(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0110413
(43) 공개일자 2019년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F15D 1/00 (2006.01) *F15D 1/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F15D 1/0055 (2013.01)
F15D 1/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0085614
(22) 출원일자 2018년07월23일
심사청구일자 2018년07월23일
(30) 우선권주장
1020180032161 2018년03월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김주하
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김지희
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
채석봉
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
김종석

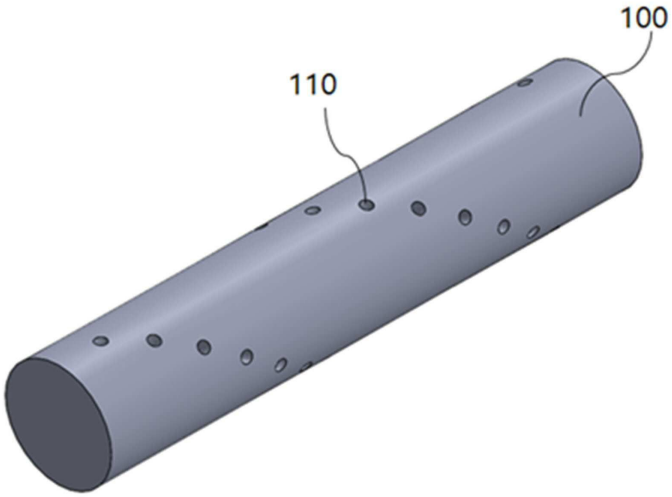
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물**

(57) 요 약

본 발명은 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물에 관한 것으로, 다양한 각도의 관통홀이 구비된 원통은 박리점이 관통홀이 없는 원통에 비해 유체가 흐르는 방향으로 더욱 후단 측에 위치함으로써, 상기 원통이 받는 항력을 감소시키는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

원통; 및

상기 원통에 다양한 각도로 구비된 관통홀;을 포함하며,

상기 원통의 박리점이 상기 관통홀이 없는 매끈한 원통에 비해 유체가 흐르는 방향으로 더욱 후단 측에 위치함으로써, 상기 원통이 받는 항력을 감소시키는 것을 특징으로 하는 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 관통홀은 상기 원통의 높이방향을 기준으로 나선형으로 배치되어 특정 방향에 구애 받지 않고, 모든 방향의 유체 유동에 대해 상기 원통이 받는 항력을 감소는 것을 특징으로 하는 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물.

청구항 3

제 1항에 있어서,

유체가 흐르는 방향에 따라 상기 관통홀의 간격을 조절하여, 상기 원통이 받는 항력을 효율적으로 감소시키는 것을 특징으로 하는 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 관통홀의 유동단면적을 조절하는 것을 특징으로 하는 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물.

청구항 5

제 1항에 있어서,

유체의 유량에 따라 상기 관통홀의 직경과 상기 원통의 단면의 직경과의 비율을 조절하여, 상기 원통이 받는 항력을 효율적으로 감소시키는 것을 특징으로 하는 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물로써 더욱 자세하게는, 유체가 흐르는 방향에 관계없이 다양한 각도로 설치된 상기 관통홀에 의해 원통의 박리점이 상기 관통홀이 없는 원통에 비해 유체가 흐르는 방향으로 더욱 후단 측에 위치함으로써, 상기 원통이 받는 항력을 감소시키는 것에 관한 기술이다.

배 경 기 술

[0002] 유동박리는 경계층의 운동에너지가 물체에 발생하는 역압력 구배(adverse pressure gradient)를 극복하지 못하고 역류(reverse flow)가 발생하면서 흐름이 표면으로부터 떨어져 나가는 현상이다. 일반적으로 유동박리가 발생하면 항력(drag force)이 커지게 되므로 유동박리를 없애거나 지연시키는 제어기술들이 많이 연구되고 있으며, 실생활에서도 활용되고 있다.

[0003] 유동 내 원통의 항력계수는 유동 박리점 부근의 유동과 후류 구조를 제어함으로써 감소될 수 있다. 대표적인 기

존의 항력 감소 장치로 예를 들면, 대한민국등록특허공보 제10-0476542호와 같이 인위적 제트를 활용하는 방법이 있는데, 이는 유동 박리점 부근에서 특정 에너지를 주어 유동 흡입과 방출을 빠르게 반복하며, 유동박리를 지연시키면서 원통의 항력을 감소시킨다. 그러나, 상기 인위적 제트를 활용하는 방법은 에너지가 필요하며, 특정 방향의 유동 내에서만 항력을 감소시키는 효과를 볼 수 있으며, 그 이외의 구간에서는 오히려 항력이 증가하는 문제점을 가진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0476542호(2005.03.18.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상술한 바와 같은 선행 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 유체가 흐르는 방향에 관계없이 다양한 각도로 설치된 관통홀에 의하여 표면 유동 박리점이 후단 측으로 이동됨으로써 항력을 감소시키데 그 목적이 있다.

[0006] 또한, 본 발명은 인위적인 장치나 에너지 공급 없이 항력을 감소시키는 데 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 여기에 언급되지 않은 본 발명이 해결하려는 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 원통과 상기 원통에 다양한 각도로 구비된 관통홀을 포함하며, 상기 원통의 박리점이 상기 관통홀이 없는 매끈한 원통에 비해 유체가 흐르는 방향으로 더욱 후단 측에 위치함으로써, 상기 원통이 받는 항력을 감소시키는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 상기 관통홀은 상기 원통의 높이방향을 기준으로 나선형으로 배치되어 특정 방향에 구애 받지 않고, 모든 방향의 유체 유동에 대해 상기 원통이 받는 항력을 감소시키는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 유체가 흐르는 방향에 따라 상기 관통홀의 간격을 조절하여, 상기 원통이 받는 항력을 효율적으로 감소시키는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 상기 관통홀의 유동단면적을 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 유체의 유량에 따라 상기 관통홀의 직경과 상기 원통의 단면의 직경과의 비율을 조절하여, 상기 원통이 받는 항력을 효율적으로 감소시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0013] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명의 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 유체가 흐르는 방향에 관계없이 다양한 각도로 설치된 관통홀에 의하여 표면 유동 박리점이 후단 측으로 이동됨으로써 항력을 감소시키는 효과가 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물은, 인위적인 장치나 에너지 공급 없이 항력을 감소시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 정면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 단면을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 슬릿을 구비한 원통형 구조물의 정면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 실험결과를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 실험결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 실험결과를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 관통홀을 구비하여 항력을 감소시키는 원통형 구조물의 실험결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0017] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0018] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0019] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 본 발명에 대한 해결하고자 하는 과제, 과제의 해결 수단, 발명의 효과를 포함한 구체적인 사항들은 다음에 기재할 실시 예 및 도면들에 포함되어 있다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 원통(100) 및 상기 원통(100)에 다양한 각도로 구비된 관통홀(110)을 포함한다. 상기 관통홀(110)로 인해 상기 원통(100)의 박리점이 상기 관통홀(110)이 없는 원통에 비해 유체가 흐르는 방향으로 더욱 후단 측에 위치하게 된다. 따라서, 상기 관통홀(110)이 구비되어 상기 원통(110)이 받는 항력이 감소하게 된다.

[0023] 도 3을 참조하면, 상기 관통홀(110)은 상기 원통(100)의 길이방향을 기준으로 나선형으로 배치되어 있다. 따라서, 상기 원통(100)은 특정 방향에 구애 받지 않고, 모든 방향의 유체 유동에 대해 받는 항력이 감소하게 된다.

[0024] 도 4를 참조하면, 일반적으로 홀이 없이 매끈한 원통에 있어서 유체가 진행하는 방향을 나타내고 있고, 검은색

의 두 점은 유체가 떨어져 나가기 시작하는 지점인 박리점을 나타낸다. 상기 박리점 이후 유체입자가 떨어져 나가면서 역압력구배 때문에 역방향 속도가 발생하고, 소용돌이 형태의 후류가 발생한다. 이처럼 소용돌이 형태의 후류가 발생하면, 상기 원통(100)에 항력이 작용하게 된다.

[0025] 도 5를 참조하면, 도 4와 비교하여 상기 매끈한 원통과 달리 상기 원통(100)은 상기 관통홀(110)이 구비되어 있어, 유체의 흐름을 변화시킨다. 상기 박리점이 유체가 흐르는 방향으로 더 깊숙하게 형성되어, 상기 도 4의 매끈한 원통의 경우와 비교했을 때, 상기 매끈한 원통의 후류영역에 비하여 상기 관통홀(110)이 구비된 상기 원통(100)의 후류 영역이 감소됨을 알 수 있다. 이를 통하여 상기 원통(100)이 받는 항력을 감소시킬 수 있는 것이다.

[0027] 상기 관통홀(110)은 직선이 아닌 곡선으로 형성될 수 있다. 그리고, 상기 관통홀(110)의 유동단면적은 유량에 따라 변경될 수 있다. 또한 상기 관통홀(100)의 단면은 원형 혹은 타원형 혹은 다각형으로 구비될 수 있다.

[0028] 다음으로, 유체의 유량에 따라 상기 관통홀(110)의 직경과 상기 원통(100)의 단면의 직경과의 비율을 조절하여, 상기 원통(100)이 받는 항력을 효율적으로 감소시킨다. 또한, 유체가 흐르는 방향에 따라 상기 관통홀(110)의 간격을 조절하여, 상기 원통(100)이 받는 항력을 효율적으로 감소시킨다.

[0029] 구체적으로, 상기 관통홀(110)의 직경은 상기 원통(100) 주위의 유량에 따라 상기 원통(100)의 직경에 대하여 0.15배 내지 0.3배로 제작되는 것이 바람직하다. 이때, 상기 원통(100)의 직경에 대한 상기 관통홀(110)의 직경의 비율이 0.15 미만이면 상기 관통홀(110)의 직경이 좁아 상기 관통홀(110)을 통과한 유체의 유량이 적어지게 된다. 상기 유체의 유량이 적어지게 되면, 상기 원통(100)을 지나간 뒤 발생하는 상기 유체의 후류의 위치가 상기 원통(100)의 단면에서 상기 유체의 유동방향을 기준으로, 상기 원통(100)에 가까이 형성되어 상기 원통이 받는 유동저항을 감소시키지 못하게 된다. 즉, 상기 유체의 유량이 적어서 상기 유체의 후류를 밀어내지 못하게 되는 것이다. 또한, 상기 원통(100)의 직경에 대한 상기 관통홀(110)의 직경의 비율이 0.3을 초과하면 상기 관통홀(110)의 직경이 넓어지게 된다. 상기 관통홀(110)의 직경이 넓어지게 되면, 상기 원통(100)의 박리점이 유체가 흐르는 방향으로 더욱 깊숙이 위치하지 않게 되는 문제점이 있다. 즉, 상기 관통홀(110)의 직경이 넓어지면, 상기 원통(100)의 박리점이 유동저항을 최소화 하는 위치에서 벗어나게 되는 것이다. 따라서, 상기 원통(100)의 직경에 대한 상기 관통홀(110)의 직경의 비율은 0.15 내지 0.3일 때 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

[0030] 그리고, 상기 원통(100)의 외주면을 따라 벌어진 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110) 사이의 거리는 상기 관통홀(110)의 직경의 1.5배 내지 3배로 제작되는 것이 바람직하다. 여기서, 상기 원통(100)의 외주면을 따라 벌어진 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀 사이의 거리가 상기 관통홀(110)의 직경의 1.5배 미만이면 상기 관통홀(110)이 촘촘하게 다수개로 구비된다. 상기 관통홀(110)이 촘촘하게 다수개로 구비되면, 상기 원통(100)의 구조적 강도가 감소하게 되는 문제가 발생한다. 또한, 상기 원통(100)의 외주면을 따라 벌어진 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110) 사이의 거리가 상기 관통홀(110)의 직경의 3배를 초과하면 상기 관통홀(110)이 듬성듬성하게 소수개로 구비된다. 상기 관통홀(110)이 듬성듬성하게 소수개로 구비되면, 상기 관통홀(110)에 의한 상기 원통(100)이 받는 항력의 감소의 폭이 작아지는 문제점이 있다. 즉, 상기 관통홀(110)이 소수개로 구비되면, 상기 원통(100)의 박리점이 유동저항을 최소화 하는 위치에서 벗어나게 되는 것이다. 따라서, 상기 원통(100)의 외주면을 따라 벌어진 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110) 사이의 거리가 상기 관통홀(110)의 직경의 1.5배 내지 3배일 때 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

[0031] 또한, 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)의 각도는 상기 원통(100)의 단면의 중심을 기준으로 22.5° 내지 25° 로 제작되는 것이 바람직하다. 유동 박리를 지연시키는 상기 관통홀(110)의 위치는 상기 원통(100)의 단면중심과 유체의 유동방향을 기준으로 40° 내지 65° 사이이다. 즉, 상기 원통(100)의 단면중심과 유체의 유동방향이 이루는 각도가 25° 내에 적어도 하나의 관통홀(110)이 존재해야 상기 원통(100)이 받는 항력을 감소시킬 수 있는 것이다. 또한, 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)의 각도가 상기 원통(100)의 단면의 중심을 기준으로 22.5° 미만이면, 상기 상기 관통홀(110)이 촘촘하게 다수개로 구비된다. 상기 관통홀(110)이 촘촘하게 다수개로 구비되면, 상기 원통(100)의 구조적 강도가 감소하게 되는 문제가 발생한다. 따라서, 기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)의 각도는 상기 원통(100)의 단면의 중심을 기준으로 22.5° 내지 25° 일 때 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

[0033] 다음으로, 본 발명의 효과를 증명하는 실험방법과 그 실험결과에 대해 설명한다. 먼저, 비교를 위하여 상기 관

통홀(110)이 없는 매끈한 원통으로 레이놀드수에 따른 항력계수를 측정한다. 그 결과는 하기되는 도 7과 같다.

[0035] 다음으로, 본 발명과 같이 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)에 대하여, 유체의 유동방향과 상기 관통홀(110)이 이루는 각도가 0° 인 경우의 레이놀드수에 따른 항력계수를 측정하였다. 실험에 사용된 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)의 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)이 이루는 각은 상기 원통(100)의 단면 중심을 기준으로 22.5° 이다. 그 결과는 하기되는 도 8과 같다.

[0036] 실험결과, 상기 관통홀(110)이 없는 매끈한 원통은 항력계수가 약 1.2 내지 1.35로 나타났고, 상기 관통홀(110)이 구비된 상기 원통(100)은 항력계수가 약 0.9 내지 1.15로 나타났다. 따라서, 상기 관통홀(110)이 구비된 상기 원통(100)이 상기 관통홀(110)이 없는 매끈한 원통보다 항력계수가 약 0.2 내지 0.3 정도 낮음을 알 수 있다.

[0038] 다음으로, 본 발명의 전방향성 항력계수 절감을 입증하기 위하여 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)을 상기 원통(100)의 길이방향을 축으로 5등분하여, 각각의 항력계수를 측정하였다. 즉, 상기 관통홀(110)과 인접한 관통홀(110)이 이루는 각이 상기 원통(100)의 단면 중심을 기준으로 22.5° 이므로, 22.5° 를 5등분 한 4.5° 의 간격으로 측정하는 것이다. 따라서, 상기 원통(100)을 일정한 방향으로 4.5° 씩 회전시키면서 측정하였다. 그 결과는 하기되는 도 9와 같다.

[0039] 실험결과를 살표보면, 앞서 살펴본 도 8과 같이 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)의 항력계수는 0.9 내지 1.15로 나타난다. 즉, 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)에 대하여, 유체의 유동방향과 상기 관통홀(110)이 이루는 각도가 0° 일 때 측정한 항력계수와 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)을 길이방향을 축으로 4.5° 씩 회전하여 측정한 항력계수가 큰 차이를 보이지 않는 것이다.

[0040] 따라서 실험결과, 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)의 경우, 각도에 관계없이 레이놀드수에 따른 항력계수가 거의 일정함을 알 수 있다. 즉 상기 관통홀(110)을 구비한 상기 원통(100)은 모든 방향에서의 유체의 유동에 대해 항력계수를 감소시키는 것이다.

[0042] 다음으로, 도 6과 같이 슬릿(120)을 구비한 원통(100)과의 항력계수를 비교하기 위하여, 레이놀드수를 110,000으로 고정하고, 유체의 유동방향에 따른 항력계수의 변화를 측정하였다. 그 결과는 하기되는 도 10과 같다.

[0043] 실험결과, 상기 슬릿(120)을 구비한 원통의 경우, 유체의 유동방향과 상기 슬릿(120)이 이루는 각도가 0° 일 때는 상기 관통홀(110)을 구비한 원통(100)과 비교하여 항력계수가 더 낮다. 그러나, 상기 유체의 유동방향과 상기 슬릿(120)이 이루는 각도가 증가함에 따라, 상기 슬릿(120)을 구비한 원통은 상기 관통홀(110)을 구비한 원통(100)에 비해 항력계수가 높아짐을 알 수 있다.

[0045] 실험결과에서 알 수 있듯이 본 발명에 따른 상기 관통홀(110)을 구비한 원통(100)은, 다른 원통에 비해 상기 원통(100)이 받는 유체의 저항을 감소시킬 수 있는 것이다. 따라서, 본 발명에서 상기 관통홀(110)을 일정 각도로 돌려가면서 높이방향을 기준으로 나선형으로 구성하여, 유체가 지날 때 후류 구조의 변화, 유동 흡입 및 배출에 의한 유동 박리점 지연과정을 모두 겪으면서 상기 원통(100)이 받는 항력이 감소하게 된다. 또한, 나선형 구조로 생성된 상기 관통홀(110)은 특정 방향에 구애 받지 않고, 모든 방향의 유체 유동에 항력을 감소시킬 수 있다. 일례로, 본 발명은 풍력발전기에서 활용될 수 있으며, 유체의 저항을 감소시켜야 하는 모든 부재에 적용 가능하다.

[0047] 이와 같이, 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0048] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로써 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타나며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는

것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

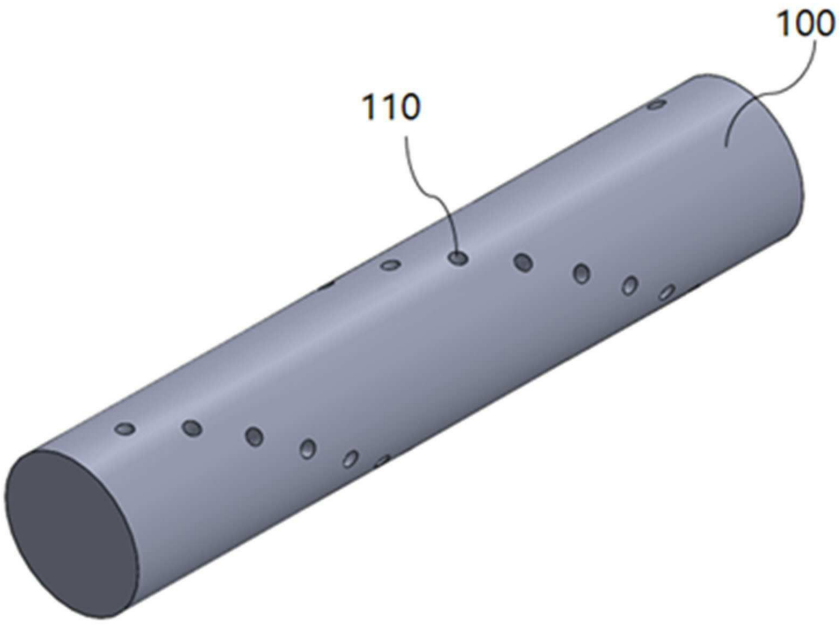
[0049] 100 : 원통

110 : 관통홀

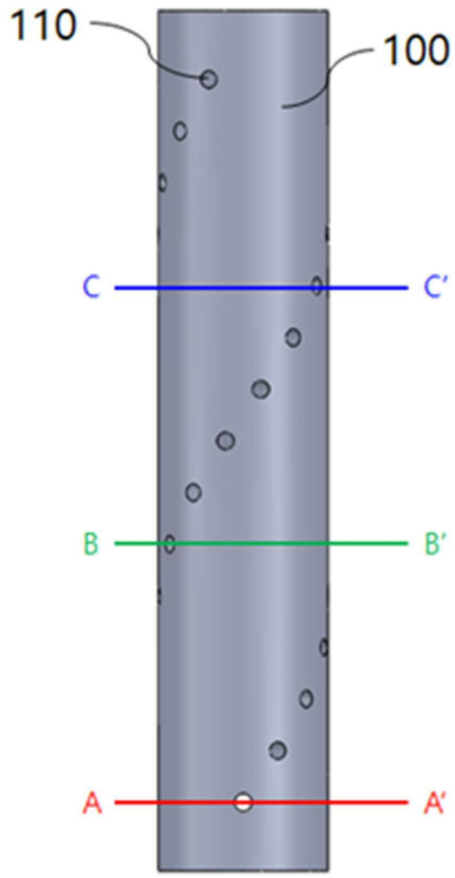
120 : 슬릿

도면

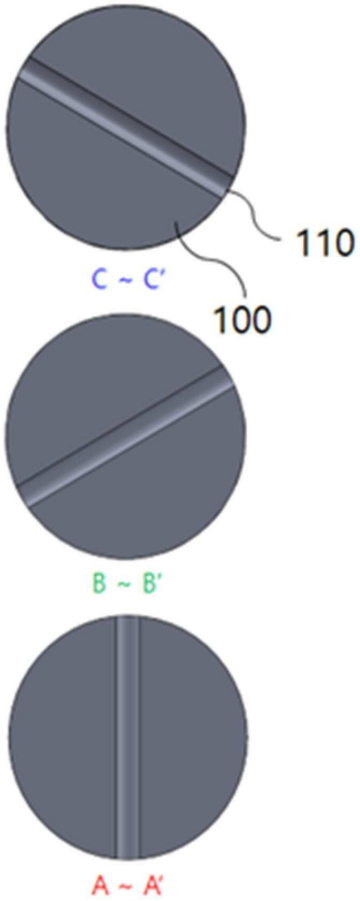
도면1



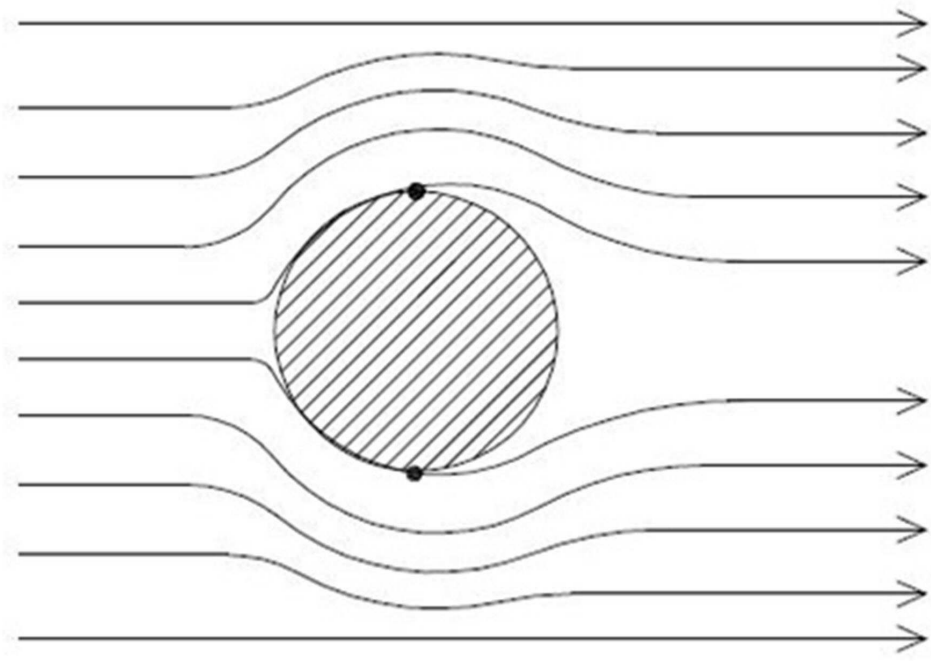
도면2



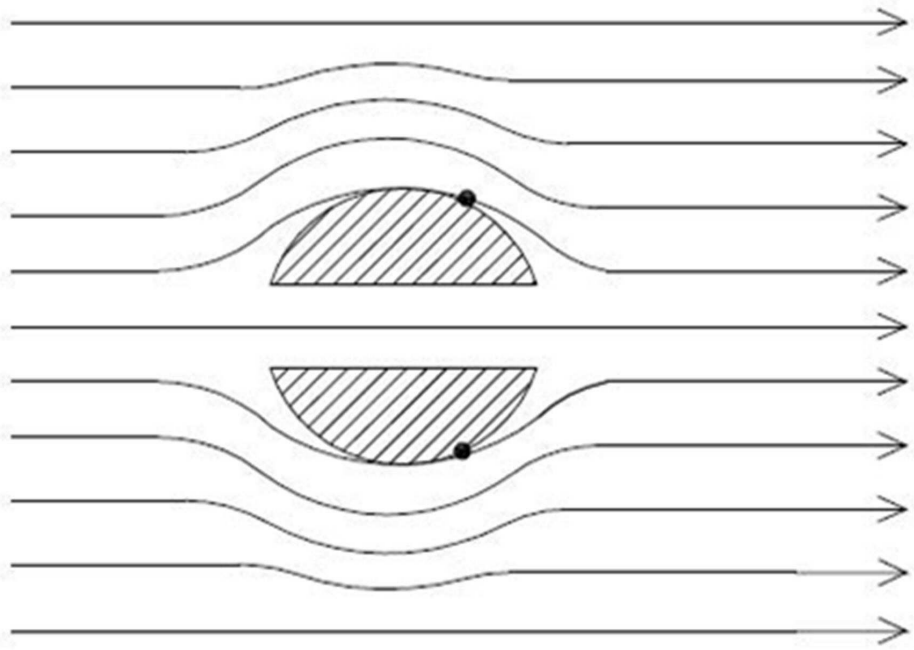
도면3



도면4



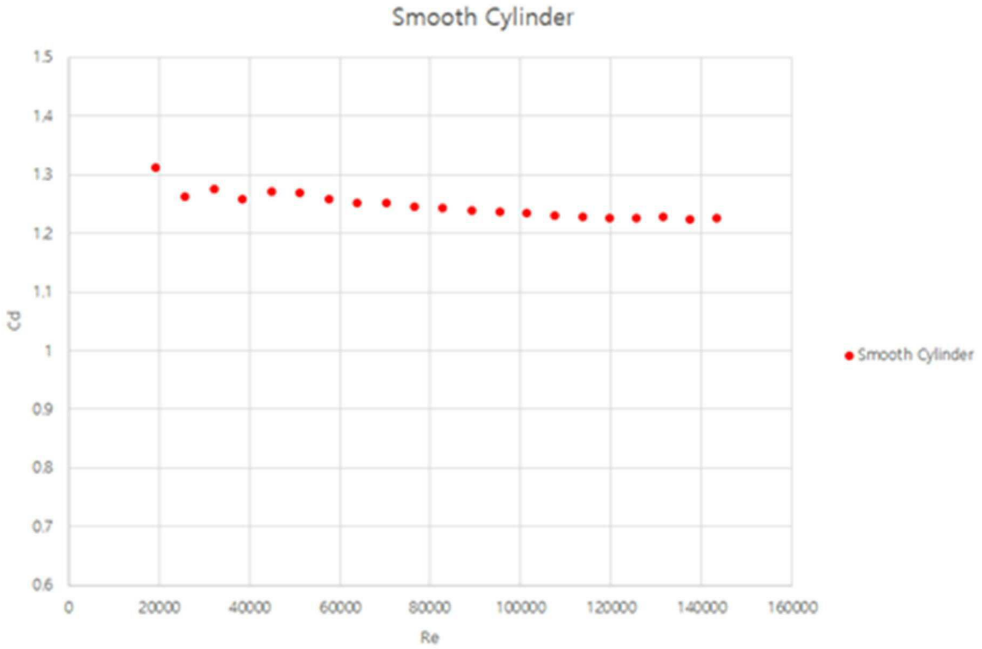
도면5



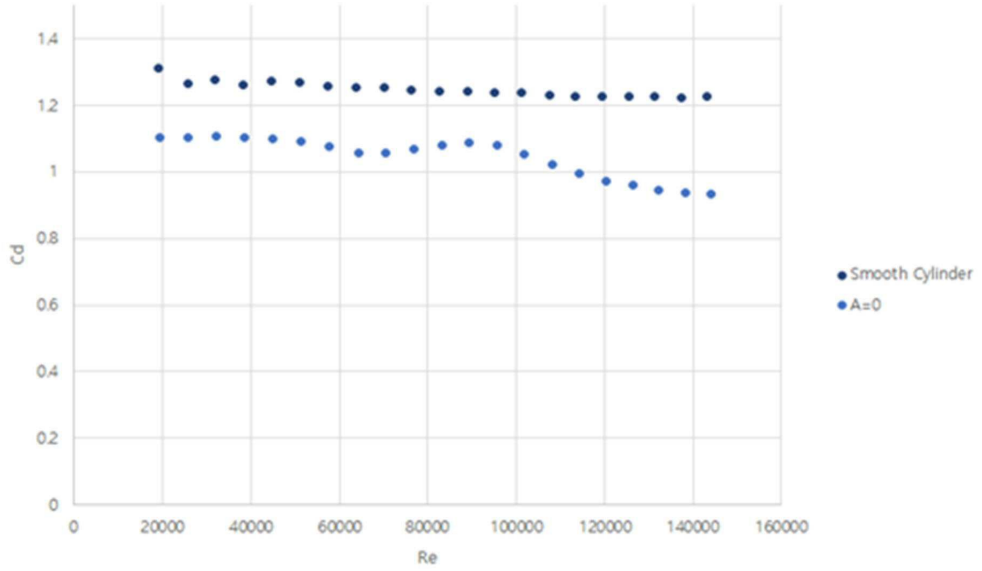
도면6



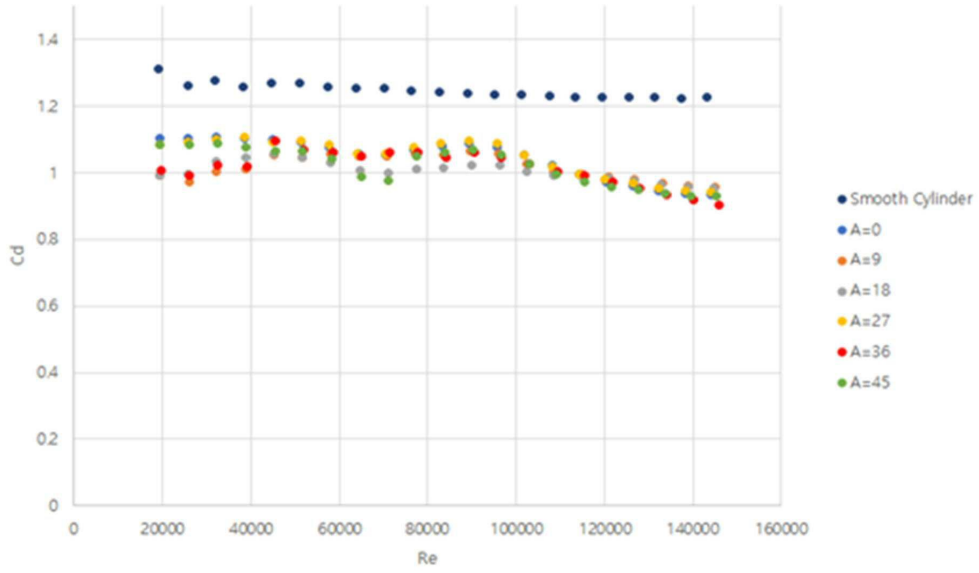
도면7


Smooth Cylinder
Cd
Re
Smooth Cylinder

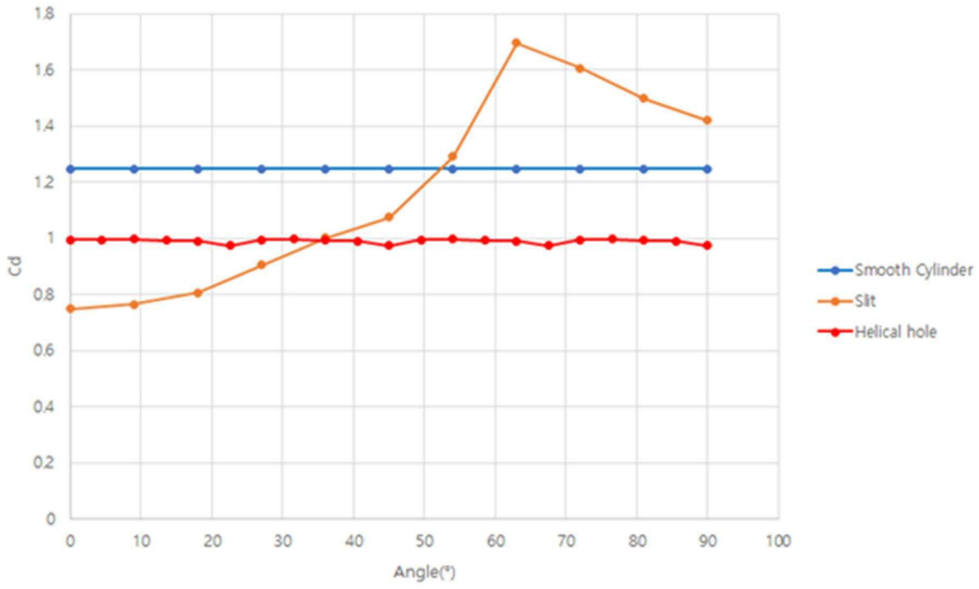
도면8


Cd
Re
Smooth Cylinder
A=0

도면9


1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Cd
0
20000
40000
60000
80000
100000
120000
140000
160000
Re
Smooth Cylinder
A=0
A=9
A=18
A=27
A=36
A=45

도면10


1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Cd
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Angle(°)
Smooth Cylinder
Slit
Helical hole