



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0097508
(43) 공개일자 2008년11월06일

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0042429

(22) 출원일자 2007년05월02일

심사청구일자 2007년05월02일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

김낙수

서울 관악구 봉천6동 우성아파트 104-205

이재열

서울 마포구 신수동 35-5

(74) 대리인

이지연

전체 청구항 수 : 총 6 항

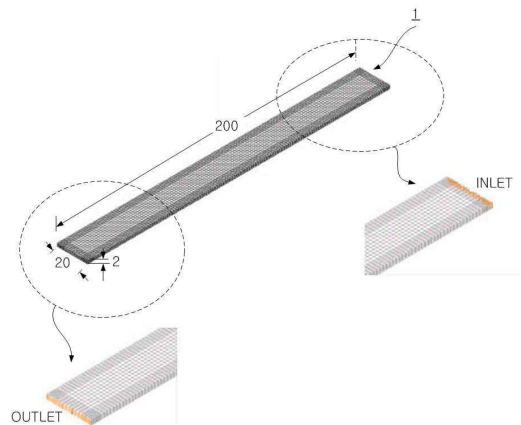
(54) 사출 성형에서의 초음파 가진 조건 설계방법

(57) 요약

본 발명은 사출 성형에서의 초음파 가진 조건 설계방법에 관한 것이다. 상기 사출 성형에서의 초음파 가진 조건 설계 방법은, 다양한 초음파 가진 조건들로 이루어지는 다수 개의 동작 모드들을 설정하는 단계, 상기 동작 모드들에 따라 캐비티 내부에서의 유체 속도장 형상들을 예측하는 단계, 상기 예측된 속도장 형상들을 좌표상의 함수들로 변환하는 단계와, 상기 변환된 함수들로부터 상기 캐비티 내부 벽면의 속도 서브루틴을 해석하는 단계, 해석된 결과로부터 각 동작 모드들에 따른 금형의 충전성을 추출하는 단계, 최적의 충전성을 갖는 동작 모드를 선택하는 단계를 포함하여 구성된다.

본 발명에 의하여, 초음파 가진 조건의 적절한 모델링을 통하여 사출 성형에서의 금형 충전을 해석하기 위해 초음파 가진 조건에서의 충전 양상과 그 원인을 분석할 수 있도록 함으로써, 사출 성형에서의 최적의 충전성을 갖는 초음파 가진 조건을 설계할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

사출성형공정에서 초음파 가진조건을 설계하는 방법에 있어서;

- (a) 다양한 초음파 가진 조건을 갖는 다수 개의 초음파 가진 모드들을 설정하는 단계;
- (b) 상기 설정된 각 모드들에 대하여 금형의 캐비티 내부에서의 유체 속도장 형상들을 예측하는 단계;
- (c) 각 모드에 대하여 상기 예측된 속도장 형상들을 각각 좌표상의 함수들로 변환하는 단계;
- (d) 각 모드들에 대하여 상기 변환된 좌표상의 함수들을 소정의 해석 틀에 적용하여 각 모드에 따른 캐비티내의 유체 충전율을 추출하는 단계;
- (e) 각 모드에 따른 충전율을 분석하여 최적의 초음파 가진 조건을 설정하는 단계;

를 구비하여, 사출 성형에서의 최적의 충전율을 갖는 초음파 가진 조건을 설계하는 것을 특징으로 하는 초음파 가진조건 설계방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계는 금형의 캐비티의 초기조건을 제공하고, 상기 캐비티의 초기조건에 따라 각 모드에 대한 속도장 형상들을 예측하는 것을 특징으로 하는 초음파 가진조건 설계방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 (b) 단계는 상기 캐비티를 형성하는 금형의 초기조건을 더 제공하고, 상기 금형의 초기 조건 및 상기 캐비티의 초기 조건에 따른 금형 거동을 해석하고, 해석된 금형 거동에 따라 각 모드에 대한 속도장 형상들을 예측하는 것을 특징으로 하는 초음파 가진조건 설계방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 (a) 단계의 각 모드를 구성하는 초음파 가진 조건은 초음파 진동 방향 및 최대 속도값을 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 가진 조건 설계 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 (a) 단계의 각 모드는 상기 캐비티의 넓은 방향을 따라 초음파 가진 조건을 변경하면서 설정되는 것을 특징으로 하는 초음파 가진조건 설계방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 초음파 가진 조건 설계 방법은 (f) 각 모드에 따라 충전 시 내부 유체의 점도, 유체의 충전율, 유체의 충전시간 중 적어도 어느 하나 이상을 분석하고, 분석된 결과에 따라 최적의 초음파 가진 조건을 설계하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 가진조건 설계방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<16> 본 발명은 초음파 가진조건 설계방법에 관한 것으로서, 특히 사출성형공정에서 초음파 가진조건을 설계할 때에 유동해석에 초점을 두어 최적의 금형의 충전성을 갖는 가진조건을 설계할 수 있는 사출성형에서의 초음파 가진 조건 설계방법에 관한 것이다.

<17> 사출성형공정에 있어서 금형 충전 과정은 금형의 최적설계, 성형제품의 형상에 따라 많은 영향을 받는다. 특히, 제품의 소량화 경량화가 요구되고 있는 요즘의 추세에 맞추어 얇은 평판 형상에서의 충전성이 많은 관심을 받고

있다. 그러나, 재료 특성상 높은 압력에도 불구하고 금형에 의한 냉각이나 유체 자유 표면에서의 표면 장력에 대한 영향, 유체 자체가 갖고 있는 점성 특성으로 인해 금형내의 미충전의 결과를 가지고 온다. 사출성형을 하는 현장에서는 이미 몇 년 전부터 금형에 초음파 가진을 시켜줌으로써 이러한 미충전 현상을 해결해 오고 있기는 하나, 금형 및 그 캐비티에 따른 최적화된 초음파 가진조건을 설계하기는 어려움이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <18> 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 사출성형 충전과정에서 초음파 가진에 따른 충전되는 정도를 측정하여 초음파 가진조건을 설계하는데 있어서, 적절한 모델링을 통하여 사출 성형에서의 금형 충전을 해석하기 위해 초음파 가진조건에서의 충전 양상과 그 원인을 분석하여 최적의 충전성을 갖는 효율적인 가진조건을 설계하는 초음파 가진조건 설계방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 상기한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 특징에 따른 초음파 가진조건 설계방법은,
- <20> (a) 다양한 초음파 가진 조건을 갖는 다수 개의 초음파 가진 모드들을 설정하는 단계,
- <21> (b) 상기 설정된 각 모드들에 대하여 금형의 캐비티 내부에서의 유체 속도장 형상들을 예측하는 단계,
- <22> (c) 각 모드에 대하여 상기 예측된 속도장 형상들을 각각 좌표상의 함수들로 변환하는 단계,
- <23> (d) 각 모드들에 대하여 상기 변환된 좌표상의 함수들을 소정의 해석 틀에 적용하여 각 모드에 따른 캐비티내의 유체 충전율을 추출하는 단계,
- <24> (e) 각 모드에 따른 충전율을 분석하여 최적의 초음파 가진 조건을 설정하는 단계를 구비하여, 사출 성형에서의 최적의 충전율을 갖는 초음파 가진 조건을 설계한다.
- <25> 전술한 특징을 갖는 초음파 가진조건 설계 방법의 상기 (b) 단계는 금형의 캐비티의 초기조건을 제공하고, 상기 캐비티의 초기조건에 따라 각 모드에 대한 속도장 형상들을 예측하거나,
- <26> 상기 캐비티를 형성하는 금형의 초기조건 및 캐비티의 초기조건을 제공하고, 상기 금형의 초기 조건 및 상기 캐비티의 초기 조건에 따른 금형 거동을 해석하고, 해석된 금형 거동에 따라 각 모드에 대한 속도장 형상들을 예측하는 것이 바람직하다.
- <27> 전술한 특징을 갖는 초음파 가진 조건 설계 방법의 상기 (a) 단계의 각 모드를 구성하는 초음파 가진 조건은 초음파 진동 방향 및 최대 속도값을 포함하는 것이 바람직하며, 각 모드는 상기 캐비티의 넓은 방향을 따라 초음파 가진 조건을 변경하면서 설정되는 것이 바람직하다.
- <28> 전술한 특징을 갖는 상기 초음파 가진 조건 설계 방법은 (f) 각 모드에 따라 충전 시 내부 유체의 점도, 유체의 충전율, 유체의 충전시간 중 적어도 어느 하나 이상을 분석하고, 분석된 결과에 따라 최적의 초음파 가진 조건을 설계하는 단계를 더 구비하는 것이 바람직하다.
- <29> 이하, 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 사출 성형에서의 초음파 가진조건 설계 방법의 구성 및 작용 효과를 구체적으로 설명한다.
- <30> 금형의 캐비티 내부에서의 유체의 유동성을 향상시키기 위하여 초음파 가진을 적용하게 되면 가진의 조건에 따라 서로 다른 속도장이 캐비티 벽면에 형성하게 된다. 이렇게 형성된 캐비티내의 속도장은 일반적으로 복잡한 양상을 보이기 때문에 유동 특성을 파악하기가 쉽지 않다. 이러한 문제를 보완하기 위한, 본 발명은 먼저 캐비티의 조건만을 가정하고, 이에 따라 형성된 속도장을 예측하고, 가정된 속도장을 좌표상의 함수로 변환한 후, 그에 따른 캐비티 내부의 유체의 변화 양상을 비교 분석한다. 이를 단순 해석이라고 명명하고 이하에서는 단순 해석에 따른 실험례를 설명한다.
- <31> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법 중 단순 해석 방법에 사용되는 캐비티의 형상을 나타낸 도면이며, 도 2a, 도 2b, 도 2c, 도 2d는 단순해석 방법에 있어서 각 모드를 구성하는 제1가진조건, 제2가진조건, 제3가진조건, 제4가진조건에서의 각각의 속도장 형상을 나타낸 도면들이며, 도 3은 단순해석에 있어서 각 모드의 속도장에 따른 체적유량을 비교한 그래프이며, 도 4는 단순해석에 있어서 각 모드의 속도장에 따른 점도를 나타낸 도면이며, 도 5는 단순해석에 있어서 각 모드의 속도장에 따른 최대 및 최소 점도를 비교한 그래프이며, 도 6은 단순해석에 있어서 각 모드의 속도장에 따른 평균 점도를 비교한 그래프이다.

<32> 본 발명에 따른 초음파 가진조건 설계방법에 따라 실험함에 있어서, 도 1에 도시된 바와 같은 캐비티(1)를 가정하였고, 상기 캐비티의 초기 조건은 다음의 표 1과 같다. 사용된 경계 조건은 Pressure-Pressure를 적용하였으며, 입구와 출구 사이의 압력차는 60MPa이고, 임의의 최대변위는 125마이크로미터로 가정하였다. 입구부에서 온도 473.15K로 주입되는 유체는 323.15K의 벽면을 통과하여 최종적으로 상대 압력이 0MPa인 출구로 배출하게 된다. 그리고 Differencing Scheme은 Upwind의 1차 order를 갖도록 해석하였고, 잉여공차는 해석의 정확성을 위하여 10^{-4} 로 설정하였다.

표 1

<33>	Domain[mm]	200*20*2
	Inlet[MPa]/[K]	60 MPa / 473.15 K
	Outlet[MPa]/[K]	0 MPa / 323.15 K
	Wall[K]	323.15 K
	Differencing Scheme	Upwind (1 st order)
	Residual Tolerance	10^{-4}
	Frequency [Hz]	20,000
	Max. Velocity as ultra-vibration [m/sec]	10

<34> 도 2a, 도2b, 도2c, 도2d는 각각의 조건에 따른 초음파 가진에 의해 형성되는 임의의 속도장을 나타낸 것이다. 여기서 제1가진조건과 제2가진조건에서는 상하 벽면에서 수직 방향으로의 속도장이 형성된다고 가정하였으며, 제3가진조건과 제4가진조건에서는 좌우 벽면에서 좌우 방향으로의 속도장이 형성된다고 가정하였다. 각각의 가진조건은 최대 속도가 10 m/sec로 가정하였고, 제1가진조건과 제3가진조건은 두 벽면에 적용된 속도장 사이의 위상차가 180° 인 반면에, 제2가진조건과 제4가진조건은 위상차를 0° 으로 가정하였다.

<35> 이와 같은 경계 조건 및 가진조건을 적용하여 해석한 결과는 도 3부터 도 6에 도시된 바와 같다.

<36> 도 3은 초음파 가진이 없는 경우와 초음파 가진이 존재하는 각각의 경우의 충전율을 비교하기 위해 체적 유량을 비교한 것이다. 전체적으로 가진이 적용되었을 때의 체적 유량이 가진이 없는 경우보다 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 초음파 가진의 영향으로 형성된 벽면의 속도장이 유체의 유입을 향상시켜준다는 결과를 보여준다.

<37> 또한, 각각의 가진조건에 따라 비교해 보면, 제1가진조건과 제2가진조건의 체적 유량이 제3가진조건과 제4가진조건에 비해 높은 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 상대적으로 넓은 영역에 속도장이 형성됨은 물론, 두 벽면 사이의 간격의 차이 때문인 것으로 판단된다. 즉, 제1가진조건과 제2가진조건은 상대적으로 넓은 면적에 속도장이 형성하게 될 뿐만 아니라, 속도장이 형성되는 두 벽면 사이의 거리도 상대적으로 좁게 됨으로써 가진 효과로 인한 속도장의 영향이 캐비티 내의 유체 전체에 미치게 된다.

<38> 따라서 처음에 가진조건 설계에 있어서, 상기 캐비티의 넓은 방향으로 초음파 가진을 변경하면서 최적화된 가진조건을 설계하는 것이 금전적, 시간적 측면에서 더욱 바람직하다.

<39> 도 4에 도시된 바와 같이, 가진이 없는 경우의 점도값이 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 또한, 가진이 없는 경우에 캐비티의 중앙에서 좌우 벽면으로 갈수록 점도값이 커지는 것을 확인할 수 있는 반면, 가진이 적용된 경우엔 반대로 캐비티 중앙에서 벽면으로 갈수록 점도값이 상대적으로 작아지는 것을 알 수 있다. 이러한 점도 특성은 유체 유체가 갖는 shear-thinning behavior와 관련이 있다. 즉, 벽면에 형성된 속도장의 영향으로 유체 유체는 상대적으로 낮은 점성을 갖게 되고 이로 인해 금형의 충전성이 향상되는 것으로 판단된다. 수치적으로 이러한 벽면의 가진 속도장은 속도가 높을수록 유체의 점도값을 더욱 떨어뜨릴 것으로 예측된다.

<40> 도 5와 도 6은 각각의 가진조건에 따른 점도의 최대값, 최소값의 비교와 평균 점도값을 그래프로, 평균 점도값은 캐비티 벽면에서의 셀(cell)에서 점도값을 구한 것을 해당 셀의 부피를 곱한 값을 모두 더한 후, 최종적으로 계산에 포함된 셀의 총 부피를 나눈 값으로 정의하였다. 이는 가진 속도장이 형성될 때 캐비티 중앙의 높은 점도값은 유체 유동 향상에 거의 영향을 미치지 못한다고 판단되므로 벽면에 위치한 셀만을 고려한 값이다. 결과적으로 제1가진조건과 제2가진조건에서의 값이 상대적으로 낮게 보임을 알 수 있다. 두 벽면 사이의 위상차에 의한 변화는 없으므로, 두 벽면 사이에 작용하는 속도의 위상차는 유체 유체의 점도에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 결과적으로 가진으로 인한 점도의 영향은 가진 속도장의 크기와 진폭의 크기, 속도장의 변화

양상에 관련이 있으며, 마주보는 두 벽면 사이의 위상차와는 관련이 없는 것으로 나타났다.

- <41> 한편, 이러한 단순해석을 바탕으로, 금형의 초기조건과 금형 내부의 캐비티의 초기조건을 함께 가정하여, 금형의 거동을 FEM을 이용하여 해석한 후, 이를 바탕으로 각각의 가진조건에 따른 가진 속도장을 FVM을 이용하여 금형 충전 과정에서 초음파 가진의 효과와 각각의 가진조건의 차이를 비교분석하고, 보다 효율적인 가진조건이 설계되도록 그 가진조건을 찾는다. 이를 연계 해석이라고 명명한다.
- <42> 사실상 각각의 가진조건에서의 가진 주파수와 속도장 형상(velocity field)은 금형의 크기나 형상 그리고, 가진 조건에 따라서 무수히 변할 수 있으나, 본 발명에 따른 초음파 가진조건의 설계방법에서는 유동학적 관점에서 임의의 가진조건에서 작용되는 간단하게 좌표상의 속도장을 해석함으로써 초음파 가진에 나타나는 유동 특성을 파악하고 각각의 조건을 비교한다. 여기서, 초음파 가진으로 인한 속도장 형상을 분석하는 데에는 FEM의 상용틀인 I-DEAS가 사용되었고, 각각의 가진조건에 따라서 분석된 속도장은 좌표상의 함수로 변환된 후 FVM의 상용틀인 Star-CD내에서 캐비티 벽면의 속도 서브루틴으로 적용된다.
- <43> 도 7은 연계해석에 있어서의 금형 및 캐비티의 형상을 나타낸 도면, 도 8a, 도 8b, 도 8c, 도 8d는 연계해석에 있어서의 제1가진조건, 제2가진조건, 제3가진조건, 제4가진조건에서의 각각의 속도장 형상을 나타낸 도면, 도 9는 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 시간당 체적유량을 비교한 그래프, 도 10은 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 초기과정의 시간당 체적유량을 비교한 그래프, 도 11은 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 후기과정의 시간당 체적유량을 비교한 그래프, 도 12는 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 시간당 충전된 부피의 변화를 비교한 그래프, 도 13은 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 점도를 나타낸 도면, 도 14는 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 최대 및 최소의 점도를 비교한 그래프, 도 15는 연계해석에 있어서 각각의 속도장에 따른 평균 점도를 비교한 그래프이다.
- <44> 도 7에 도시된 바와 같이, 금형(10)은 유체 유체가 충전되는 캐비티(1) 뿐만 아니라, 그 목적과 형상에 따라 냉각수통로(G)를 포함하여 구성되고, 본 연계해석에서는 금형의 재료로써 HPP-4A를 사용하였다. 금형의 치수와 형상은 다음 표 2와 금형의 재료의 특성은 표 3과 같다.

표 2

<45> 금형의 넓이(D_w)[mm]	40
금형의 길이(D_l)[mm]	240
금형의 두께(D_t)[mm]	40
냉각수 통로의 지름(G_t)[mm]	5
캐비티의 두께(dw)[mm]	20
캐비티의 길이(dl)[mm]	200
캐비티의 두께(d_t)[mm]	2

표 3

<46> Modulus of elasticity, E[Pa]	$2/10^{11}$
Poisson ratio	0.33
density, $[kg/m^3]$	7820
Shearing modulus, [Pa]	7.5×10^{10}

- <47> 또한, 상기 캐비티의 초기 조건은 입구의 압력이 35MPa인 것을 제외하고 단순해석에서의 초기조건과 동일하다.
- <48> 도 8에 각각 도시된 바와 같이, 각각의 가진조건은 주파수 100,000 Hz이상에서 변위의 크기가 피크점을 보이는 것으로 설정하였는데, 각각의 가진조건에서의 변위는 서로 상대적인 값을 나타내는데, 제1가진조건의 최대 변위를 $50\mu m$ 로 가정한 다음, 각각에 대한 상대적인 크기를 측정하였다. 구체적으로는 제1가진조건에서는 100050Hz의 주파수로 캐비티의 두께방향과 넓이 방향에 형성된 속도장의 가진형상을 보이는 반면, 제2가진조건에서는 100290Hz의 주파수에서 두께와 넓이방향의 속도장의 크기가 제1가진조건과 차이를 보이며, 마주보고 있는 두 개의 벽면의 속도장이 동일한 방향으로 형성되는 것을 알 수 있다. 제3가진조건 및 제4가진조건은 각각 주파수가

100370Hz와 100450Hz에서 발견되며, 제3가진조건의 경우는 두께와 폭방향의 속도장이 비슷한 크기를 보이는 반면, 제4가진조건의 경우는 두께방향의 속도장만 존재하고 폭방향의 벽면에는 속도장이 거의 존재하지 않는 것으로 나타났다.

- <49> 이와 같은, 경계 조건 및 가진조건을 적용하여 해석한 결과는 도 8부터 도 15에 도시된 바와 같다.
- <50> 결과적으로는 제1가진조건과 제2가진조건의 충전율이 상대적으로 향상된 것으로 나타났다는 것을 알 수 있다. 이와 더불어 이러한 충전율의 향상 원인을 분석하고자 각각의 해석에 대한 압력, 온도, 점도를 비교할 필요가 있지만, 본 실험예에서는 각각에 대한 속도의 변화는 가진조건의 적용에 따른 간접적인 변화 즉, 벽면의 속도장 변화에 따른 유동성 변화의 간접적인 결과이지 직접적인 원인이 아니므로 유체 속도의 직접적인 비교 분석은 실시하지 않았다.
- <51> 연계실험에 대한 해석으로는, 충전 시 내부 유체의 점도, 유체의 충전율, 유체의 충전시간 중 적어도 어느 하나가 해석될 수 있다. 그러므로 내부 유체의 점도는 도 13에서 도 15에서 도시되었고, 유체의 시간당 충전유량은 도 9 내지 도 11에 도시되었다. 그리고 유체의 속도 변화는 충전 완료 시간으로 비교하는 것이 가장 효과적이는데, 이는 도 12에 도시되었다.
- <52> 이와 같은 연계실험 결과를 해석하면, 도 8에서 15에 도시된 바와 같이, 가진이 없는 대조군에 비하여, 가진 속도장의 형성으로 인해 캐비티 전체에 걸쳐 점도값이 낮아진 것을 확인할 수 있으며 특히 가진 속도장이 발생하는 벽면 주위의 유체 점도가 낮아지는 것을 볼 수가 있다. 이러한 현상은 앞서 밝힌 바와 같이 유체 유체가 가지고 있는 shear-thinning behavior의 영향으로 판단되며 이러한 영향은 속도장의 크기가 커짐에 따라 더욱 낮은 점도를 가짐을 의미한다.
- <53> 또한, 도 14 및 도 15에 도시된 바와 같이, 점도의 최대값의 경우 캐비티의 모서리 부분에서 발생하는 점성의 증가로 인해 큰 차이를 보이지 않지만, 최소값인 경우엔 가진 효과로 인한 점성의 저하 현상이 뚜렷하게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다.

발명의 효과

- <54> 상기와 같이 구성되는 본 발명의 초음파 가진조건의 설계방법은 가진조건의 적절한 모델링을 통하여 사출 성형에서의 금형 충전을 해석하기 위해 초음파 가진조건에서의 충전 양상과 그 원인을 분석하여 효율적인 가진조건을 설계할 수 있는 이점이 있다.
- <55> 본 발명에 따른 초음파 가진조건의 설계방법은 속도의 크기가 같더라도, 두께, 길이, 넓이 방향 중, 두께 방향의 가진조건을 변경시키면서 최적화된 가진조건을 설계함에 있어, 금전적 및 시간적으로 에너지를 절약할 수 있는 이점이 있다.
- <56> 본 발명에 따른 초음파 가진조건의 설계방법은 금형의 변형 양상을 각각의 가진조건별로 FEM의 상용툴인 I-DEAS를 사용하여 속도장의 형상을 구한 후, 이를 FVM의 상용툴인 Star-CD의 속도 서브루틴에 적용하여 해석하였는데, 이들 두가지 해석방법의 상이함을, 예측된 캐비티 내부에서의 유체 속도장 형상을 좌표상의 함수로 변환하고, 상기 변환된 함수로부터 충전양상을 해석하는 시계적인 방법을 통합으로써 상이한 해석틀을 서로 연계 해석할 수 있게 되는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

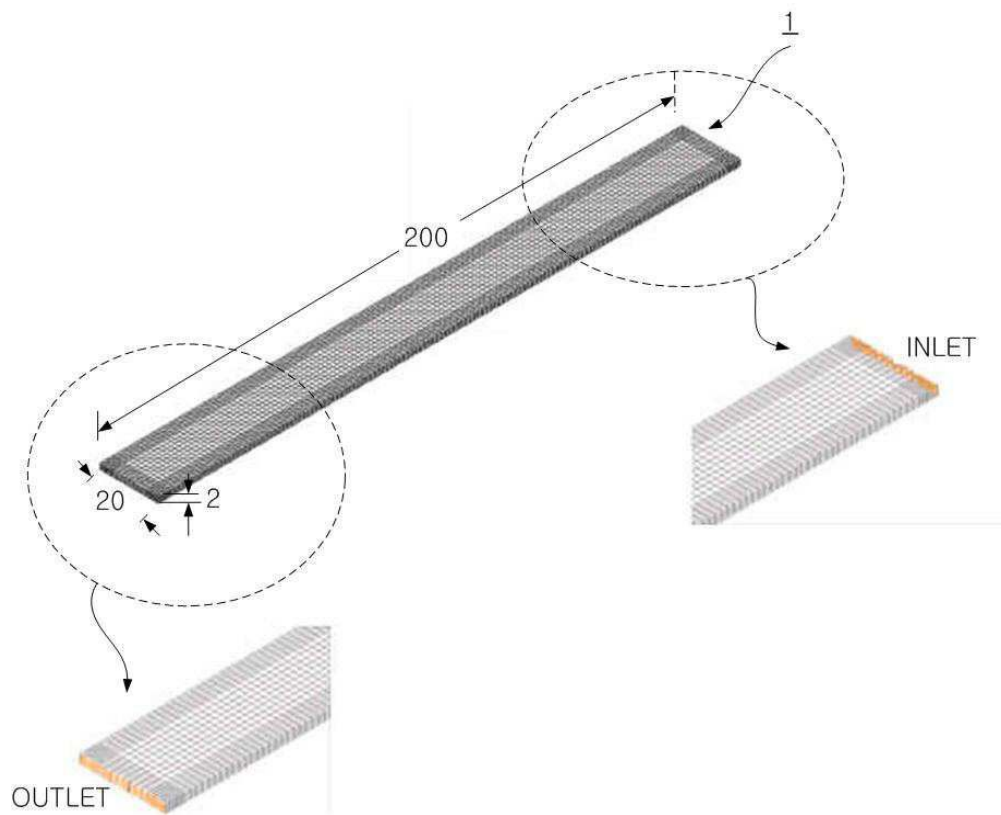
- <1> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는 캐비티의 형상을 나타낸 도면.
- <2> 도 2a, 도 2b, 도 2c, 도 2d는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는 제1가진조건, 제2가진조건, 제3가진조건, 제4가진조건에서의 각각의 속도장 형상을 나타낸 도면.
- <3> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 체적유량을 비교한 그래프.
- <4> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 점도를 나타낸 도면.
- <5> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는

각 모드의 속도장에 따른 최대 및 최소 점도를 비교한 그래프.

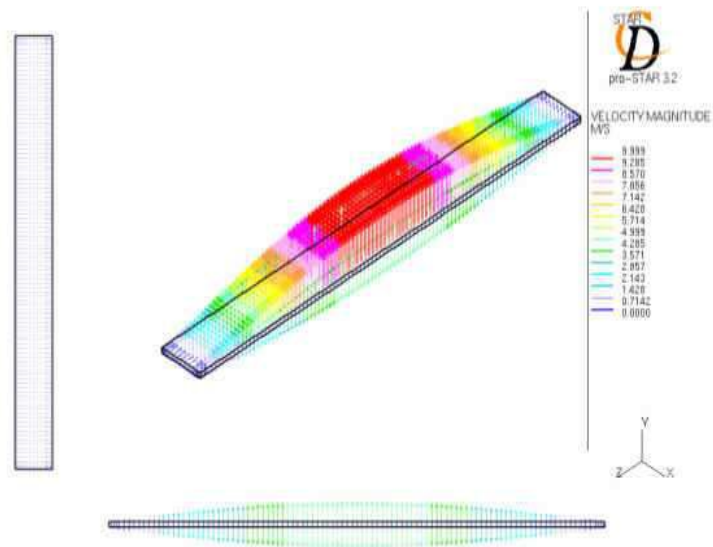
- <6> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 단순 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 평균 점도를 비교한 그래프.
- <7> 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 금형의 형상을 나타낸 도면.
- <8> 도 8a, 도 8b, 도 8c, 도 8d는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 따른 제1가진조건, 제2가진조건, 제3가진조건, 제4가진조건에서의 각각의 속도장 형상을 나타낸 도면.
- <9> 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 시간당 체적유량을 비교한 그래프.
- <10> 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 초기과정의 시간당 체적유량을 비교한 그래프.
- <11> 도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 후기과정의 시간당 체적유량을 비교한 그래프.
- <12> 도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 시간당 충전된 부피의 변화를 비교한 그래프.
- <13> 도 13은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 점도를 나타낸 도면.
- <14> 도 14는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 최대 및 최소의 점도를 비교한 그래프.
- <15> 도 15는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 가진 조건 설계 방법에 있어서, 연계 해석 방법에 사용되는 각 모드의 속도장에 따른 평균 점도를 비교한 그래프.

도면

도면1

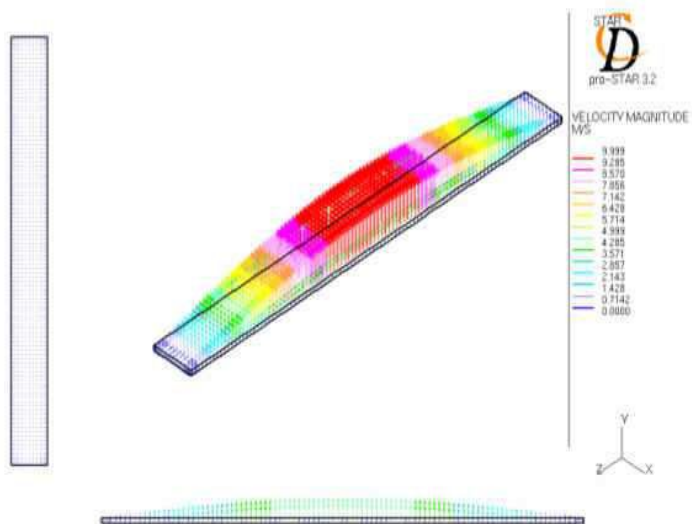


도면2a



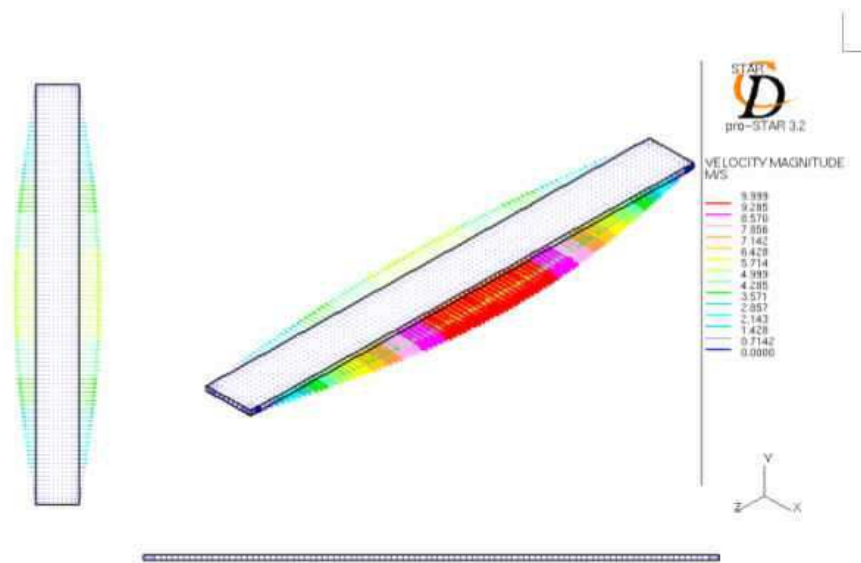
< Velocity field in 1st Mode >

도면2b



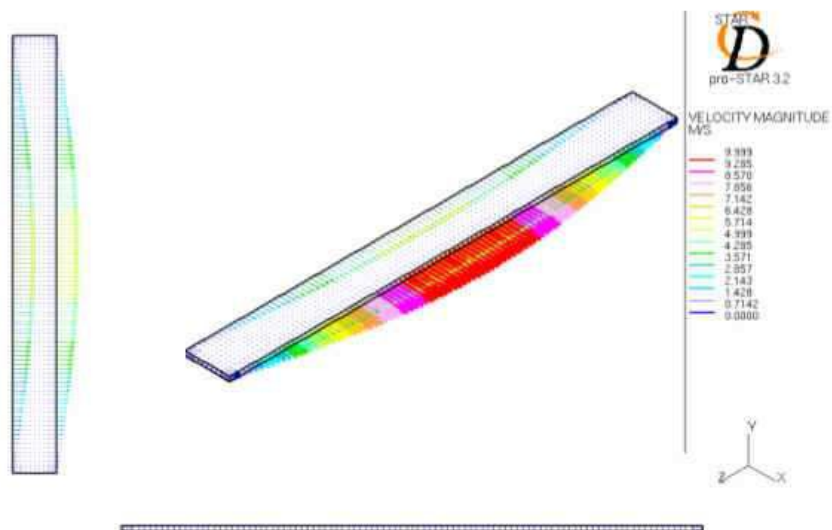
< Velocity field in 2nd Mode >

도면2c



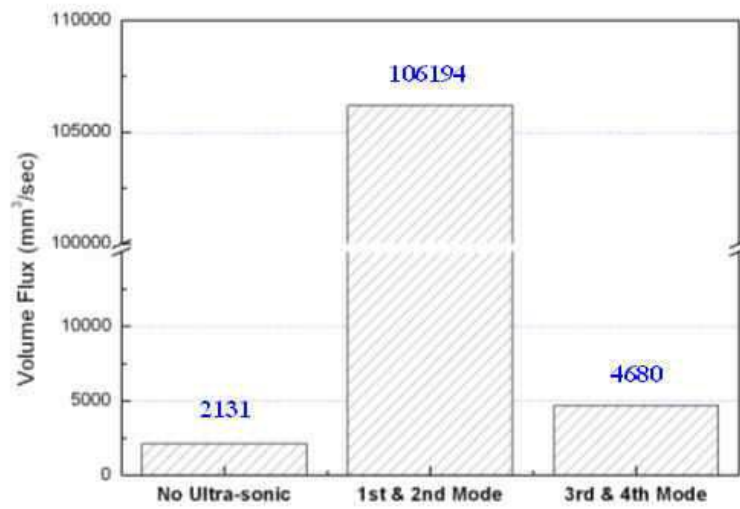
< Velocity field in 3rd Mode >

도면2d

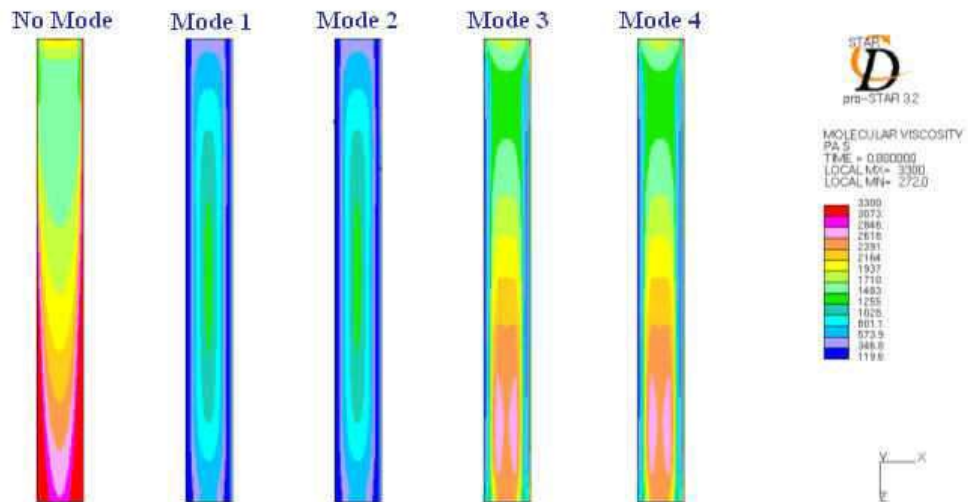


< Velocity field in 4th Mode >

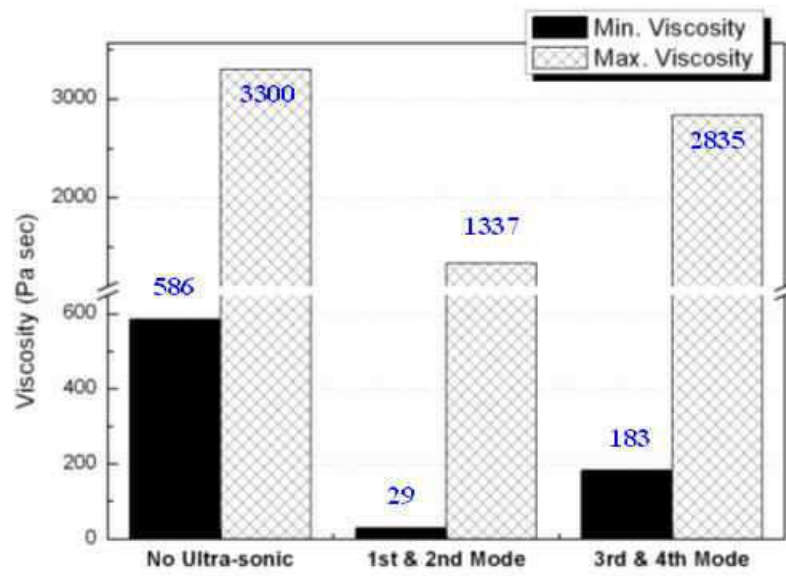
도면3



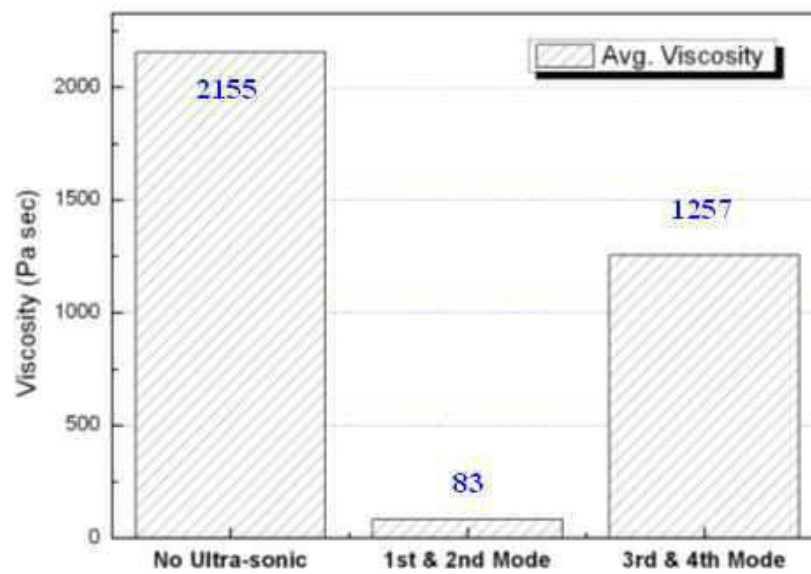
도면4



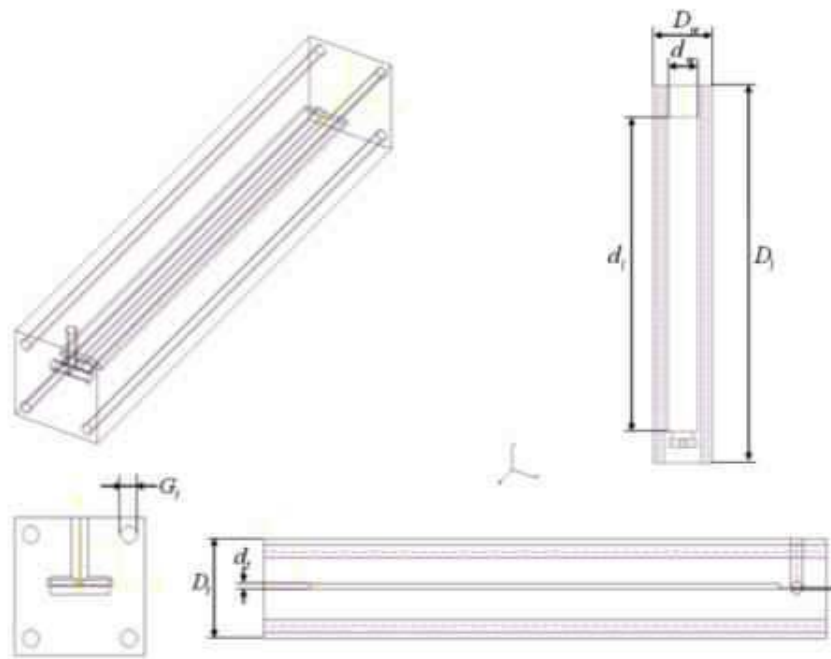
도면5



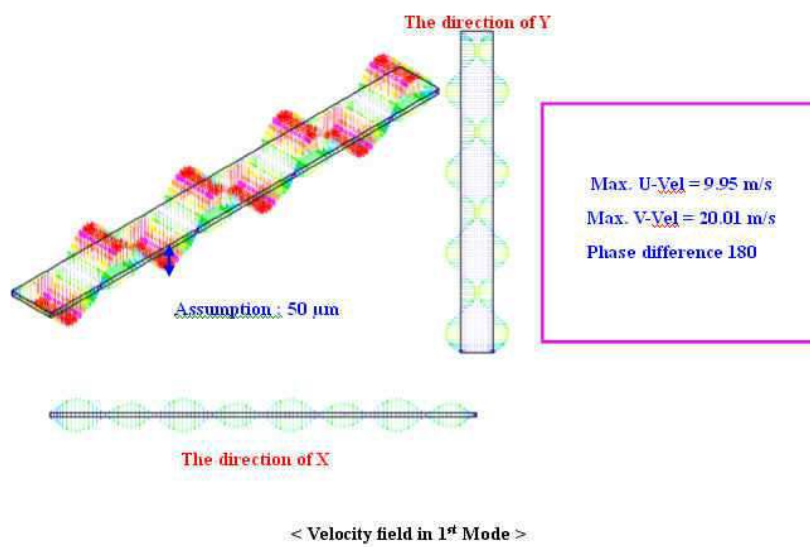
도면6



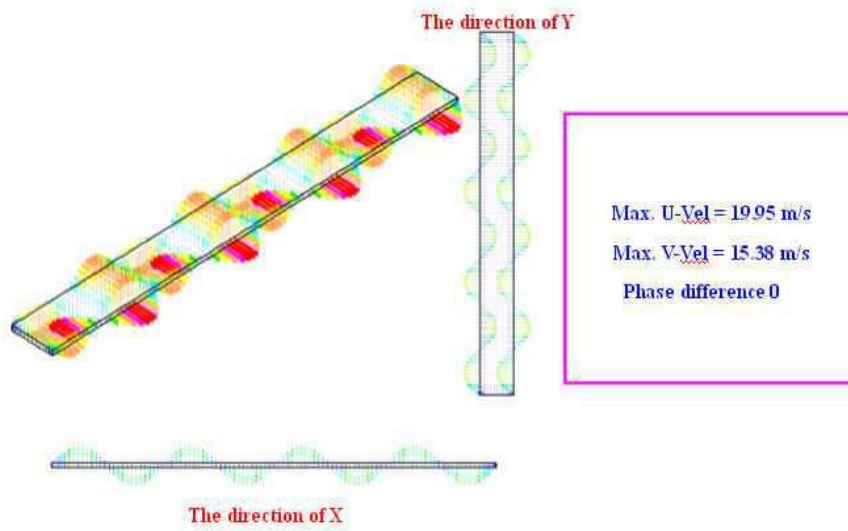
도면7



도면8a

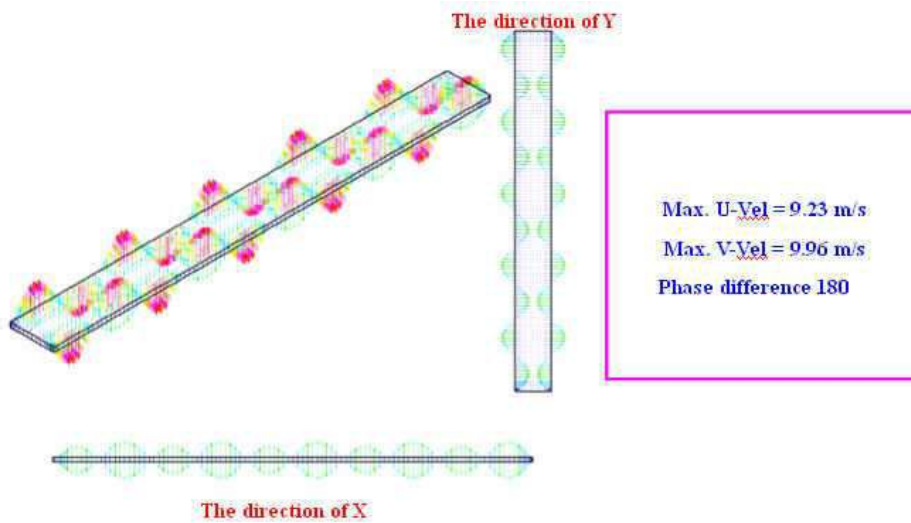


도면8b



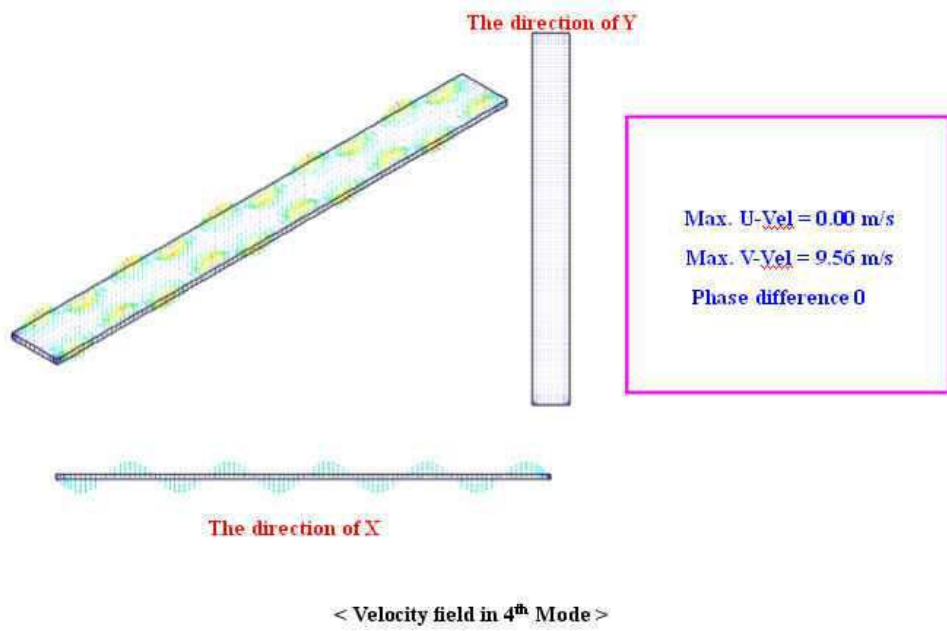
< Velocity field in 2nd Mode >

도면8c

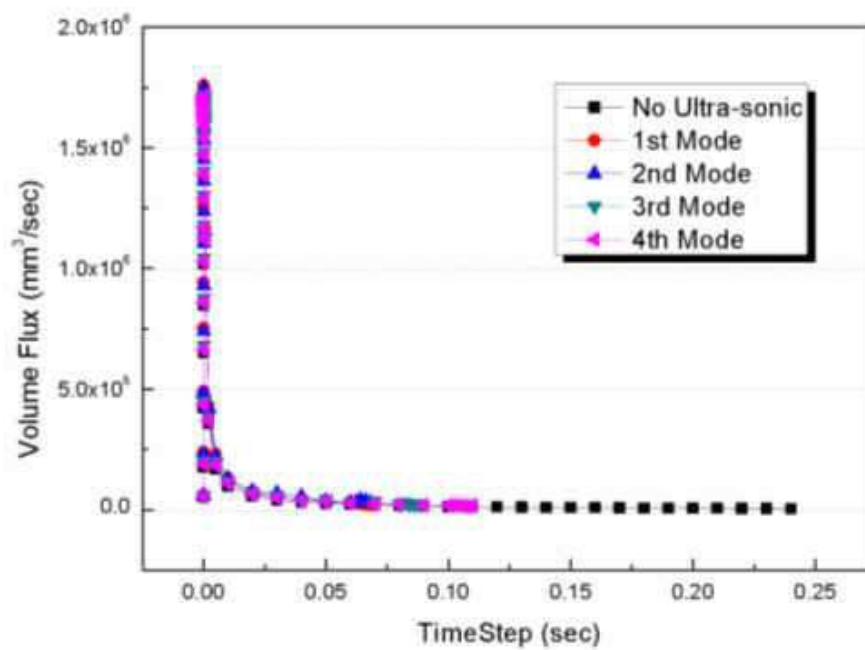


< Velocity field in 3rd Mode >

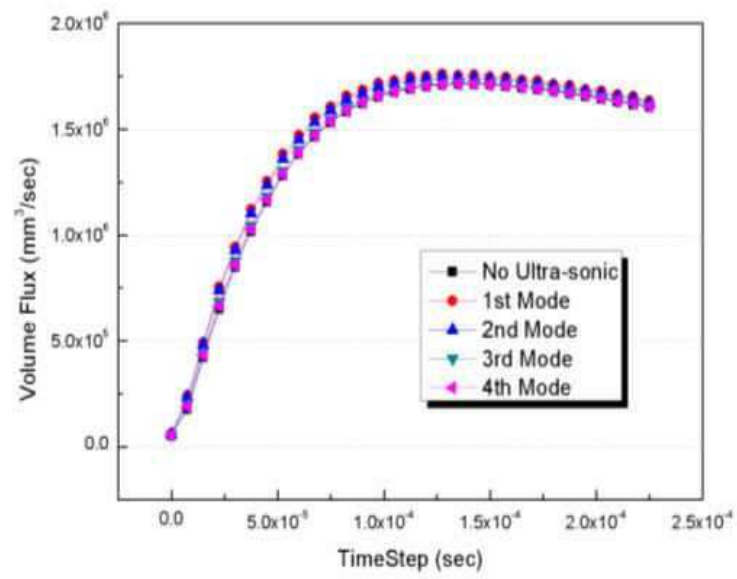
도면8d



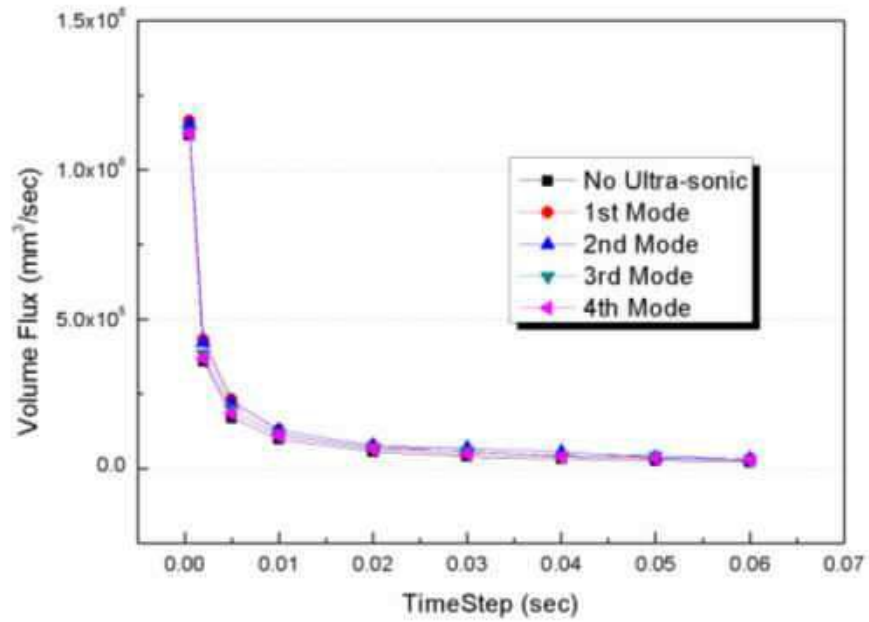
도면9



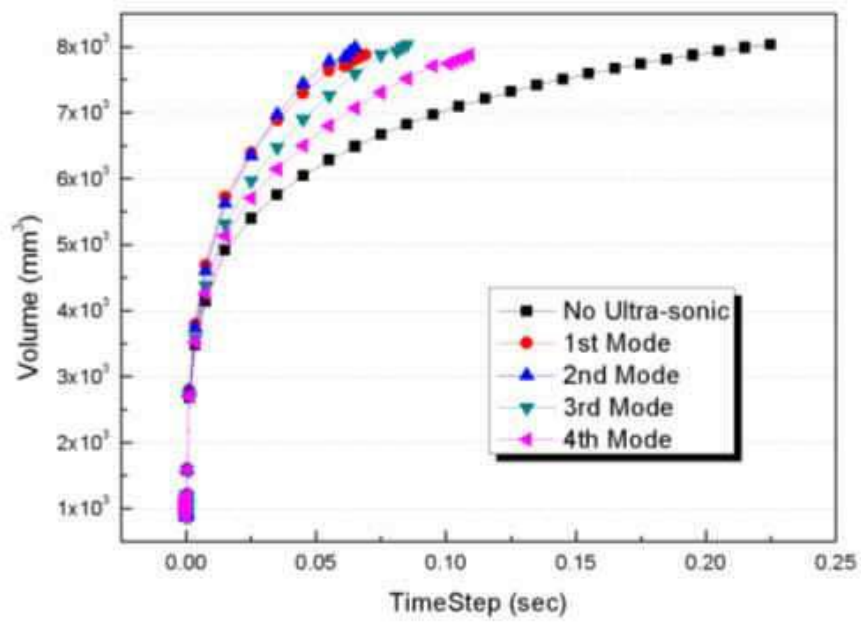
도면10



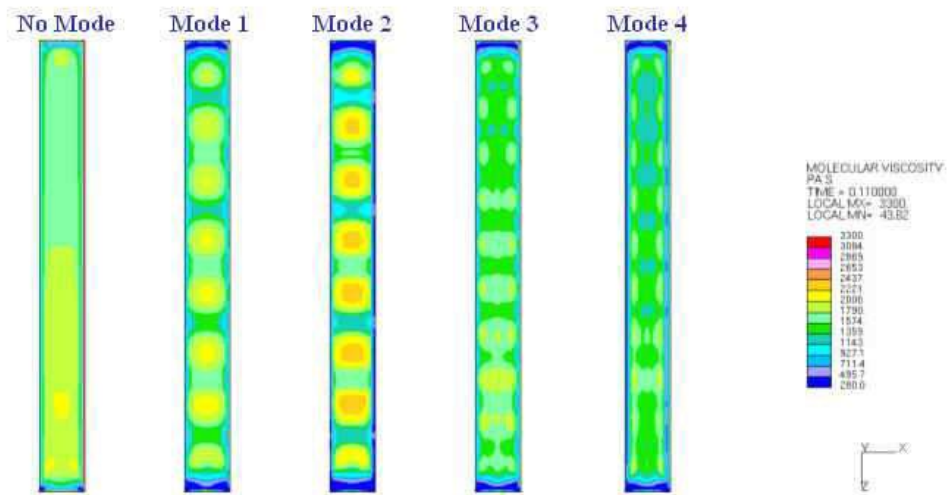
도면11



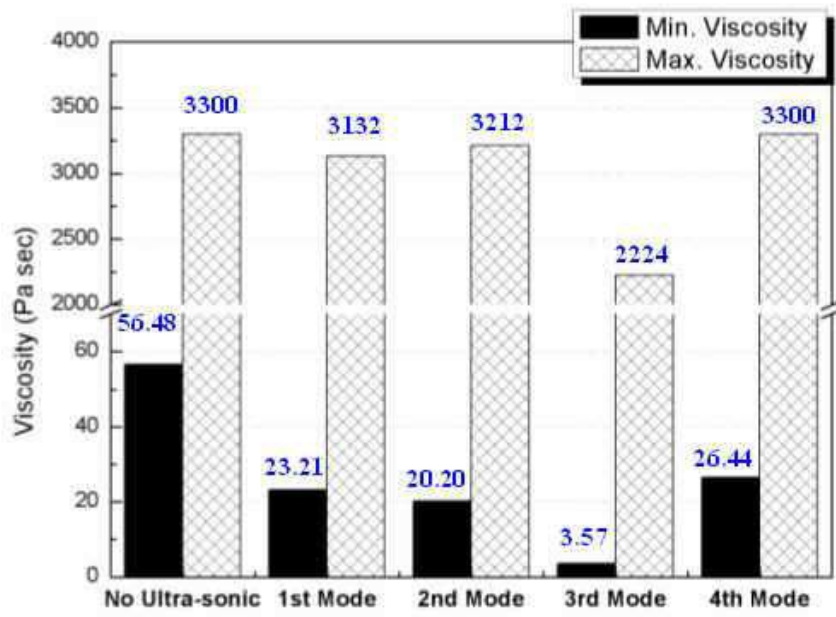
도면12



도면13



도면14



도면15

