



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0099960
(43) 공개일자 2011년09월09일

(51) Int. Cl.

B29C 47/60 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0018995

(22) 출원일자 2010년03월03일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내

(72) 발명자

김재열

광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 공과대학
정밀기계공학과

정효희

광주광역시 북구 운암동 한국아파트 107-104

양용하

광주광역시 북구 신안동 139-9

(74) 대리인

김종일

전체 청구항 수 : 총 1 항

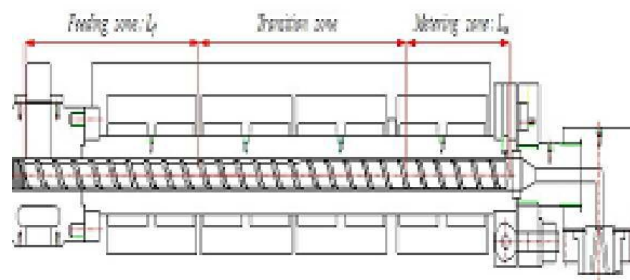
(54) 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스

(57) 요약

본 발명은 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스에 관한 것으로, 보다 상세하게는 단축압출기에 사용되는 단축 스크류와 다이스를 시제작하여 전산유체해석 프로그램인 CFdesign을 이용 시제작 단축 스크류와 다이스를 모델링하여 해석 수행하고, 변수로 단축 스크류의 피치변형을 준 스크류 또한 해석 수행하며, 시제작 스크류와 다이스를 사용하여 압출력 실험 측정 실험 및 전체 시뮬레이션 해석 데이터와 실험 측정 데이터를 비교 분석 오차율을 측정함으로써 단축압출기 시스템에서 생산되는 고분자 튜브의 안정된 압출력을 측정할 수 있는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스에 관한 것이다.

본 발명에 따른 단축압출기 스크류 및 다이스는 스크류 날의 높이는 1.6mm, 배럴의 내부 지름은 40mm, 스크류 날의 폭은 6mm, 스크류 날개의 나선각은 30°, 스크류의 피치는 42mm인 것을 특징으로 하는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

스크류 날의 높이는 1.6mm, 배럴의 내부 지름은 40mm, 스크류 날의 폭은 6mm, 스크류 날개의 나선각은 30° , 스크류의 피치는 42mm인 것을 특징으로 하는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스에 관한 것으로, 보다 상세하게는 단축압출기에 사용되는 단축 스크류와 다이스를 시제작하여 전산유체해석 프로그램인 CFdesign을 이용 시제작 단축 스크류와 다이스를 모델링하여 해석 수행하고, 변수로 단축 스크류의 피치변형을 준 스크류 또한 해석 수행하며, 시제작 스크류와 다이스를 사용하여 압출력 실 측정 실험 및 전체 시뮬레이션 해석 데이터와 실 측정 실험 데이터를 비교 분석 오차율을 측정함으로써 단축압출기 시스템에서 생산되는 고분자 튜브의 안정된 압출력을 측정할 수 있는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

압출기는 압출원리상 크게 스크류 방식과 비스크류 방식으로 나누어지며, 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 스크류식 압출기는 단축 압출기와 다축 압출기로 크게 나뉜다. 구조상으로는 수직형, 수평형, 기능상으로는 컴파운드용과 성형용으로 구분할 수 있다. 단축 스크류 압출기는 범용압출기로 대부분 열가소성 수지의 압출성형에 적합하고, 다축(2축, 3축, 4축) 스크류 압출기는 스크류 플랭크의 맞물림을 이용하여 압출력을 크게 할 수 있다. 단축 스크류 압출기는 다축 스크류 압출기에 비해 원재료의 혼합률 및 안정된 압출력을 가지지 못하는 반면 낮은 시설비와 운영비를 가지고 있다. 현재까지 단축 스크류 압출기는 비교적 기하학적 형상이 단순하여 다축 스크류에 비해서 많은 연구와 실험적 수치해석이었다. Tadmor와 Gogos와 Fenner는 압출기의 여러 부위에서는 폴리머의 유동에 관한 해석을 하였다, Fenner, Karwe와 Jaluria는 역적으로 완전히 발달된 역류가 존재하지 않는 계량화부내의 유동을 해석하였으며, Griffith는 무한대의 길이와 폭을 가진 스크류 압출기에서의 비압축성 유체의 속도 및 온도분포를 해석하였고, Chiruvella는 역압력구배에 의한 계량화부내의 역류를 타원형 폴리법과 포물선형 폴리법으로 해석하여 각각을 비교 하였다. Gopalakrishna 등은 Extrusion Cooking의 전달 현상 해석을 시도하여 온도분포 뿐만 아니라 수분의 확산현상에 대한 시뮬레이션 결과를 보고하였고, Kwon 등은 급 축소관에 서 비뉴턴유체의 압력강하를 계산할 수 있는 관계식을 개발하였고, Lin과 Jaluria는 비뉴턴유체를 급수축다이에서 압력에 대한 점성의 종속성을 고려하여 해석하였다. 이러한 연구결과는 스크류의 계량화부와 다이스를 분리하여 각각 해석하거나 다이에서 발생하는 압력강하만이 고려된 계량화부를 해석하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003]

본 발명은 상기와 같은 점을 인식하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 단축압출기에 사용되는 단축 스크류와 다이스를 시제작하여 전산유체해석 프로그램인 CFdesign을 이용 시제작 단축 스크류와 다이스를 모델링하여 해석 수행하고, 변수로 단축 스크류의 피치변형을 준 스크류 또한 해석 수행하며, 시제작 스크류와 다이스를 사용하여 압출력 실 측정 실험 및 전체 시뮬레이션 해석 데이터와 실 측정 실험 데이터를 비교 분석 오차율을 측정함으로써 단축압출기 시스템에서 생산되는 고분자 튜브의 안정된 압출력을 측정할 수 있는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0004]

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스는, 스크류 날의 높이는 1.6mm, 배럴의 내부 지름은 40mm, 스크류 날의 폭은 6mm, 스크류 날개의 나선각은 30° , 스크류의 피치는 42mm인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0005] 상기와 같은 구성에 의하여 본 발명에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스는 단축압출기에 사용되는 단축 스크류와 다이스를 시제작하여 전산유체해석 프로그램인 CFdesign을 이용 시제작 단축 스크류와 다이스를 모델링하여 해석 수행하고, 변수로 단축 스크류의 피치변형을 준 스크류 또한 해석 수행하며, 시제작 스크류와 다이스를 사용하여 압출력 실 측정 실험 및 전체 시뮬레이션 해석 데이터와 실 측정 실험 데이터를 비교 분석 오차율을 측정함으로써 단축압출기 시스템에서 생산되는 고분자 튜브의 안정된 압출력을 측정할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 압출기를 도시한 단면도

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 스크류를 도시한 단면도

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 압출기의 계량화부와 다이스를 도시한 모델링

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 스크류와 다이스를 장착한 고분자 튜브용 단축압출기를 도시한 사진

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 압출력 값을 나타낸 그래프

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 시뮬레이션

도 7 내지 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 데이터와 각 시뮬레이션 모델링들의 결과데이터를 나타낸 그래프

도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 실험 데이터와 시뮬레이션 전체의 데이터를 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 발명에서 사용된 압출기는 고분자 튜브 전용 단축 스크류 압출기로서 고분자 튜브의 제작에 가장 적합한 스크류의 설계 및 다이스의 설계를 위해 스크류와 다이스를 시제작하게 되었으며 그에 따른 모델링 작업을 통한 해석 또한 이루어졌다. 그리고 압출기 스크류의 특성상 유체의 특성을 해석할 수 있는 부분은 고분자 재료의 용융상태가 되어 있는 계량화부(Metering zone)이므로 본 발명에서는 고분자 재료가 용융상태인 계량화부와 다이 스 부분만을 해석 수행하였다. 도 1은 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 압출기를 도시한 단면 형상을 나타내었으며, 도 2는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 스크류를 도시한 단면형상의 치수 변수를 나타내고 있다. Table 1은 시제작 스크류와 다이스의 치수를 나타내었다.

표 1

[0008] Table 1 Trial product dimensions

Model geometry	Value
Barrel diameter, D	40mm
Metering zone screw length, L_m	240mm
Screw channel height, H	1.6mm
Flight width, e	6mm
Helix angle, Θ	30°
Dies output diameter	Ø12.5mm
Dies hole diameter	Ø18mm
Screw pitch, A	42mm

[0009] A는 스크류의 피치, H는 스크류 날의 높이, D는 베럴의 내부 지름, e는 스크류 날의 폭, 그리고 θ 는 스크류 날개의 나선각이다.

[0010] 일반적으로 단축 스크류 압출기의 압출에 있어서 압출성능의 기반이 되는 기본적인 요소로 스크류의 압축비(C/R)와 유효길이(L/D)가 중요하다. 압축비(Compression ratio)는 스크류의 공급부(Feed zone)와 계량화부(Metering zone)의 나선 깊이의 1피치당 체적비에 따라 나타내며 계산식은 다음 식과 같다.

$$C/R = \frac{\left(\frac{1}{4} / 4\right) \left(D^2 - (D - 2L_f)^2\right)}{\left(\frac{1}{4} / 4\right) \left(D^2 - (D - 2L_m)^2\right)}$$

[0011]

[0012] C/R : 압축비

[0013] L_f : 공급부 스크류 길이

[0014] L_m : 계량화부 스크류 길이

[0015] D : 스크류 지름

[0016] 그리고 해석의 변수의 조건을 주기 위하여 시제작 스크류 모델의 치수 중 피치의 변형을 준 6개의 모델링을 수행하였고, 기준이 된 시제작 스크류의 피치가 42mm이며 변형 피치는 42mm 이하로 5개의 변형 피치를 주었으며 42mm 이상으로는 한 개의 변형 피치를 주었다. Table 2에 피치변형 치수를 나타내었다.

표 2

[0017]

Table 2 Pitch transformation model geometry

Model geometry	Model number	Value
Screw pitch, A	Ex. screw 1	24mm
	Ex. screw 2	28mm
	Ex. screw 3	32mm
	Ex. screw 4	36mm
	Ex. screw 5	40mm
	Ex. screw 6	44mm

[0018] 본 발명에서 해석대상인 압출기의 시제작 스크류와 다이스가 고분자 튜브의 생산력 즉 압출력의 안정성을 가지고 있는지를 해석 주목표로 삼았으며 그에 따른 변수로 시제작 스크류의 변형 치수를 준 스크류 모델링들 또한 해석 대상으로 하였다. 해석 프로그램은 CFD프로그램인 CFdesign을 사용하였다. CFdesign을 사용하기 위해 각 모델링들의 간소화를 위해 모델링을 수행하였다.

[0019] 도 3a 및 도 3b는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 압출기의 계량화부와 다이스의 모델링을 나타내었다. 그리고 모델링은 Table 1의 치수를 사용한 시제작 스크류와 다이스가 기준이 되었고, 그 외의 변형 피치를 Table 2의 치수를 적용하여 모델링을 각각 수행하였다.

[0020] 그리고 해석을 수행하기 위해 사용된 고분자 재료는 PEEK로서 PE계열의 압출용 튜브의 생산에 많이 사용되는 고분자 재료이다. PEEK의 용융상태 물성 및 해석 조건을 Table 3에 나타내었다.

표 3

[0021]

Table 3 Material properties of matter and processing condition

Properties of simulation	Value
Density	1.30g/cm ³
Viscosity	10,000Pa s
Thermal conductivity	0.25W/m℃

Specific heat	2160J/kg℃
Temperature melt	360℃
In-put pressure	30Bar
Out-put pressure	1.0135Bar
Screw velocity	60rpm

[0022] 본 발명에서는 시뮬레이션뿐만 아니라 시제작 스크류와 다이스를 사용하여 압출기의 실 측정을 수행하였다. 변형 스크류의 실 측정은 이루어 지지 않았지만 기준이 되는 시제작 스크류와 다이스의 실측이 이루어졌다. 또한 실 측정이 이루어지는 조건과 시뮬레이션이 이루어지는 조건을 동일하게 하였으며 생산되는 고분자 튜브의 직경은 $\varnothing 12.5\text{mm}$ 의 튜브를 생산하였다. 실 측정 방법은 다음과 같이 이루어졌다.

[0023] (1) 조건 : 압출 표준온도 = PEEK 용융온도 360℃

[0024] (2) 설비조건

[0025] - 압출기 : 40mm로 통일

[0026] - 헤드의 차이점 : 브레커 플레이트에 삽입되는 이물 제거를 위한 아미의 차이 있음.

[0027] - 제품규격 : 아미조건 무시, 다이스의 내 외경 크기, 내 외경 사이의 간격차이(12.5mm사용)

[0028] (3) 압출조건

[0029] - 압출속도 = 압출Hz = 스크류 회전수 = 압출량

[0030] 압출Hz 1이면 근사치로 스크류 1회전

[0031] 위의 조건을 바탕으로 1)시제작 스크류를 장착한 압출기에 1kg의 고분자 원재료인 PEEK를 넣고 2)압출기의 전체 시스템의 히팅 온도를 360℃로 제어하며 3)스크류의 속도를 60rpm으로 하고 4)그 외의 연신기와 권취기를 제어 하도록 하여 실험에 기본적인 셋팅을 하였다. 실험에서 압출량을 검출하는 것은 생산속도로 나타낼 수 있으며 방법은 권취기롤러 위에 위치한 엔코더펄스를 이용하여 디지털 메타로 디스플레이하게 하여 단위는 미터로 나타내며 오차율은 $\pm 1\text{m}$ 이다. 생산속도로 분당 압출량을 나타낼 수 있다. 분당 압출량은 절경의 평균값 $\times$ 두께의 평균값 $\times 2$ (두겹) $\times 1.3$ (원재료의 비중) $\times 1$ 분당 생산미터 수=분당 압출량으로 계산되어진다. 총 실험시간은 10분간 이루어졌다. 도 4는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 스크류와 다이스를 장착한 고분자 튜브용 단축압출기를 도시한 사진이다.

[0032] 본 발명에서 시제작 스크류와 다이스의 압출력 실측정이 이루어졌으며 도 5는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 압출력 값을 그래프로 나타내었다. 그래프의 결과로 초기 1-5분간의 압출량은 안정된 압출력을 나타낸 것으로 볼 수 없다. 실 측정에서의 압출기의 압출력 안정기로 접어드는 시간을 1-5분으로 하였기 때문에 정확한 압출력을 나타내는 시간은 6-10분 사이의 값이다.

[0033] 시뮬레이션 해석은 실측과의 동일한 조건을 주어 해석 수행하였으며 Table 1을 기준으로 모델링을 수행한 모델과 변수로서 사용한 Table 2의 기준으로 한 변수 모델링들 그리고 Table 3을 고분자 원재료의 특성과 해석 수행 값으로 하여 시뮬레이션을 시제작 모델리 포함 총 7개의 모델링을 시뮬레이션 수행을 하였다. 여기서 온도는 정상상태, 압력은 정압으로 스크류의 속도는 일정으로 하였다. 도 6은 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 시뮬레이션 과정을 나타내었다. 도 7 내지 도 13은 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 데이터와 각 시뮬레이션 모델링들의 결과데이터를 그래프로 나타내었다.

[0034] 도 14는 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스의 실 측정 실험 데이터와 시뮬레이션 전체의 데이터를 그래프로 나타내었다.

[0035] 실 측정 데이터와 전체 시뮬레이션 데이터의 해석 결과를 오차율 분석 실시하였고, 오차율 분석은 1-10분인 전체 오차율과 6-10분 동안의 압출력 안정상태의 오차율을 분석하였다. Table 4는 시뮬레이션 오차율을 분석하였다.

표 4

Table 4 Whole modelling data and survey experiment data measuring efficiency comparison

	1-10min error	6-10min error
Simulation model	1.522%	1.743%
Pitch 24 model	3.067%	1.764%
Pitch 28 model	8.004%	9.009%
Pitch 32 model	5.308%	4.276%
Pitch 36 model	11.129%	9.677%
Pitch 40 model	6.089%	4.968%
Pitch 44 model	3.312%	4.786%

일반적으로 시뮬레이션의 해석결과 데이터가 $\pm 5\%$ 미만이면 안정적인 해석이 이루어졌다고 볼 때 오차율 분석결과 시제작 스크류와 다이스의 모델링의 경우 전체 실험 시간 1-10분 동안 오차율이 1.522%와 압출량이 안정권인 6-10분 동안의 오차율이 1.743%로 시제작 스크류와 다이스는 적합한 설계를 이루었다고 볼 수 있으며 나머지 변수로 스크류의 피치를 변형한 스크류들의 경우 총 6개 중 1-10분 오차율 중 $\pm 5\%$ 미만은 2개의 스크류가 나왔으며, 6-10분 사이는 4개의 스크류가 나왔다.

따라서, 본 발명에서 나타난 결과로 시제작 스크류와 다이스의 설계상 문제점을 보완 수정하기 위해 본 발명에서의 해석 수행이 이루어졌고, 그 결과 고분자 튜브의 생산력에서 안정된 압출력의 성능을 보인 시제작 스크류와는 다이스는 해석 수행에서는 문제점이 없는 결과로 나타났으나 변수로 피치 값의 변화를 준 스크류들의 경우를 보면 시제작 스크류 뿐만 아니라 변형 스크류들의 경우도 안정된 압출력을 나타내었다.

안정된 압출력을 나타내며 시제작 스크류의 압출력 오차율과도 $\pm 5\%$ 미만으로 2-4개의 모델링이 나타났다. 그것은 시뮬레이션의 변수에서 오직 스크류 피치만을 변수로 하였기에 향후 스크류 및 다이스에서 스크류의 변수 및 압력, 열 등 여러 변수들을 설정하여 고분자 튜브 생산에 적합한 스크류와 다이스를 제작 시험 수행을 해야할 것이다.

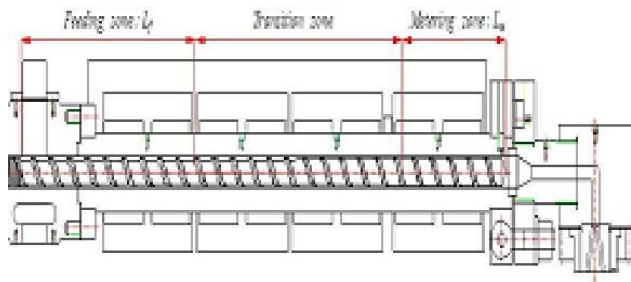
앞에서 설명된 전산유체해석을 이용한 단축압출기 스크류 및 다이스는 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 보호범위는 이하의 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 정하여지며, 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 개량 및 변경된 실시예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

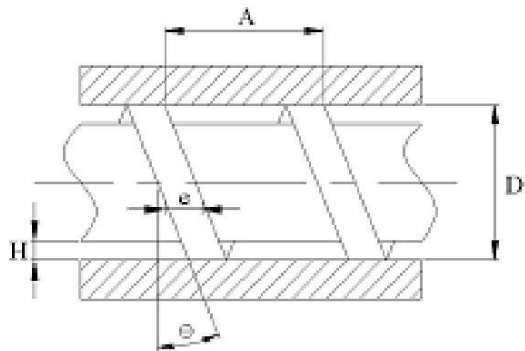
- A 스크류의 피치
- H 스크류 날의 높이
- D 배럴의 내부 지름
- e 스크류 날의 폭
- θ 스크루 날개의 나선각

도면

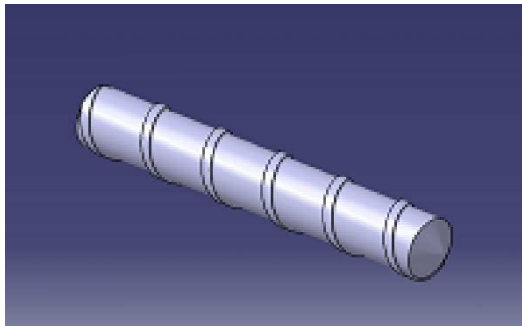
도면1



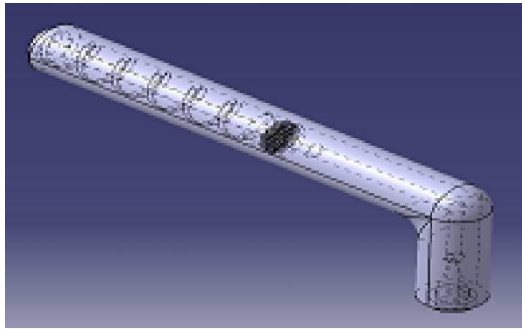
도면2



도면3a



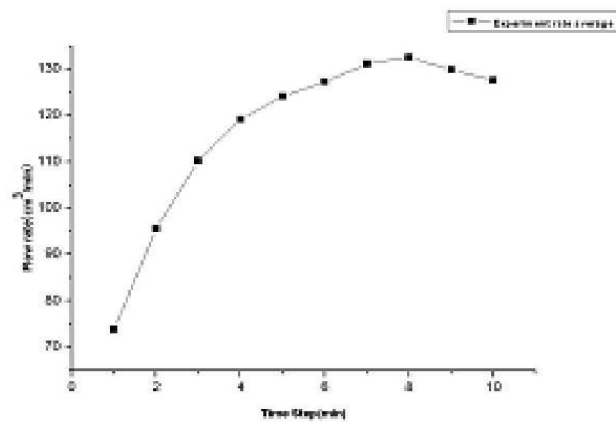
도면3b



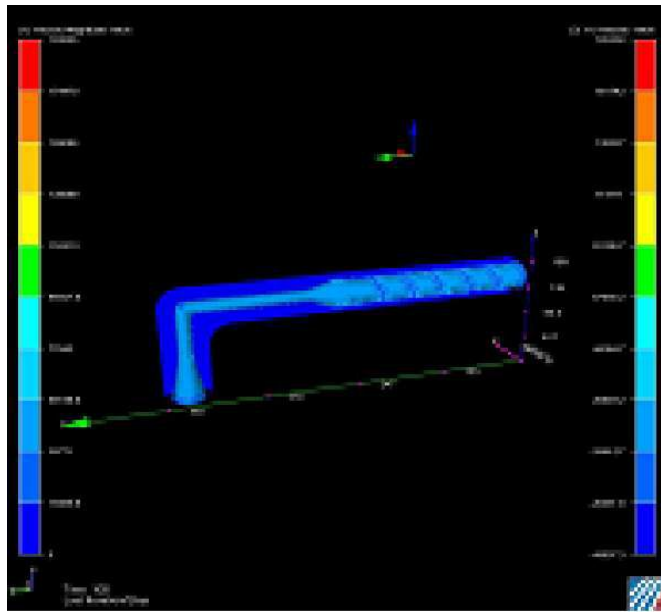
도면4



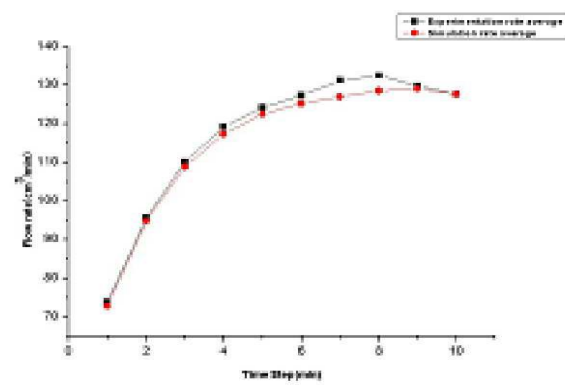
도면5



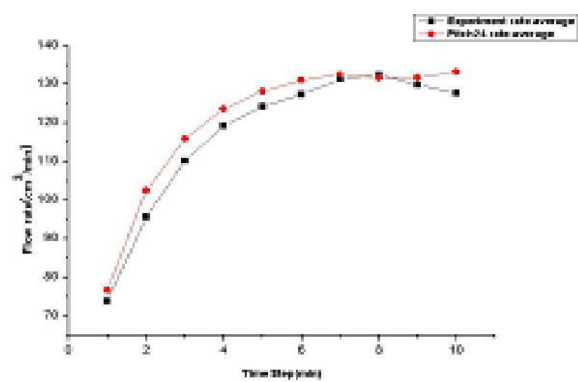
도면6



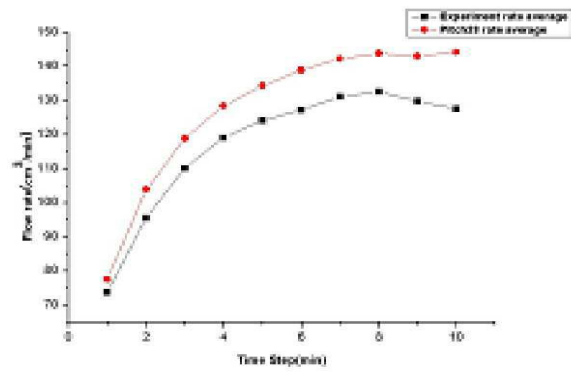
도면7



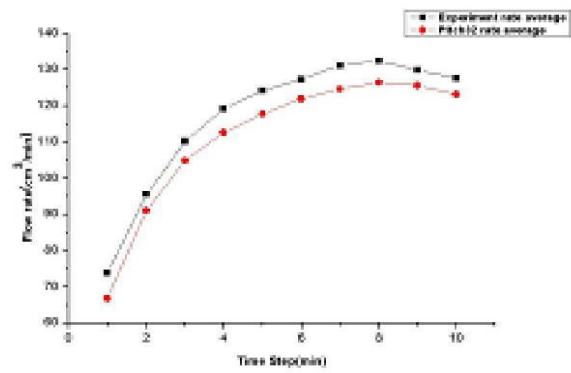
도면8



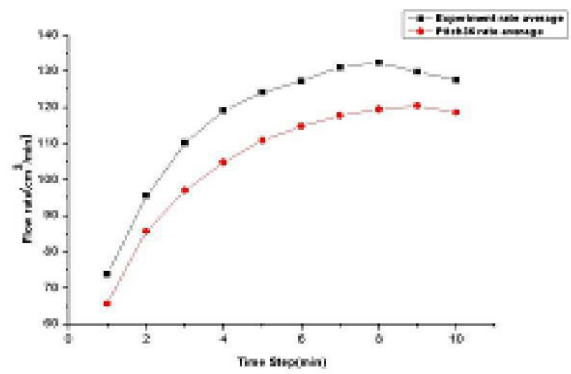
도면9



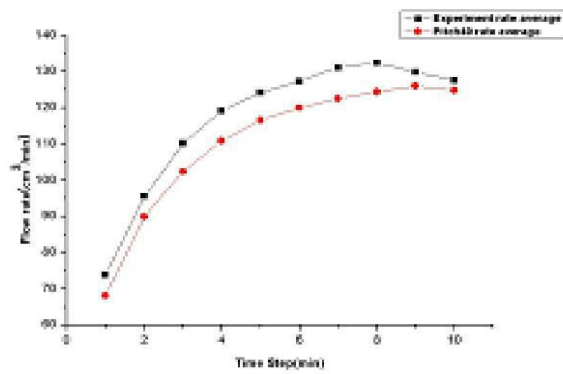
도면10



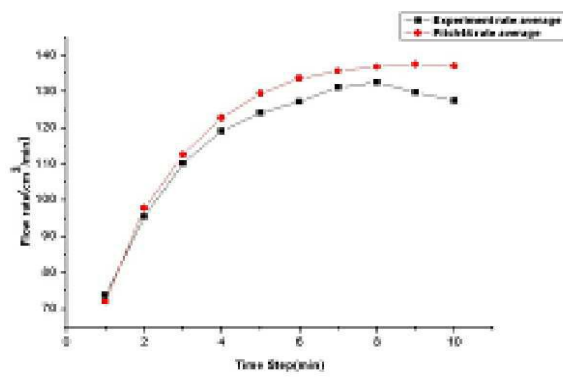
도면11



도면12



도면13



도면14

