



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월14일
(11) 등록번호 10-0813698
(24) 등록일자 2008년03월07일

(51) Int. Cl.

B05B 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0099341

(22) 출원일자 2006년10월12일

심사청구일자 2006년10월12일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060050589 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

한정환

경기 성남시 분당구 수내동 푸른마을신성아파트
301-1102

박성한

서울 관악구 봉천5동 관악드림타운아파트 131동
1603호

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 장성원

(54) 저온 분사 코팅용 초음속 노즐 및 이를 이용한 저온 분사코팅 방법

(57) 요약

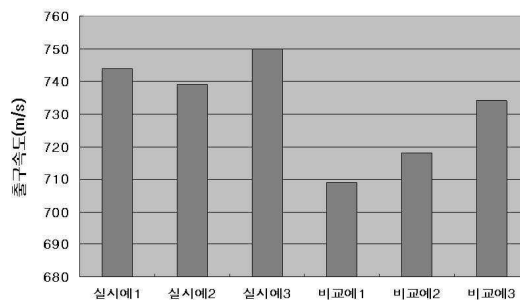
본 발명은 저온 분사 코팅용 초음속 노즐 및 상기 노즐을 이용한 저온분사 코팅 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 분말을 저온에서 고속으로 분사하여 피사체를 코팅할 때 높은 분사속도를 얻기 위한 최적의 형상을 가지는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐과 이를 이용한 저온 분사 코팅 방법에 관한 것이다.

본 발명의 한가지 태양으로서 저온 분사 코팅용 노즐은 단면감소부, 노즐 목 및 단면증가부를 포함하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐로서, 하기 단면증가율이 0.028~0.03인 것을 특징으로 한다.

단면증가율 = 팽창비/D

여기서, 팽창비는 코팅재가 분사되는 노즐 선단부(노즐 출구)의 직경/노즐 목의 직경, D는 노즐 단면적이 증가하는 부위의 길이를 의미한다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

KR1020020071939 A

KR1020000053209 A

KR100568364 B1

JP 평8-242043 A

특허청구의 범위

청구항 1

단면감소부, 노즐 목 및 단면증가부를 포함하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐로서, 하기 관계식 4에 따른 단면 증가율이 0.028~0.03인 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐.

[관계식 4]

단면증가율 = 팽창비/D

여기서, 팽창비는 코팅재가 분사되는 노즐 선단부(노즐 출구)의 직경/노즐 목의 직경, D는 노즐 단면적이 증가하는 부위의 길이를 의미한다.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 팽창비는 6.25~6.43인 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 단면증가부의 길이는 210~225mm인 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 노즐의 단면감소부의 길이가 27~37mm이고 압축비가 9~9.5인 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐.

여기서, 압축비는 노즐 후단부(노즐 입구)의 직경/노즐 목의 직경을 의미한다.

청구항 5

단면감소부, 노즐 목 및 단면증가부를 포함하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐로서, 상기 관계식 4에 따른 단면 증가율이 0.028~0.03인 노즐을 준비하는 단계; 및

상기 노즐을 이용하여 가스 유량 0.07~0.09 l/sec로 코팅재와 함께 분사하는 단계를 포함하는 저온 분사 코팅 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 분사시 압력을 2.0~3.0MPa로 유지하는 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 분사시 분사 가스의 온도를 300~500℃로 유지하는 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 노즐 선단부와 피사체 사이의 거리는 41~50mm인 것을 특징으로 하는 저온 분사 코팅 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<9> 본 발명은 저온 분사 코팅용 초음속 노즐 및 상기 노즐을 이용한 저온분사 코팅 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 분말을 저온에서 고속으로 분사하여 피사체를 코팅할 때 높은 분사속도를 얻기 위한 최적의 형상을 가지는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐과 이를 이용한 저온 분사 코팅 방법에 관한 것이다.

<10> 저온 분사 코팅(cold spray coating)이라 함은 코팅할 분말을 분사하여 코팅하는 분사 코팅법 중 하나의 방법이

다. 상기 분사코팅법 중 또하나의 주요한 방식으로는 용융 분사 코팅법(간략히 용사코팅법, thermal spray coating)을 들 수 있는데, 상기 용융 분사 코팅법은 코팅할 재료를 미리 고온에서 용융시킨 후 피사체의 표면에 분사하는 방법인데, 용융하여 분사하기 때문에 코팅재가 용이하게 코팅될 수 있다.

- <11> 따라서, 일반적으로는 상기 용사코팅법이 많이 사용되고 있으나 고온으로 용융시킬 경우 재료가 반응하거나, 고온조직이 형성되어 최종적으로 얻고자 하는 코팅층이 얻어지지 않는 등의 문제가 발생하는 경우에는 상기 용사법은 적용될 수 없다.
- <12> 그 대안으로 저온 분사 코팅법이 제안되게 되었는데, 상기 저온 분사 코팅법은 용융분사 코팅법과는 달리 재료가 반응하거나 재료의 조직이 변동되지 않는 상온 또는 이와 유사한 온도인 저온 영역에서 코팅될 재료를 분사하여 코팅하는 방법을 말한다. 그런데, 저온으로 분사 코팅할 경우 분사되는 재료들의 코팅성이 문제가 된다. 즉, 상기 용사코팅법으로 재료를 코팅할 경우에는 재료가 고온으로 용융되어 분사되기 때문에, 재료 상호간은 물론이고 피사체와 재료(코팅재)사이에도 고온 확산 또는 용착되는 현상이 일어나서 피사체의 표면에 견고한 코팅층을 얻을 수 있다.
- <13> 그러나, 저온 분사 코팅법에 의할 경우에는 상기 용사 코팅법과는 달리 코팅재의 온도가 저온이므로 코팅재 상호간 또는 피사체와 코팅재 사이에 고온 확산 또는 용착 등의 현상을 기대하기는 어렵다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 저온 분사 코팅법을 실시할 때에는 코팅재의 속도를 극대화시켜 코팅재의 운동에너지가 코팅재 상호간 또는 피사체와 코팅재 사이의 결합력을 제공할 수 있도록 할 필요가 있다.
- <14> 분사되는 코팅재의 속도를 극대화 시키기 위해서는 코팅재의 분사조건에 대하여 검토할 필요가 있다. 즉, 코팅재는 단독으로 분사되는 것이 아니라, 캐리어 가스에 의해 수송되어 피사체의 표면으로 분사되는데, 높은 캐리어 가스 속도를 얻기 위해서 도 1에 도시한 바와 같이 입구 쪽에서부터 구경이 감소하다가 일정부위부터는 다시 구경이 증가하는 형태의 노즐, 소위 Laval 노즐이라는 초음속 노즐을 이용하여 코팅되는 것이 일반적이다.
- <15> 그런데, 지금까지 개발된 초음속 노즐은 대부분이 기체만 분사하는 경우에 대비한 것으로서 본 발명에서 대상으로 하는 저온 분사 코팅법에 사용하기에 최적의 것이라고는 할 수 없는 것이었다. 즉, 통상의 초음속 노즐은 가스만 분사하는 것으로서 통상의 단열 수축 및 단열 팽창을 고려한 초음속 노즐 설계방식을 이용할 경우 원하는 사양을 도출할 수 있는 것이나 본 발명에서 대상으로 하는 저온 분사 코팅시에는 고상의 입자가 노즐을 통하여 분사되기 때문에 간단한 열역학적인 계산만으로는 가능하지 않으며, 따라서 현재까지는 적정화된 노즐 형태가 도출된 적은 없었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <16> 본 발명은 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 고상의 입자를 저온에서 분사 코팅할 수 있는 적절한 노즐 형상과 이를 이용하여 저온 분사 코팅하는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <17> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 한가지 태양으로서 저온 분사 코팅용 노즐은 단면감소부, 노즐 목 및 단면증가부를 포함하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐로서, 하기 단면증가율이 0.028~0.03인 것을 특징으로 한다.
- <18> 단면증가율 = 팽창비/D
- <19> 여기서, 팽창비는 코팅재가 분사되는 노즐 선단부(노즐 출구)의 직경/노즐 목의 직경, D는 노즐 단면적이 증가하는 부위의 길이를 의미한다.
- <20> 이때, 상기 팽창비는 6.25~6.43인 것이 바람직하다.
- <21> 그리고, 상기 단면증가부의 길이는 210~225mm인 것이 효과적이다.
- <22> 또한, 상기 노즐의 단면감소부의 길이가 27~37mm이고 압축비가 9~9.5인 것이 바람직하다.(여기서, 압축비는 노즐 후단부(노즐 입구)의 직경/노즐 목의 직경을 의미한다.)
- <23> 본 발명의 또다른 한가지 태양인 저온 분사 코팅 방법은, 단면감소부, 노즐 목 및 단면증가부를 포함하는 저온 분사 코팅용 초음속 노즐로서, 상기 관계식 3에 따른 단면증가율이 0.028~0.03인 노즐을 준비하는 단계; 및 상기 노즐을 이용하여 가스 유량 0.07 ~0.09 l/sec 로 코팅재와 함께 분사하는 단계를 포함한다.
- <24> 이때, 분사시 압력은 2.0~3.0MPa로 유지하는 것이 바람직하다.

- <25> 그리고, 분사시 분사 가스의 온도를 300~500℃로 유지하는 것이 좋다.
- <26> 또한, 노즐 선단부와 피사체 사이의 거리는 41~50mm 인 것이 효과적이다.
- <27> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- <28> 본 발명의 발명자들은 상기 코팅재가 피사체 표면으로 저온에서 분사되어 코팅될 수 있도록 하기 위해서는, 가급적 높은 속도로 분사되어야 할 필요가 있다는 사실을 알 수 있었다.
- <29> 이때, 높은 분사속도를 얻기 위해서는 노즐 형상 중 특히 노즐 목(throat, 직경이 감소하다가 증가하는 초음속 노즐의 형상 중 직경이 가장 작은 부위를 의미함)의 직경 대비 노즐 팽창부의 최대 직경(즉, 출구의 직경)의 비율을 의미하는 팽창비(Expansion Ratio, 간단히 ER)가 미치는 영향이 지대하다는 것을 발견하고 본 발명에 이르게 되었다.
- <30> 다시 말하면, 분사시 캐리어 가스는 입구에서 노즐 목까지는 점차적인 단열 수축 과정을 경험하다가 노즐 목에서 입구까지는 급격한 단열 팽창 과정을 겪게 된다. 상기 단열 팽창과정에서 가스의 부피 팽창은 매우 급격해지며 그 결과 노즐 선단에서의 속도가 경우에 따라서는 초음속에까지 이르게 되는 것이다. 이때, 상기 가스의 팽창 정도는 노즐목과 노즐 입구 사이의 직경비에 의해 결정될 수 있는데, 이를 노즐의 팽창비라 하며 이를 적절한 범위로 제어할 경우 동일한 조건에서 높은 입자분사속도를 얻을 수 있는 것이다.
- <31> 이를 위해서는 우선 노즐내부에서 일어나는 가스의 열역학적인 거동을 이해할 필요가 있는데, 이를 위하여 순수한 가스를 이용하여 상기 노즐의 팽창비를 이용할 경우 하기 관계식 1에 의해 그 속도 변화를 판단할 수 있다.

<32> [관계식 1]

<33>
$$\frac{1}{A} \frac{dA}{dx} = (M^2 - 1) \frac{1}{u} \frac{du}{dx}$$

- <34> 단, 여기서 A는 노즐의 단면적, u는 가스의 선속도, 가스 흐름방향의 좌표, M은 마하(Mach) 수로서 u/a로 표시되며, 이때 a는 음속을 의미한다.
- <35> 상기 관계식 1로부터 판단할 수 있듯이 초음속 영역(M>1)에서는 가스의 진행방향에 따라 단면이 증가(즉, dA/dx > 0)할 때 속도도 증가(du/dx > 0)하게 된다는 것을 알 수 있다. 그러나, 단면의 증가율(dA/dx)가 과다하게 클 경우에는 상기 관계식 1이 적용될 수 없다. 이는 가스 흐름에 충격파(shock wave)가 발생하기 때문이다. 따라서, 상기 단면 증가율에는 어느 정도 제한이 따르게 된다.
- <36> 또한, 분말 형태로 가스에 의해 운송되어 노즐로부터 분사되는 코팅재는 이송되는 가스의 속도에 의해 그 속도가 결정되는데, 일반적으로 단면적이 증가하는 형태의 입구를 가지는 노즐로부터 분사될 경우에는 가스의 노즐 선단 속도보다 약간 낮은 속도를 가지게 된다.
- <37> 그러나, 이후 노즐 밖으로 토출된 가스는 주위의 압력이나 가스 밀도 등의 조건에 의해 충격파를 발생하게 되고 상기 충격파에 의해 가스의 운동에너지는 감소하게 된다. 따라서, 노즐 밖으로 토출된 가스는 그 속도가 감소하는 것이 일반적이다. 그러나, 가스보다 밀도가 높은 코팅재는 높은 밀도로 인하여 관성력이 가스보다 크고 그 결과 가스 상에 충격파가 어느 정도 발생되어도 코팅재의 초기 속도가 높다면 피사체에 도달하는 코팅재 속도의 감소량이 크지 않고 충분하게 될 수도 있다.
- <38> 따라서, 단순히 노즐로부터 분사되는 가스상의 속도와 분사된 가스상에 발생하는 충격파의 크기를 판단하더라도 노즐로부터 분사되는 코팅재의 적절한 속도를 예측하는 것은 어려운 일이다.
- <39> 본 발명의 발명자들은 수회에 걸친 수치 모사 시험에 따라 상기 노즐로부터 가스의 선속이 아니라 피사체에 도달하는 코팅재의 선속이 가장 높게 유지되는 바람직한 조건에 대하여 검토한 결과 상술하였듯이, 하기 관계식 2에 의한 단면증가율이 0.028 내지 0.03인 것이 바람직하다는 것을 확인할 수 있었다.

<40> [관계식 2]

<41> 단면증가율 = 팽창비/D

- <42> 여기서, 팽창비는 노즐 선단부의 직경/노즐 목의 직경, D는 도 1의 노즐 단면적이 증가하는 부위의 길이를 의미한다.

- <43> 상기 단면증가율이 0.028 미만인 경우에는 노즐 선단의 가스의 선속도가 너무 낮아서 상기 가스에 의해 이송되는 코팅재의 속도도 충분하지 못하기 때문에 바람직하지 못하고, 반대로 상기 단면증가율이 0.03를 초과할 경우에는 노즐로부터 배출된 가스의 충격파에 의한 속도감소량이 너무 커서 코팅재의 속도까지 감소시킬 정도이므로 바람직하지 못하다.
- <44> 물론, 저온 분사 코팅에 사용되는 코팅재의 유량은 특별히 제한되지 않으므로 상기한 노즐 설계 조건을 사용할 경우에는 최대의 속도로 코팅재를 저온 분사 코팅할 수 있다. 그러나, 보다 바람직한 노즐 설계를 위해서 일반적으로 사용되는 코팅재의 분사 유량(0.13~0.16g/sec)을 감안하면 하기 관계식 3과 같이 노즐 목의 직경과 분사 유량과의 관계를 적합한 범위내로 제한할 수 있다.
- <45> [관계식 3]
- <46> $20.76 \leq \text{노즐목 직경(mm)} / \text{분사유량(g/sec)} \leq 30$
- <47> 상기 관계식 3에 기재된 비율이 20.76(mm·sec/g) 미만일 경우에는 코팅재로 인하여 노즐 목 부위에서 가스 흐름이 교란되고 그 결과 충분한 선속도를 얻기 곤란하며, 상기 관계식 3의 비율이 30(mm·sec/g)를 초과할 경우에는 과다한 유량의 가스를 흘려야 하므로 저온 분사 코팅법에 적당하지 않다.
- <48> 또한, 사용되는 코팅재의 크기와 밀도 및 통상 저온 분사 코팅 등에 사용되는 유량 등을 고려할 경우에는 가장 바람직한 팽창비는 6.25 ~ 6.43이며 가장 바람직한 단면 증가부의 길이(D)는 210~225mm 이다.
- <49> 상기와 같은 본 발명의 바람직한 분사조건하에서 입자의 속도를 보다 높이기 위해서는 분사 압력을 2.0~3.0MPa로 조절하는 것이 바람직하다. 만일 상기 분사압력이 2.0MPa 미만일 경우에는 코팅재 입자에 대한 추진력이 부족하여 저온분사코팅에 부적합하며, 반대로 상기 분사압력이 3.0MPa를 초과할 경우에는 경제성이 떨어져 불리하다.
- <50> 또한, 코팅재를 분사할 때의 분사 가스의 온도는 300~500℃인 것이 바람직하다. 상기 분사온도가 300℃ 미만일 경우에는 코팅재의 소성변형이 충분하지 못하여 피사체 표면에 충분한 강도로 코팅되기 어려우며, 500℃를 초과할 경우에는 코팅재가 용융되거나 조직이 변하는 등의 문제가 발생할 수 있어 바람직하지 못하다.
- <51> 또한, 본 발명에 따른 노즐 형태하에서 상기 분사압력과 가스온도를 충족시킬 수 있는 바람직한 가스 유량은 0.07~0.09l/sec 이다.
- <52> 또한, 상기 도 1에서 나타낸 단면감소부의 길이(C)와 단면 감소부의 압축비(노즐 입구의 직경과 노즐목의 직경의 비율)에 따른 영향은 상기 단면증가부의 단면증가율에 비해서는 그 영향이 크지 않으나 상기 단면감소부의 길이(C)를 27~37mm, 압축비를 9~9.5로 하는 것이 높은 분사속도를 위해 보다 바람직하다.
- <53> 따라서, 상술한 본 발명의 바람직한 형태의 노즐을 사용할 경우에는 입자 속도가 최대가 되는 분사 노즐을 얻을 수 있다.
- <54> 또한, 상기 바람직한 형태의 노즐을 포함하는 저온 분사시스템은 상기 노즐과 상기 노즐의 전방에 위치하고 코팅된 부분의 표면이 상기 노즐의 분사방향에 대하여 실질적으로 수직인 코팅면을 가지는 피사체로 구성되는 저온 분사 시스템으로서 상기 노즐의 선단에서부터 피사체까지의 거리가 41~50mm인 것을 특징으로 한다. 상기 피사체까지의 거리가 41mm 미만일 경우에는 노즐과 피사체까지의 거리가 너무 짧아 노즐로부터 분사되는 가스의 유동이 교란되어 분사되는 코팅재의 분사속도와 분사방향에 영향을 미칠 수 있기 때문에 바람직하지 않으며, 반대로 피사체까지의 거리가 50mm를 초과할 경우에는 코팅재의 속도가 거리에 따라 감소하기 때문에 피사체에 도달한 코팅재가 코팅되기에 충분하지 못한 속도를 가지고 있을 수 있으므로 바람직하지 않다.
- <55> 이하, 실시예를 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 다만, 본 발명의 권리범위는 하기의 실시예에 의해 제한되는 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 권리범위를 제한하기 위한 것이 아니며, 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 해석되는 사항에 의해 정해지는 것이기 때문이다.
- <56> (실시예)
- <57> 하기 표 1에 기재한 조건으로 노즐을 설계하고 그 형태를 모사하여 수치 모사 실험을 행하였다. 모든 경우의 가스 유량은 0.08 l/sec로 정하였고 코팅재 분사 속도는 조건에 따라 약간씩 달라지지만 0.13~0.16 g/sec로 하였다. 가스 압력과 온도는 각각 2.5MPa 및 327℃로 통일하여 사용하였다.

표 1

<58>

구분	단면감소부 이(C)	단면증가부 이(D)	노즐 입구 구경(A)	노즐 목 직경(T)	노즐 출구 구경(B)	압축비(A/T)	팽창비(B/T)	단면증가율((B/T)/D)	분사유량(Q)
실시예1	32	218	8.2	2.7	6.8	9.22	6.34	0.0290	0.14
실시예2	32	211	8.2	2.7	6.75	9.22	6.25	0.0296	0.14
실시예3	32	225	8.2	2.7	6.85	9.22	6.43	0.0285	0.14
비교예1	32	218	8.2	2.7	5.63	9.22	4.34	0.0199	0.14
비교예2	32	218	8.2	2.7	8	9.22	8.77	0.0400	0.14
비교예3	32	218	8.2	2.7	6.67	9.22	6.10	0.0280	0.14

<59>

상기 표 1에서 알 수 있듯이, 실시예1 내지 실시예3은 본 발명의 단면증가율 범위를 충족하는 것인 반면, 비교예1은 단면증가율이 0.0199로서 본 발명의 단면증가율보다 낮은 값을 나타내고, 비교예2는 단면증가율이 0.0400로서 본 발명에서 규정하는 단면증가율 범위를 초과하는 경우를 나타낸다. 또한, 비교예3은 단면증가율은 본 발명에서 규정하는 범위를 만족하나 팽창비가 6.10로서 본 발명에서 규정하는 범위보다 작은 경우를 나타낸다.

<60>

상기, 표 1의 조건으로 평균직경 15 μ m인 Al 입자를 분사하는 경우의 분사속도를 도 2에 나타내었다.

<61>

도 2의 결과로부터 알 수 있듯이 본 발명에서 규정하는 조건으로 Al 입자를 분사한 경우인 실시예1 내지 실시예3의 경우에는 각 입자의 속도가 모두 739m/sec 이상으로 나타난 반면, 비교예1, 비교예2 및 비교예3에서는 각각 709m/sec, 718m/sec 및 734m/sec으로서 실시예보다 Al 입자를 저온 분사 코팅 효율이 떨어지는 결과를 나타내고 있었다.

<62>

따라서, 본 발명의 효과를 확인할 수 있었다.

발명의 효과

<63>

상술한 바와 같이, 본 발명에 의할 경우에는 고상의 입자를 저온에서 분사 코팅할 수 있는 적절한 노즐 형상을 제공할 뿐만 아니라 상기 노즐을 이용하여 높은 입자속도를 얻을 수 있는 적절한 저온 분사 코팅방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1>

도 1은 초음파 노즐의 개략 단면도, 그리고

<2>

도 2는 본 발명의 실시예1 내지 실시예3 및 비교예1 내지 비교예3에 의해 Al 입자를 저온 분사 코팅하였을 때 노즐 선단에서의 입자 속도를 비교하는 그래프이다.

<3>

(부호의 설명)

<4>

A : 노즐 입구(노즐 후단부)의 직경,

<5>

B : 노즐 출구(노즐 선단부)의 직경,

<6>

T : 노즐 목의 직경,

<7>

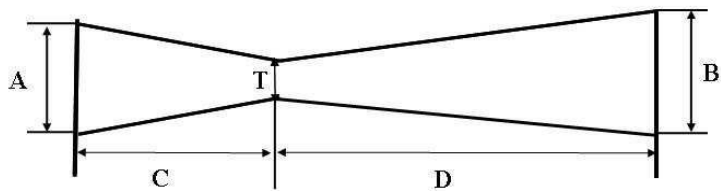
C : 단면감소부의 길이,

<8>

D : 단면증가부의 길이

도면

도면1



도면2

