및/또는 특정 압력에서 펌프 유닛(201)을 작동시키거나 각각의 목적에 이용되는 특정 노즐을 조절함으로써 세척을 조절한다. 게다가, 전력 증강을 위해, 적어도 하나의 노즐은 전력 요구와 주변 기상 조건이 일치하도록 CFD 모델과 일치하여 적절한 유동율을 달성하기 위해 활성화되거나 비활성화된다. 따라서, CFD 모델과 프로그램된 로직 제어기는 공기 포화 또는 과포화를 제공한다. 전력 증강이 시작되면, 제어 유닛(202)은 싸이클 모델 예측으로부터 계산된다. 공기 질량 유동에 기초하여 물의 분사 레벨을 계산한다. 그 후, 이러한 공기 흐름은 분사되는 물의 양을 정의하기 위해 목표한 상대적 습기 레벨을 계산하는데 사용된다. 그 후 물 분사율의 수렴이 안정한 유동이 되게 하기 위해 물이 스케줄됨에 따라 상기 계산이 순환된다.
- [0039] 실시예는 제어 룸에 설치될 수 있고 신호 피드(301)에 의해 제어 유닛(202)과 연결될 수 있는 도 3에 도시된 작동 유닛(300)을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어 유닛은 펌프 유닛(201)의 제어 명령과 같이 작동자가 입력 시스템 명령을 허용하도록 키보드(302)를 포함하는 입력 장치를 포함할 수 있다. 디스플레이, 모니터 또는 스크린(304)은 예를 들어 작동 파라미터의 타임 히스토리 또는 펌프의 상태 정보와 같이 펌프 유닛(201)의

작동과 관련된 정보를 나타내는데 사용된다. 따라서, 작동자는 다른 작동 파라미터 뿐만 아니라 펌프의 작동을 감지할 수 있다. 택일적으로, 디스플레이(304)는 예를 들어, 디스플레이 상에 다르게 표시된 인터페이스에서 다른 명령을 나타내도록 스크린에 배열된 많은 소프트-키를 가진 터치 감지 스크린일 수 있다. 작동 유닛(300)은 상기 기술된 것과 같이 저장 수단(미도시)을 더 포함할 수 있다.

[0040] 실시예에 따르면, 세척 유닛과 적어도 분사 유닛은 적어도 하나의 노즐과 적어도 하나의 밸브를 포함한다. 세척 유닛 물 공급 서브-시스템은 휴대 공급원으로부터 비-이온화된 물을 생성할 수 있고 세척 유체 또는 전력 증강에 둘 중 하나에 사용되는 물 저장 탱크에 물을 분배할 수 있다. 예를 들어, 세척 유닛은 약 1ppm~5ppm의 범위를 가진 총 용존 고형 물질을 갖는 물을 제공하는 역 삼투 시스템(osmosis system)을 채용할 수 있다. 세척 유닛과 적어도 하나의 분사 유닛으로서 가스 터빈에 설치되거나 또한 세척 유닛은 적어도 하나의 분사 유닛으로서 기능할 수 있다. 적어도 하나의 노즐(예를 들어, 1~10개의 노즐로부터)은 압축기 및 연소기 내로 물을 뿌리는데 사용된다. 적어도 하나의 노즐은 입구 공기부 내 및 스트럿(strut) 사이에 배치될 수 있다. 이러한 노즐 배치는 벨 마우스 입구 플레넘(19)과 스트럿 벽의 습윤성을 감소시킬 수 있다. 적어도 하나의 노즐은 압축기와 연소기 뿐만 아니라 입구 덕트 구역에 설치될 수 있는 것을 포함하여 적어도 하나의 노즐 개방부가 엔진 내로 향하는 곳인 링 피더(ring feeder)와 결합될 수 있다. 호스(예를 들어, 고압 플렉스 호스)는 물 공급원이 원격 제어될 수 있는 링 피더와 물 컨테이너(예를 들어, 물 컨테이너는 제한 없이 지면-지지 컨테이너 또는 다른 적절한 물 공급원을 포함할 수 있다)와 연결될 수 있다. 택일적으로, 호스는 지면에 위치한 전달 수단(ground-stationed vehicle)과 연결될 수 있으며, 세척 절차는 예를 들어, 지면에 위치한 전달 수단 또는 정지 가스 터빈 플랜트의 제어 룸인 다양한 위치로부터 원격 제어가능하다.

[0041] 통상적으로, 적어도 하나의 노즐은 세척 또는 질량 유동(mass flow)을 증가시키기 위해 가스 터빈을 통하여 및 가스 터빈 내로 양질의 미세하게 분류된 물을 제공한다. 물은 물방울(water droplet)이 질량 유동처럼 동일한 유동 경로를 따르도록 미세하게 분류된다. 세척하는 동안 물방울은 가스 터빈에 부착되는 공중 오염물질에 의한 것과 동일한 유동 경로를 따른다.

[0042] 통상적으로, 전형적인 실시예에서, 비록 세척 유닛은 원하는 곳에서 다른 압력에서 작동할 수 있지만, 세척 유닛은 약 10bar에서 약 80bar, 더욱 통상적으로는 약 50bar에서 약 80bar에서 작동한다. 특정 실시예에 따르면, 물 스프레이 물방울(water spray droplet)은 통상적으로 80~250 μm (평균 질량에 기초)의 직경과 약 40~240 m/s (약 0.2에서 약 240 l/min 의 유동율에서) 범위의 속도를 갖는다. 다른 실시예에서, 물 스프레이 물방울의 직경 및/또는 속도는 원하는 것처럼 다른 값으로 제공될 수 있다. 예를 들어, 세척 유닛의 적어도 하나의 노즐은 약 70bar의 압력에서 약 30초 동안 초당 0.1 리터의 물이 공급될 수 있으며, 상기 물방울은 약 150 μm 의 크기(직경)를 갖는다. 다른 실시예에서 총 용적 물 유동은 다른 범위에서 발생할 수 있는 반면, 특정 실시예에서, 통상적인 총 용적 물 유동은 약 0.2에서 약 240 l/min 범위 내이다. 다양한 노즐이 세척 공정에 이용될 때, 물 용적 유동은 모든 노즐에 함께 적용된다. Asplund의 미국 특허 번호 제5,868,860호에는 가스 터빈 압축기의 세척을 위한 고 압축수의 사용에 대한 예가 개시되어 있으며, 이는 그 전체가 참조로써 여기에 반영된다.

[0043] 전형적인 실시예에서, 통상적으로 적어도 하나의 분사 유닛은 약 50bar에서 약 160bar, 더욱 통상적으로는 약 80bar에서 약 140 bar에서 작동한다. 물 스프레이 물방울은 전형적으로 약 10 미만에서 약 20 μm 의 직경, 보다 전형적으로는 약 10 미만에서 약 15 μm 의 직경을 가지며, 입자 속도는 약 20 m/s 에서 약 80 m/s 의 범위를 갖는다. 예를 들어 적어도 하나의 분사 유닛의 적어도 하나의 노즐은 약 120 bar의 압력에서 약 6시간 동안 초당 0.1 리터의 물을 공급할 수 있으며, 상기 물방울은 약 10 μm 의 크기(직경)를 갖는다. 통상적으로 전체 용적 물 유동은 약 4 l/min 의 범위 이내이다. 다양한 노즐이 분사 공정에 이용될 때, 물 용적 유동은 모든 노즐에 함께 적용한다.

[0044] 미세하게 분할된 물의 스프레이(spraying) 또는 분사는 질량 유동을 증가시키는데 사용되는 방법을 나타낸다. 도 2는 도 1에 기술된 가스 터빈의 공기 입구를 도시한다. 도 2는 증발 냉각 시스템, 세척 시스템, 압축기 내부 냉각 시스템 및 압축기 화염 냉각의 어플리케이션을 도시한다. 증발 냉각 시스템은 물이 증발하는 미세한 물방울 연무(fog)처럼 공기 입구에서 분사되는 곳인 "포깅 시스템(fogging system)"이다. 세척 시스템은 압축기 입구로 물을 분사하기 위한 시스템이다. 압축기 내부 냉각 시스템은 압축기 내부 단계에서 고 밀도 공기 흐름 내로 물을 분사하기 위한 "습윤 압축" 시스템이다. 연소기 냉각 시스템은 연소기 내로 물을 분사하기 위한 시스템이다.

[0045] 특정 실시예에서, 증발 냉각, 압축기 내부 냉각, 연소기 화염 냉각 또는 엔진 세척은 좀처럼 정해진 스케줄에 따라 수행되지 않는다. 예를 들어, 시간에 의한 것과 같이 공기 온도가 변함에 따라 증발 냉각 가능성은 또한

변한다.

[0046]

전형적인 증발 냉각 시스템은 도 4에 도시되어 있다. 파이프 헤더(20)는 밸브(24)를 통하여 관(23)과 연결된다. 밸브(24)가 개방될 때, 압축수는 덱트 내부에 설치되고 압축기 입구면의 상부와 떨어진 노즐 홀더(21)에 공급된다. 노즐 홀더(21)는, 예를 들어 통상적으로 약 10 미크론에서 약 20 미크론의 범위, 보다 통상적으로는 약 10미크론에서 약 15미크론의 범위를 갖는 미세한 물방울의 스프레이(22) 내로 물을 분사하는 다양한 노즐을 가진 튜브를 포함한다. 물방울은 예를 들어, 통상적으로 약 80bar에서 약 140bar의 압력에서 분사된 결과이다. 물방울은 공기 흐름과 함께 전달/정지되며, 노즐 팁(nozzle tip)으로부터 압축기 입구로 이동하는 공기는 충분히 긴 체류시간을 가짐에 따라 압축기 내로 들어가기 전에 증발한다. 증발은 공기 온도가 증발에 의해 더 낮아지도록, 물의 잠열을 공기 현열(air sensible heat)로 교환한다. 더 낮은 공기 온도는 공기의 더 높은 밀도와 대응하며, 그러므로 더 높은 질량 유동은 더 높은 축 출력을 초래한다. 요구된 물 유동율은 다양한 속도 가변 펌프에 의해 조절된다. 증발 냉각 시스템은 차단 밸브(24)에 의해 폐쇄된다. 고온에서 가스 터빈 작동을 가능하게 하는 증발 냉각 시스템을 예시하는 Kopko의 미국 특허 제6,718,771호는 그 전체가 참조로 써 여기에 반영된다. 노즐에 공급되는 물의 양은 전산 유체 분석에 의해 발생하고 프로그램된 로직 제어기에 의해 조절되는 제어 모델에 의해 결정된다.

[0047]

전형적인 압축기 내부 냉각 시스템은 도 5에 도시되어 있다. 이 시스템은 작은 물방울 형태의 물이 압축 작업하는 동안 압축기 내에서 증발되는 것을 의미하는 습윤 압축 시스템(wet compression system)이다. 압축기를 통하는 공기의 체류 시간은 밀리 세컨드(millisecond)의 범위이다. 이 시간 동안 물방울은 초기 물방울 크기의 결과로서 증발한다. 증발 공정은 압축 작업으로부터 초래되는 급속한 온도 증가로부터 구동된다. 전형적인 실시예에서, 헤더(20)는 밸브(210)를 통하여 관(29)과 연결된다. 밸브(210)가 개방되면, 고압축수는 적어도 하나의 노즐(212)에 공급된다. 적어도 하나의 노즐(212)은 압축기 가스 통로(예를 들어, 노즐이 두 디스크 사이에 물을 분사하도록 설치될 수 있다) 내로 물이 분사되도록 설치된다. 적어도 하나의 노즐(212)은 물을, 예를 들어, 약 10 미크론에서 약 50 미크론의 범위, 바람직하게는 약 10 미크론에서 약 30 미크론의 작은 물방울의 스프레이(211)로 분사한다. 비록 다른 적절한 압력이 또한 이용될 수 있지만, 작은 물방울 크기는 바람직하게는 약 10bar에서 약 80bar의 압력에서 분사된 결과이다. 작은 물방울은 압축기에 나오기 전에 증발할 것이다. 압축기의 물 분사의 내부 단계를 위한 전형적인 노즐 어셈블리를 개시하는 Ingistov의 미국 특허 제6,664,935호가 전체가 그 참고로써 여기에 반영된다. 증발은 공기를 냉각하며, 그것에 의해 공기 밀도를 증가시키고 질량 유동을 증가시키고 고 출력을 초래한다. 그 뿐만 아니라, 냉각된 공기가 연소기로 전달되는 것을 의미하는 압축기의 냉각은 더 낮은 압축기 출구 온도를 초래한다. 연소기의 더 냉각된 공기는 더 많은 연료가 일정한 발화 온도를 유지하면서 발화될 수 있고, 그것에 의해 출력의 증가를 제공하는 것을 의미한다. 요구된 물 유동율은 속도 가변 펌프에 의해 조절된다. 습윤 압축을 중지하기 위해 작동 밸브(210)가 폐쇄된다. 택일적으로 습윤 압축용 노즐은 압축기 입구의 상부에 설치될 수 있다. 주 작동은 위에서 기술된 바와 같이 단간(inter-stage)에 설치된 노즐과 같은 것이다. 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 양은 전산 유체 분석에 의해 발생하고 프로그램된 로직 제어기에 의해 조절되는 제어 모델에 따라 결정된다.

[0048]

예시적인 연소기 냉각 시스템이 도 6에 도시되어 있다. 연소기 냉각 시스템은 연소기 내에 물방울을 분사하기 위한 적어도 하나의 노즐을 포함한다. 물의 잠열은 화염 현열(flame sensible heat)과 교환되며, 그것에 의해 화염의 온도를 억제한다. 헤더(20)는 밸브(216)를 통하여 관(215)과 연결된다. 밸브(216)는 개방되고, 적어도 하나의 노즐(214)에 고 압력수의 공급을 허용한다. 적어도 하나의 노즐(214)은 물을 스프레이(213)로 분사한다. 스프레이(213)는 약 10 미크론에서 약 50 미크론, 보다 통상적으로는 약 10 미크론에서 약 30 미크론의 크기 범위의 물방울을 포함한다. 이러한 물방울은 약 100bar에서 약 200bar의 압력에서 분사 결과이다. 이해했다시피, 원할 경우 택일적 크기 물방울 및/또는 다른 압력에서의 분사가 또한 이용될 수 있다. 화염은 스팀(steam)을 형성하기 위해 물로 증발한다. 스팀은 터빈을 통하여 확장하여, 질량 유동에 기여하여 전력 증강 효과를 제공한다. 더욱이 화염 온도가 억제됨에 따라, 더 많은 연료가 일정한 발화 온도를 유지하면서 발화될 수 있다. 더 많은 연료를 발화하는 것은 부가적인 출력을 제공한다. 요구된 물 유동율은 속도 가변 펌프에 의해 조절된다. 압축기 냉각을 차단하기 위해 밸브(216)가 폐쇄된다. 적어도 하나의 노즐에 공급되는 물의 양은 전산 유체 모델 분석에 의해 생성되고 프로그램된 로직 제어기에 의해 제어되는 제어 모델에 따라 결정된다. 연소기 내로 분사됨으로써 전력 증강 효과를 나타내는 Cheng의 미국 특허 제3,976,661호는 그 전체가 참조로 써 여기에 반영된다.

[0049]

도 8을 참조하면, 전체적인 전력 증강 및 세척 시스템의 다른 특징은 전력 증강 및/또는 물 세척으로부터 성능 변화를 감지하는 PLC 데이터 로거(PLC data logger) 또는 컴퓨터의 사용이다. 주변 기상 조건과 전력 플랜트 성능 데이터는 성능 경향 데이터의 준비가 전후 조건을 나타내는 것을 허용하도록 저장된다. 이러한 데이

터는 전력 증강 및/또는 세척 시스템의 적절한 기대된 작동을 확보하고 경제적 성능을 보증하는데 도움이 될 수 있다. 이러한 데이터를 사용하여, 실패 조건이 감지되어 결정될 수 있다. 일반적인 휴대폰 인터넷 연결과 같은 어떤 적절한 통신 플랫폼을 사용한 이러한 데이터의 전송은 데이터 로깅 시스템에 제공된다.

[0050] 분사 어레이 시스템(900)은 제어 유닛(202)과 연결될 수 있다. 분사 어레이 시스템(900)은 가스 터빈의 전력 증강 전에 미리-충진(pre-fill)될 수 있으며, 이는 제어 유닛(202)에 의해 제어될 수 있다. 분사 어레이 시스템(900)은 노즐 어레이 일 수 있다.

[0051] 전력 증강 분사 어레이 시스템은 도 9, 9a 및 9b에 도시된 것처럼 클램프 장치(910)를 사용하여 유지될 수 있다. 클램프 장치(910)는 압축기 입구면의 상부에 배치된 노즐 홀더일 수 있다. 클램프 장치(910)는 외부 물질에 노출되는 것을 막기 위해 외부 필터 하우스 벽에 고정되는 고정된 바 장치(bar arrangement)를 완전히 포함할 수 있다. 도 9c에 도시된 것처럼, 키형 지지 시스템(keyed support system; 920)은 분사 어레이 시스템(900)을 지지하도록 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 키형 지지 시스템(920)은 물 제팅 구조(water jetting fabrication)에 의해 비용면에서 유익할 수 있다.

[0052] 클램프는 모든 어레이 요소의 완전한 고정을 보장한다. 필터 하우스 입구 벽 외부의 제2 클램프는 어레이 지지 바(array support bar)를 고정한다. 완전 포화의 전력 증강을 위해 일정 물이 필터 하우스 벽에 응축된다. 탄소강 또는 아연 도금 강판(galvanized steel)을 보호하기 위해, 필터 하우스 벽은 내부식성의 보호 방수 코팅(protective water proof coating)으로 코팅될 수 있으며, 상기 내부식성 보호 방수 코팅은, 예를 들어, 스테인리스 스틸 타일과 같은 내부식성 타일로 포획(capture)될 수 있다. 타일은 도 10에 도시된 것과 같이 필터 하우스 벽을 통하여 연결되는 기계적 체결기(mechanical fastner)가 있는 곳에 고정된다. 부가적 응축 제어는 입구 내 구조 및 입구 벨 마우스 주위에 배치된 적절한 크기의 거터(gutter)에 의해 제공된다. 이러한 거터는 물을 입구의 플로어(floor)로 지향시키고, 레벨 감지 및 축적기(accumulator)를 갖는 드레인은 저장된 응축물의 배수를 허용한다. 이러한 특징은 도 10 및 도 11에 도시되어 있다.

[0053] 거터는 물이 압축기로 흐르는 것을 차단하는 방식으로 입구 덕트의 내부 입구 벽에 흐르는 물을 포획한다. 특히, 거터는 물을 입구의 플로어(floor)로 지향시켜 입구 드레인 쪽으로 물을 향하게 한다. 물을 수용하는 입구 드레인에 물이 모임에 따라, 상기 입구 드레인 내의 축적기는 응축된 물인 유체를 저장할 것이며, 유체 레벨이 축적기 상에 배치된 레벨 센서의 레벨에 도달하면 센서는 축적된 물을 배출하도록 솔레노이드 밸브인 드레인 밸브를 활성화한다.

[0054] 실시예는 또한 터빈 입구 덕트와 적어도 하나의 압축기 블레이드를 갖는 압축기와 연소기를 포함하는 가스 터빈을 포함하는 가스 터빈 엔진으로부터 출력을 증강시키기 위한 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 (1) 적어도 하나의 속도 가변 펌프를 포함하는 펌프 유닛을 사용하여 물의 압력을 증가시키는 제1 단계; (2) 신호 피드에 의해 상기 펌프 유닛에 연결되고, 제어 모델을 형성하기 위해 입력된 적어도 하나의 정의된 파라미터에 기초한 미리 정해진 전산 유체 분석에 따라 상기 펌프 유닛을 조절하는 제어 유닛을 사용하여 상기 펌프 유닛의 속도를 제어하는 제2 단계; (3) 다음의 둘 중 하나에 프로그램된 로직 제어기를 사용하여 제어되는 물을 공급하는 제3 단계 (a) 피드 라인에 의해 상기 펌프 유닛에 연결된 세척 유닛 또는 (b) 상기 피드 라인에 의해 상기 펌프 유닛에 연결된 적어도 하나의 분사 유닛; (4) 상기 세척 유닛의 적어도 하나의 노즐 또는 밸브를 사용하는 적어도 하나의 분사 유닛에 공급되는 물의 유동율을 제어하는 제4 단계; (5) 상기 적어도 하나의 압축기 블레이드에 부딪쳐 습윤하도록 상기 세척 유닛의 상기 적어도 하나의 노즐로부터 분사된 물방울의 스프레이를 방출하여, 그것에 의해 상기 적어도 하나의 압축기 블레이드로부터 부착물을 제거하는 제5 단계(분무수 물방울은 상기 엔진이 작동하는 동안 생성된 공기 흐름을 관통하도록 충분히 높은 속도로 분사되고, 통상 실질적으로 압축기에 들어가기 전에 스프레이의 모든 물방울이 증발한다); (6) 상기 터빈 입구 덕트의 공기 흐름 내 또는 상기 가스 터빈에 상기 적어도 하나의 물 분사 유닛의 상기 적어도 하나의 노즐로부터 분무수의 스프레이를 분사하여, 그것에 의해 공기 흐름의 질량 유동을 증가시켜, 상기 가스 터빈 엔진으로부터의 출력을 증가하는 제6 단계; 및 (7) 건구 온도 장치; 공기 압력, 공기 습도; 및 습구 온도 중 적어도 어느 하나를 측정함으로써, 기상 감지 유닛을 사용하여 환경 조건을 감지하는 제7 단계를 포함하며, 상기 감지된 조건은 제2 신호에 의해 제어 유닛에 전송되는 것을 특징으로 한다.

[0055] 상기 방법은 (8) 관에 의해 상기 펌프 유닛에 연결된 물 저장 유닛을 사용하여 가스 터빈 엔진으로부터 흘러 나오는 물을 저장하고, 물 처리 유닛을 사용하여 물을 정화하는 제8 단계를 더 포함한다.

[0056] 상기 방법은 오프-라인으로 실행될 수 있으며, 세척유닛의 적어도 하나의 노즐은 압축기의 상부에 배치되며 압축기의 입구로 향한다. 이러한 배치로부터, 물은 압축기 가스 경로 내로 분사될 수 있다. 유사하게 적어도

하나의 분사 유닛의 적어도 하나의 노즐은 연소기에 인접하게 배치될 수 있다.

[0057] 택일적으로, 본 실시예와 일치하는 방법은 온-라인으로 실행될 수 있으며, 예시적인 온-라인 세척 시스템은 이하 설명된다. 온-라인 세척 동안, 로터(rotor)가 높은 속도로 회전하는 동안 엔진은 연료를 연소하며 공기는 높은 속도로 압축기로 들어간다. 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 관(28)은 밸브(27)에 의해 헤더(20)와 연결된다. 밸브(27)가 개방될 때, 고 압축수는 적어도 하나의 노즐(25)에 공급되며, 물은 약 40m/s의 노즐 출구 속도를 갖는다. 적어도 하나의 노즐(25)은 압축기 입구면의 상부에 설치된다. 노즐(25)은 물을 스프레이(26)로 분사한다. 노즐(25)은 본질적으로 압축기 입구로 향한다. 이러한 높은 속도의 스프레이는 높은 속도 공기 흐름을 관통할 것이다. 스프레이는 압축기 내로 공기 흐름을 이동시킨다. 압축기 내부에서, 물방울은 적어도 하나의 압축기 블레이드 및 날개(vane)에 부딪침으로써 그들을 적신다. 적어도 하나의 블레이드와 날개의 습윤(적심; wetting)은 부착물을 제거시키고, 그것에 의해 압축기는 깨끗해진다. 청소는 질량 유동을 증가시키는 감소된 경계층 두께를 야기한다. 질량 유동의 증가는 엔진 출력력을 증가시킨다. 스프레이(26)는 약 80 미크론에서 약 250 미크론 크기 범위, 바람직하게는 약 80 미크론에서 약 180 미크론 크기 범위의 물방울을 포함한다. 물방울 크기는 약 10bar에서 약 80bar의 압력에서 분사된 결과이다. 요구된 물 유동율은 속도가변 펌프에 의해 조절된다. 세척 작동을 중지하기 위해서, 밸브(27)가 폐쇄된다.

[0058] 오프-라인 세척 시스템의 일 실시예가 아래에 설명된다. 본 실시예의 동일한 세트의 노즐은 온-라인 세척에서처럼 오프-라인 세척에 사용된다. 오프-라인 세척 동안, 엔진은 연료를 연소하지 않는다. 관(28)은 밸브(27)에 의해 헤더(20)와 연결된다. 밸브(27)가 개방되면, 고 압축수는 적어도 하나의 노즐(25)에 공급된다. 적어도 하나의 노즐(25)은 압축기 입구면의 상부에 설치된다. 노즐(25)은 필수적으로 압축기의 입구로 향한다. 노즐(25)은 물을 스프레이(26)로 분사한다. 적어도 하나의 노즐이 필수적으로 압축기 입구로 향함에 따라, 물방울은 압축기로 들어간다. 이러한 물방울은 적어도 하나의 압축기 블레이드와 날개에 부딪치기에 적절한 크기이다. 블레이드와 날개의 습윤은 부착물을 제거시키고, 그것에 의해 압축기는 깨끗해진다. 청소는 엔진이 작동하는 동안 경계층 두께를 감소시킨다. 감소된 경계층 두께는 질량 유동을 증가시킨다. 질량 유동의 증가는 엔진 출력력을 증가시킨다. 스프레이(16)는 약 80 미크론에서 250 미크론(평균 질량 기초), 바람직하게는 약 80 미크론에서 180 미크론의 크기 범위의 물방울을 포함한다. 물방울 크기는 약 10bar에서 약 80bar의 압력에서 분사된 결과이다. 요구된 물 유동율은 속도가변 펌프에 의해 조절된다. 세척 작동을 중지하기 위해 밸브(27)가 폐쇄된다. 택일적으로, 비록 상술한 바와 같은 주요 작동이 설명되지만, 다른 세트의 노즐은 오프-라인 세척에 사용될 수 있다.

[0059] 계다가, 물의 사용은 연료 소비를 감소시킨다. 감소된 연료 소비는 압축기와 같은 터빈의 구성요소 및 터빈의 작동을 효율적으로 한다.

[0060] 실시예의 관점은 가장 사용상 유익한 것에 따라 시스템을 시작하고 중지하는 유연성이다. 실시예에서 도시된 것처럼, 원하는 때에 하나의 시스템을 신속히 작동하고 다른 시스템을 비활성화시키는 것이 가능하다.

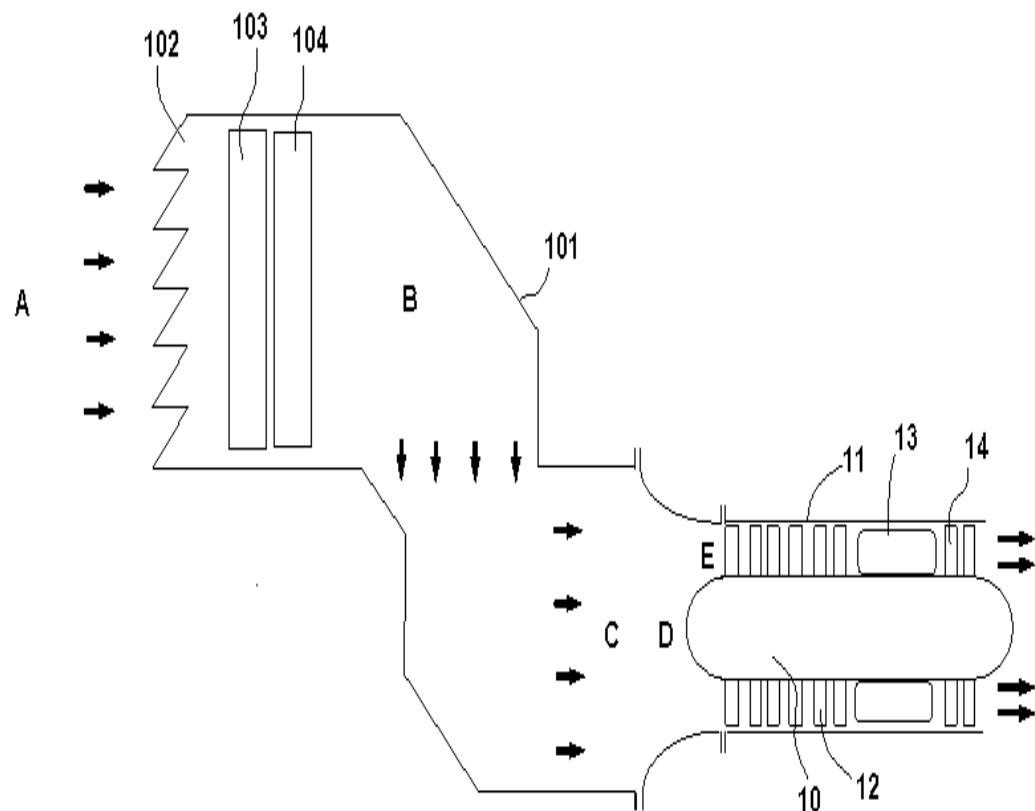
[0061] 비록 현재 개시된 것이 바람직한 실시예의 견지에서 기술되었지만, 상기 기술된 실시예는 단순히 실시예이며, 현재 실시예의 명확한 이해를 위해 설명된 것으로 이해되어야 한다. 현재 개시된 것의 사상에 벗어남이 없는 이러한 실시예를 만들 수 있는 많은 수정, 변경, 균등이 있다. 그러므로, 이하의 청구항은 현재 개시된 범위 및 사상 내에서 모든 이러한 수정, 변경과 균등을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

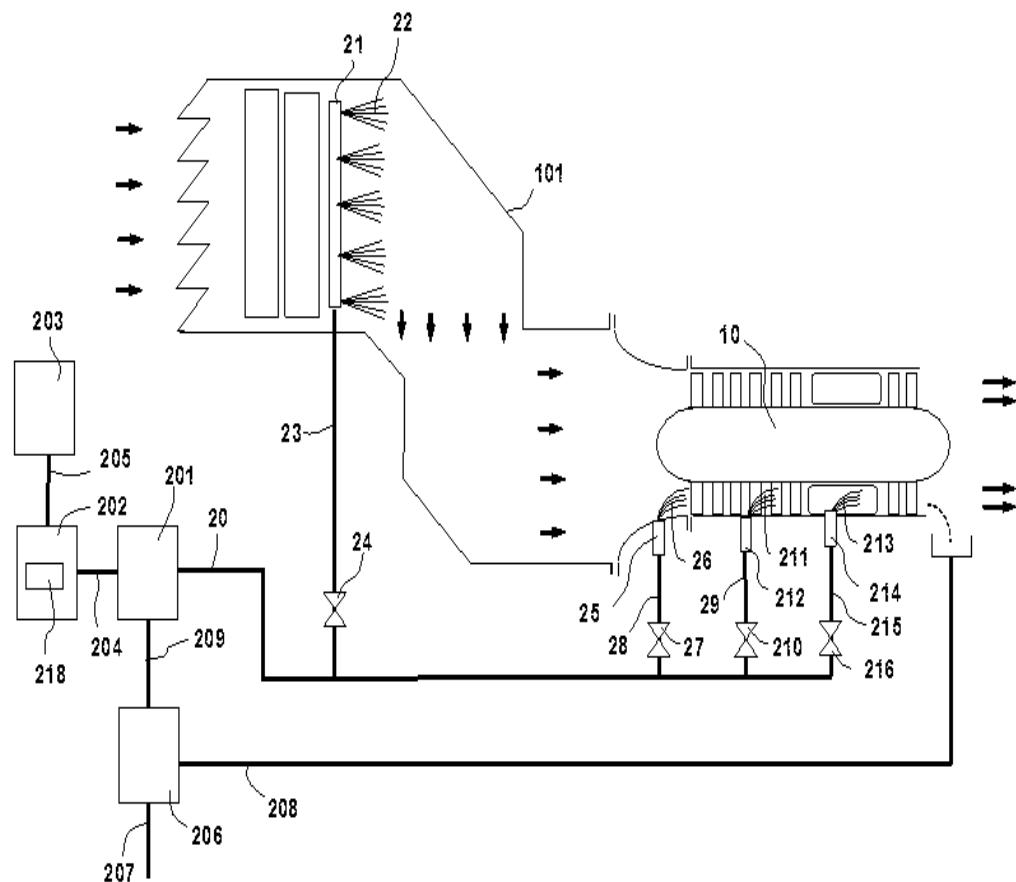
| | |
|--------------|---------------|
| 10 : 가스 터빈, | 12 : 압축 블레이드, |
| 13 : 연소기, | 201 : 펌프 유닛, |
| 202 : 제어 유닛. | |

도면

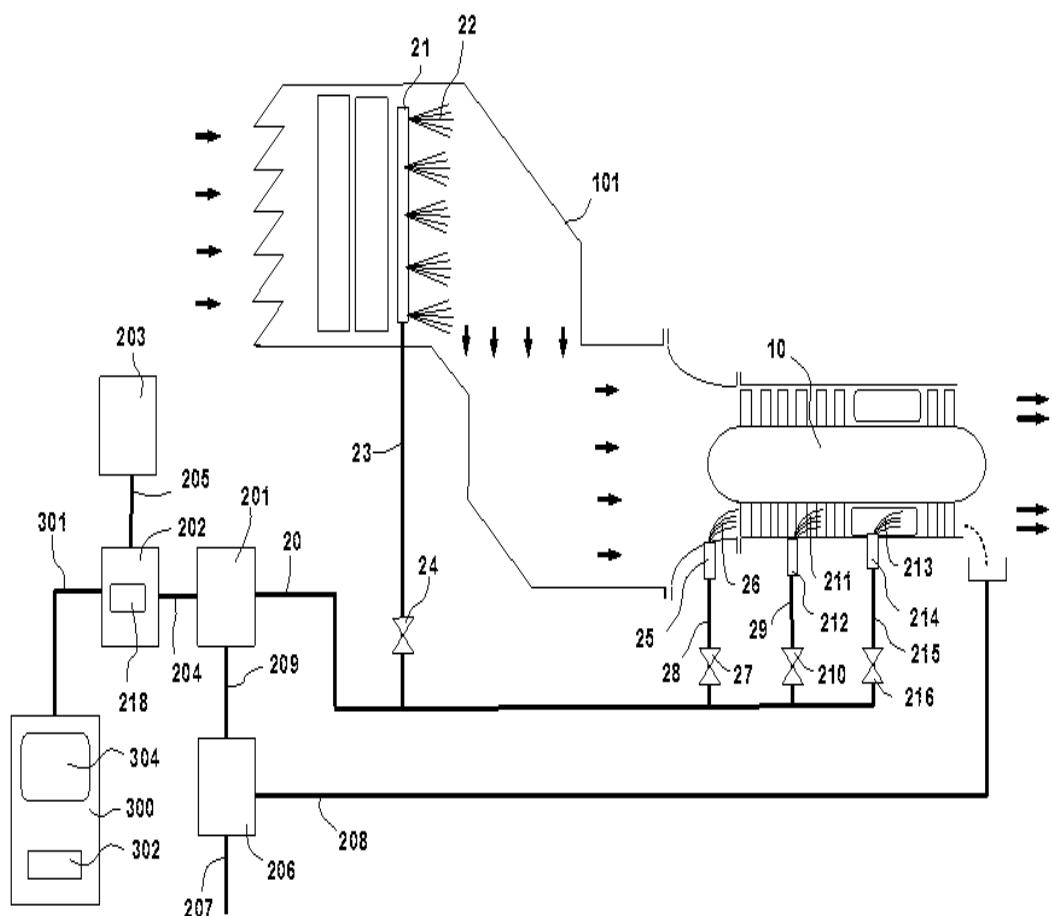
도면1



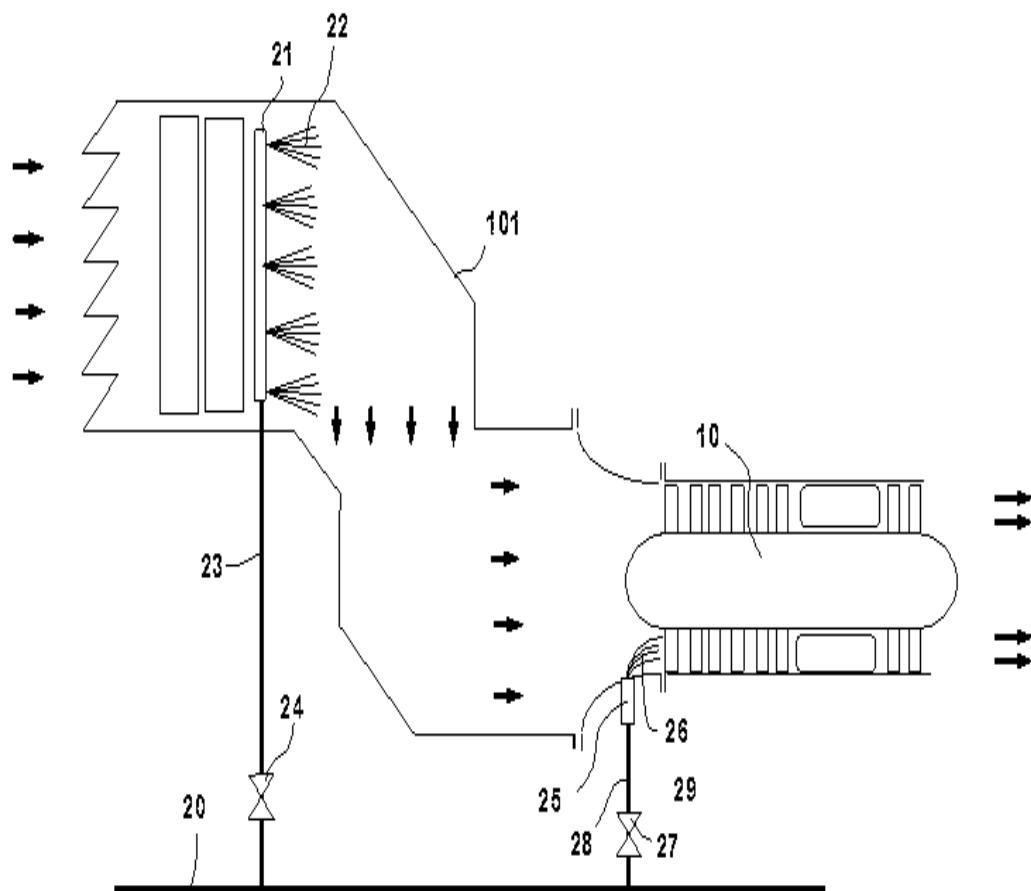
도면2



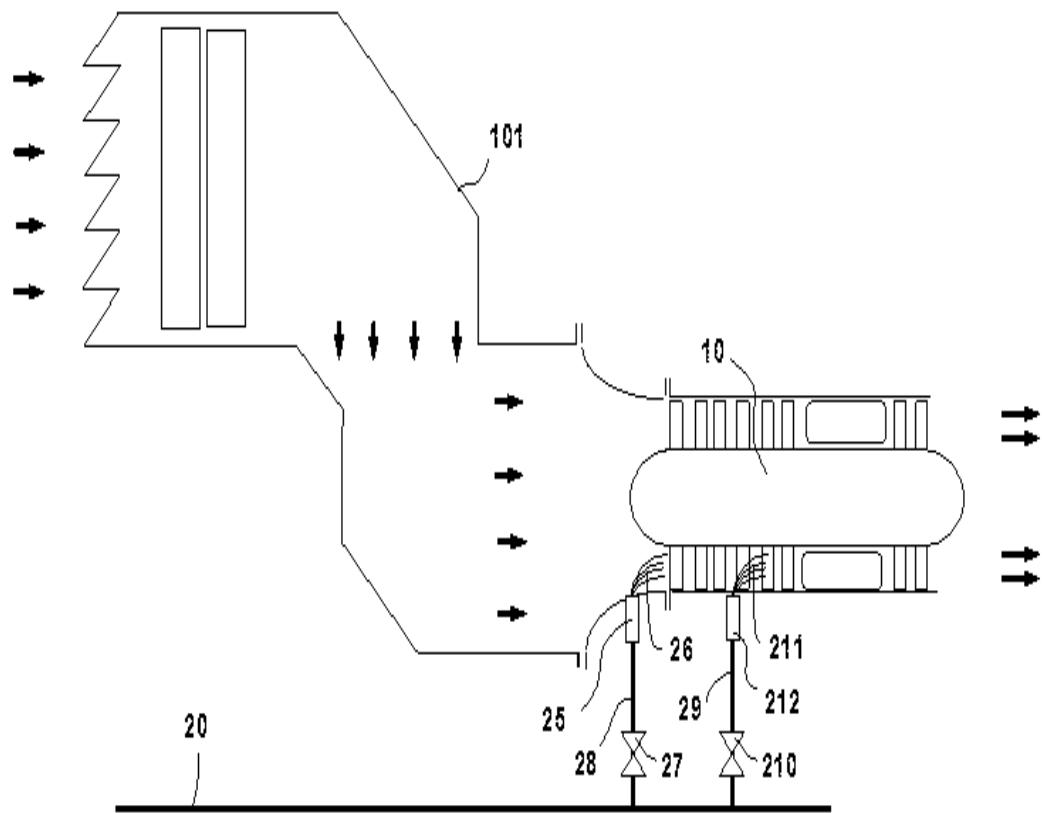
도면3



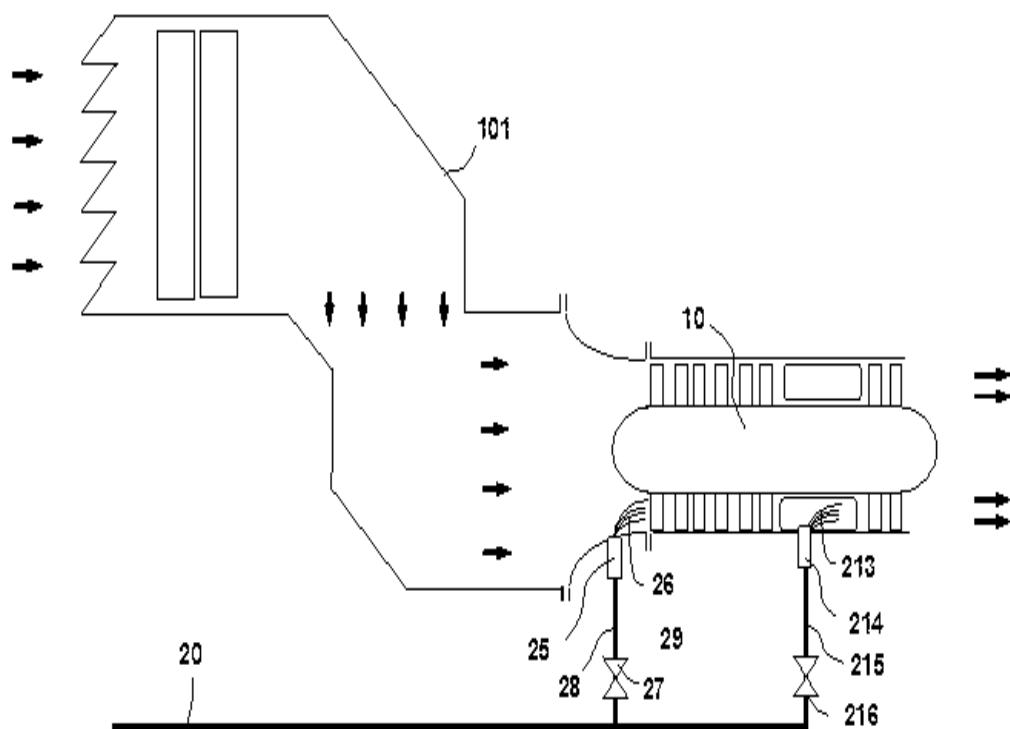
도면4



도면5

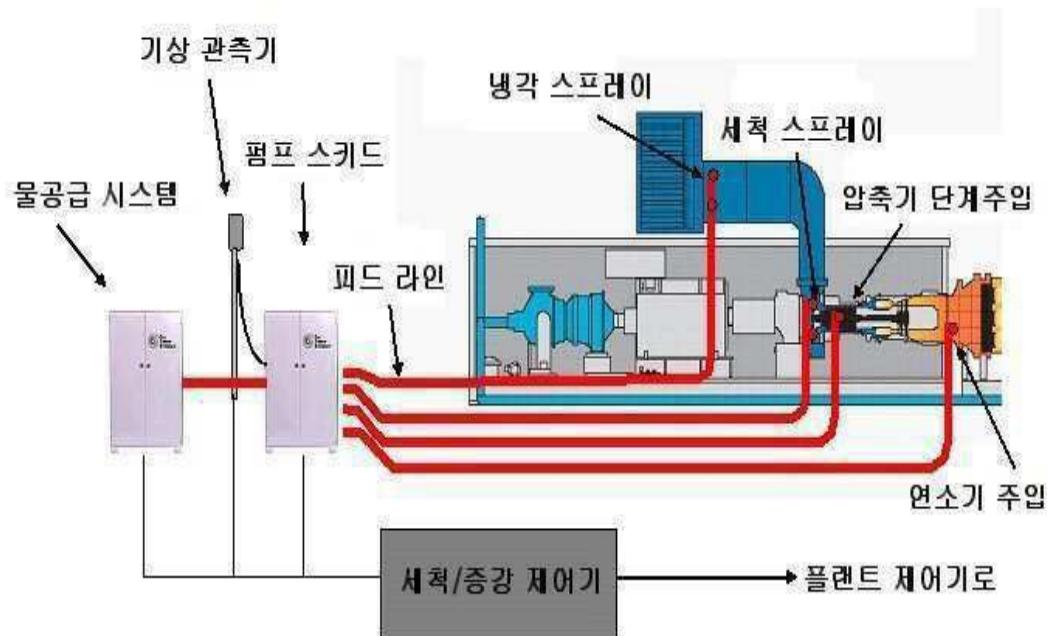


도면6



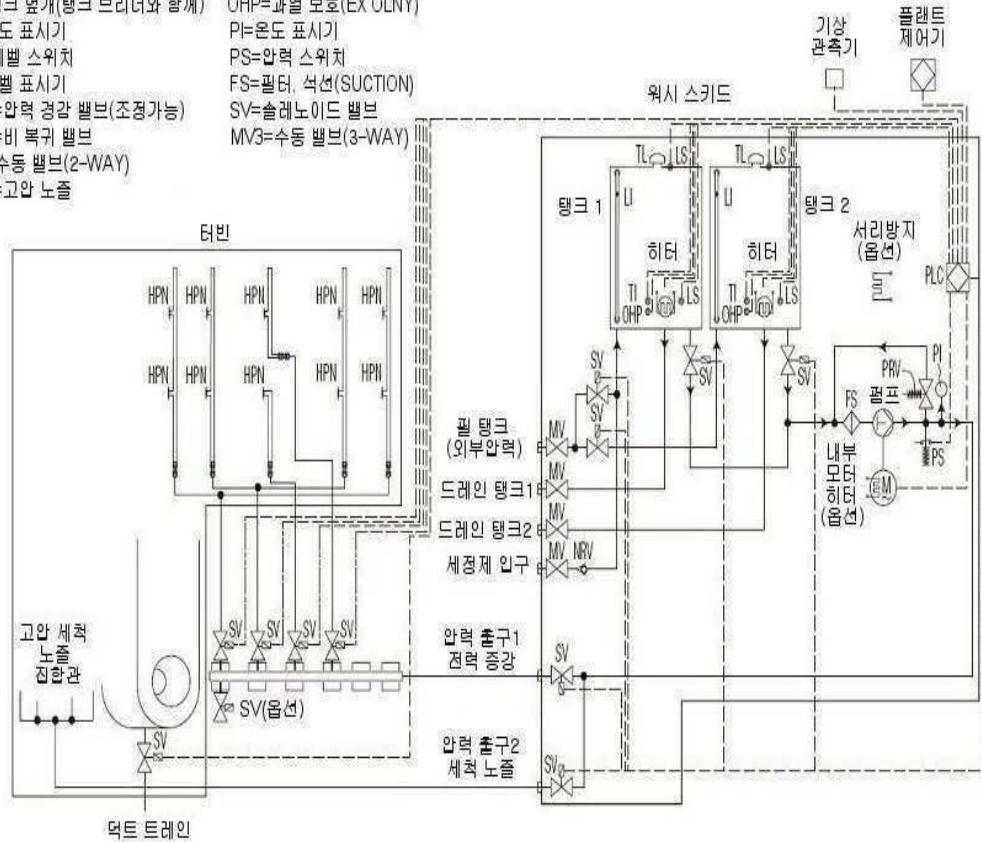
도면7

CFD 모델 제어하의 전력 증강을 전개하는 물 세척 시스템

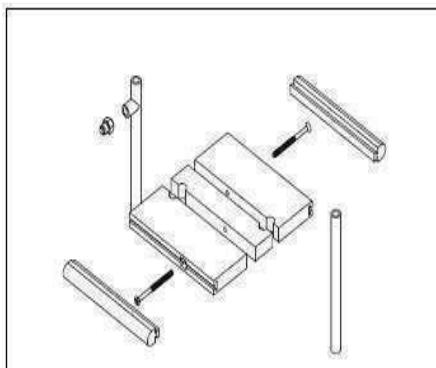
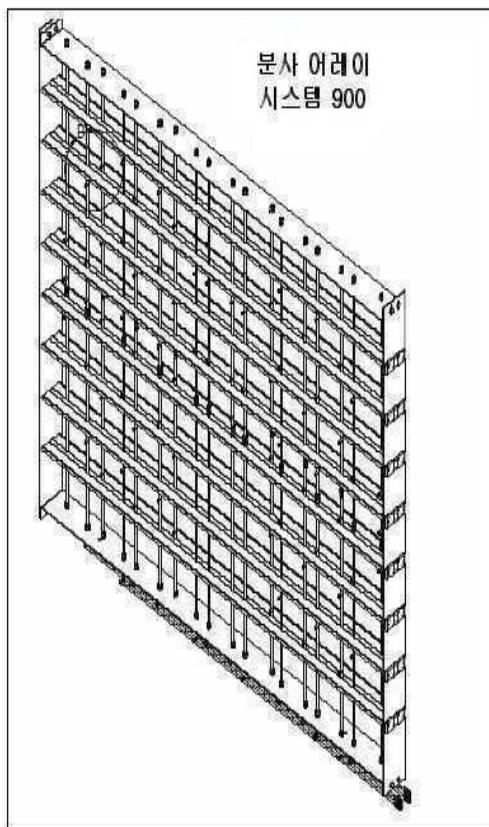


도면8

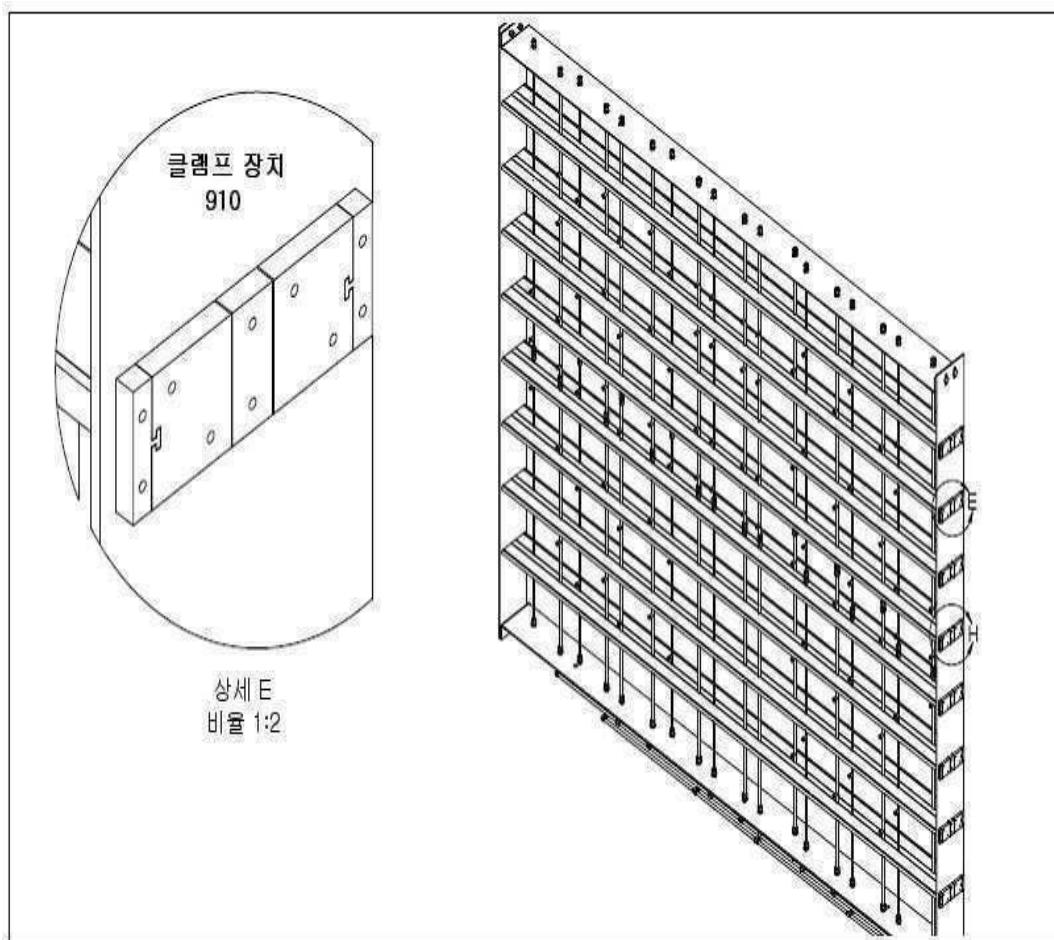
TL=탱크 옆개(탱크 브리더와 함께)
 TI=온도 표시기
 LS=레벨 스위치
 LI=레벨 표시기
 PRV=압력 경감 밸브(조정가능)
 NRV=비 복귀 밸브
 MV=수동 밸브(2-WAY)
 HPN=고압 노즐
 OHP=과열 보호(EX ONLY)
 PI=온도 표시기
 PS=압력 스위치
 FS=필터, 석션(SUCTION)
 SV=솔레노이드 밸브
 MV3=수동 밸브(3-WAY)
 PLC=제어장치
 워시 스키드
 기상 관측기
 플랜트 제어기



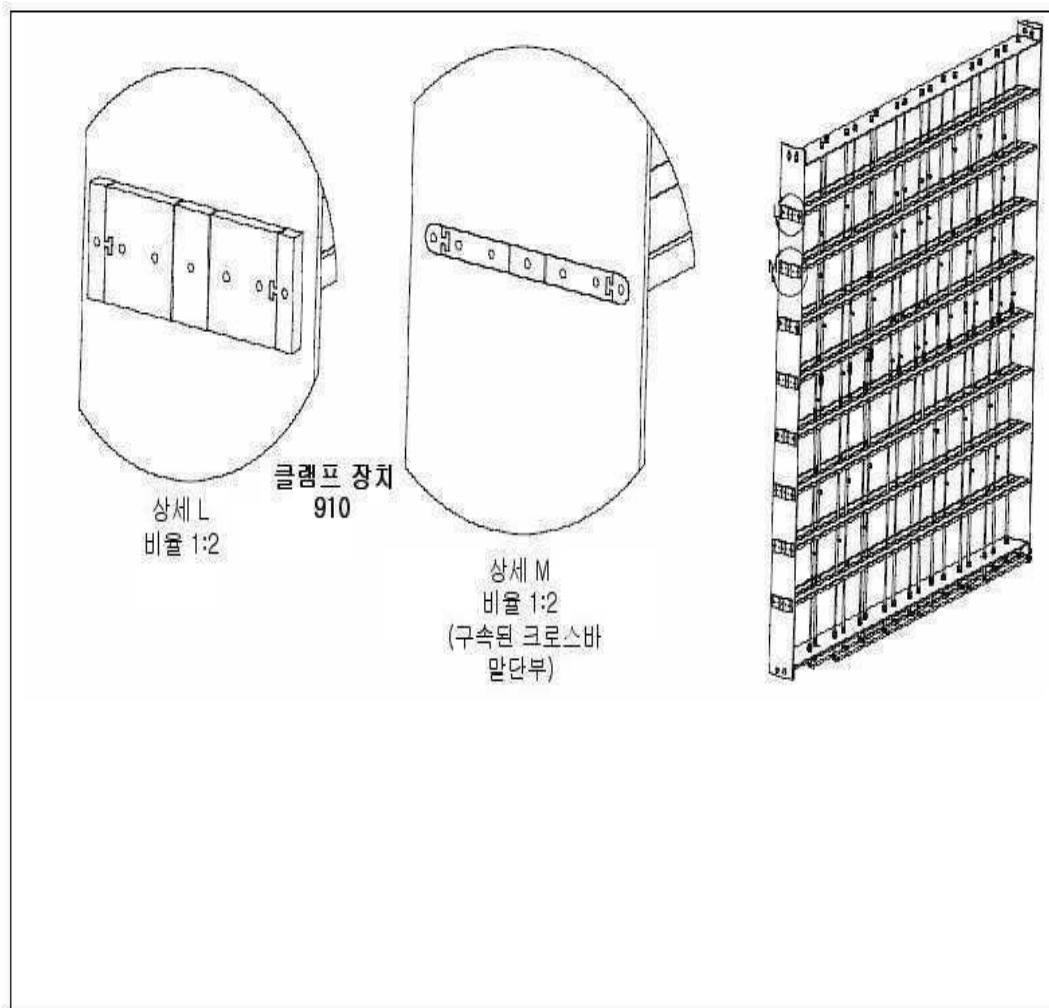
도면9



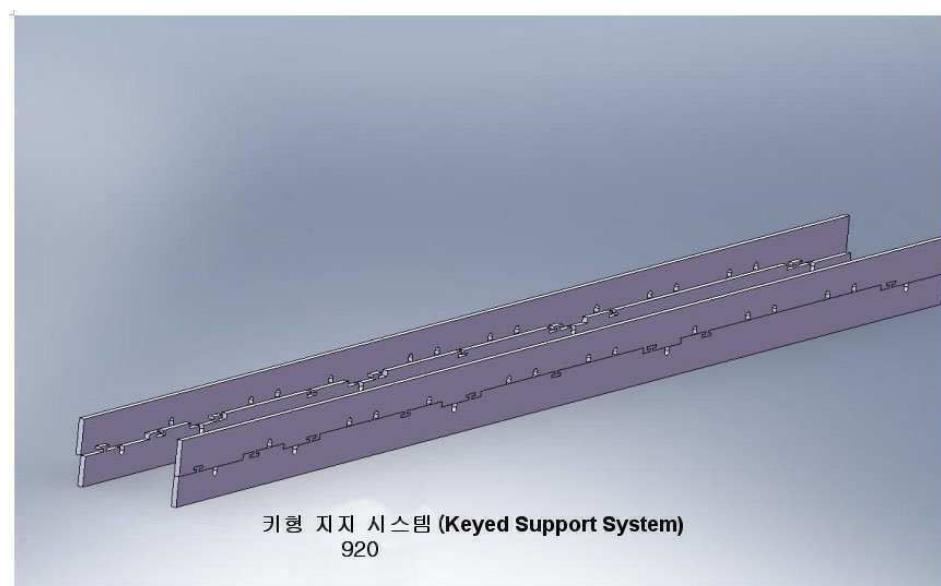
도면9a



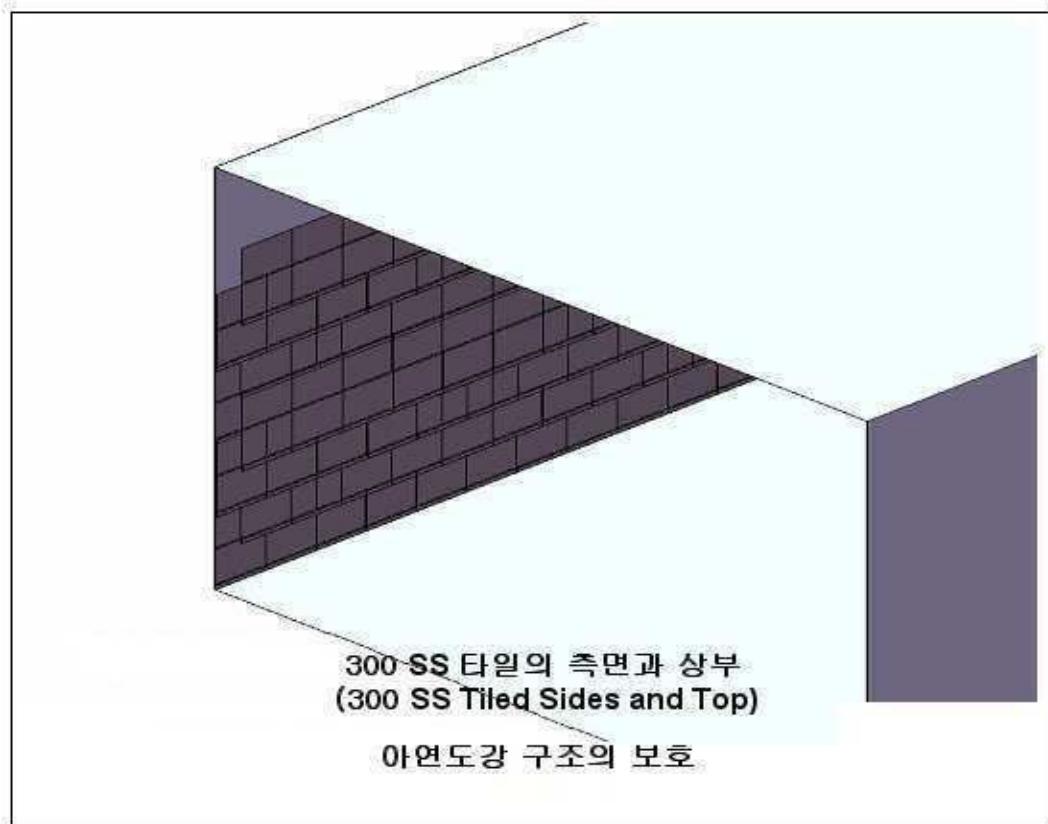
도면9b



도면9c



도면10



도면11

