



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월13일
(11) 등록번호 10-1838224
(24) 등록일자 2018년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/50 (2006.01) B05C 5/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 17/5009 (2013.01)
B05C 5/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0151353
(22) 출원일자 2016년11월14일
심사청구일자 2016년11월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR101203162 B1*
KR101201937 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
이창우
경상남도 창원시 의창구 평산로195번길 37 301호
김성용
경상남도 진주시 북장대로 70 (상봉동)
(74) 대리인
특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 4 항

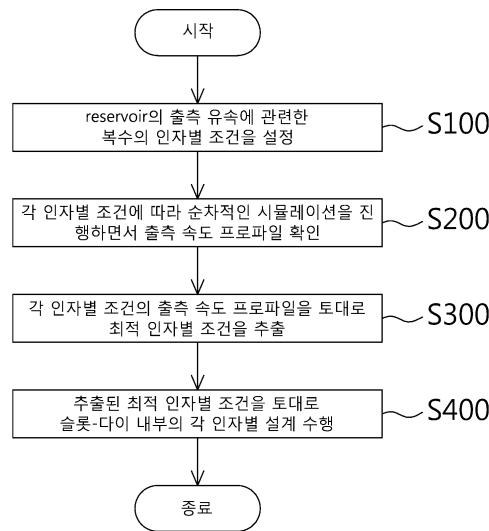
심사관 : 박승철

(54) 발명의 명칭 **물투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법**

(57) 요약

본 발명은 인자별 조건 설정단계와, 시뮬레이션 실행단계와, 최적 조건 추출단계와, 설계 수행단계를 포함하여 진행되는 물투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법을 제시하며, 특히 각 인자별 조건을 달리 설정하여 연속 반복적인 시뮬레이션을 수행한 후 이를 통해 확인된 각 인자별 조건의 잉크 유출측 유동 정보를 토대로 최적 인자별 조건을 추출하고, 이 추출된 최적 인자별 조건대로 슬롯-다이 내부의 각 인자별 설계를 수행함으로써 슬롯-다이의 출측 속도 편차를 최소화할 수 있도록 한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711012243

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원

연구과제명 플렉시블 기능성 필름을 위한 물투물 코팅 및 인쇄기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교

연구기간 2014.05.01 ~ 2017.04.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

슬롯-다이 내 레저보어(reservoir)의 잉크 유출측 유속에 관련한 복수의 인자별 조건을 각각 달리 설정하는 인자별 조건 설정단계;

상기 설정된 각 인자별 조건에 따라 순차적인 시물레이션을 진행하면서 각 인자별 조건의 잉크 유출측 속도 프로파일을 확인하는 시물레이션 실행단계;

상기 시물레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의 잉크 유출측 속도 프로파일을 토대로 최적 인자별 조건을 추출하는 최적 조건 추출단계;

상기 추출된 최적 인자별 조건을 토대로 슬롯-다이 내부의 각 인자별 설계를 수행하는 설계 수행단계;를 포함하며,

상기 최적 조건 추출단계는

시물레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의 출측 유동 정보에 대한 결과를 바탕으로 각 인자별 조건을 도출한 후 실험 계획법(DOE:Design Of Experiment)으로 출측 속도 프로파일의 균일도를 평가하고,

이를 통해 레저보어의 출측 각도와 잉크 유입측의 유속 간의 등고선도, 레저보어의 출측 각도와 잉크 유출측의 스트립 개수 간의 등고선도, 잉크 유입측의 유속과 잉크 유출측의 스트립 개수 간의 등고선도로 각각 표시하며,

상기 표시된 각 등고선도를 확인하여 속도 분포가 일정한 부분에 대한 각 인자별 조건을 도출함으로써 수행됨을 특징으로 하는 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 인자별 조건은

슬롯-다이 내부 레저보어(reservoir)의 잉크 유출측 각도(angle)와,

잉크 유입측(inlet)의 유속(velocity of fluid)과,

잉크 유출측(outlet)의 스트립 개수(number of strip)로 설정됨을 특징으로 하는 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 시물레이션 실행단계의 잉크 유출측 속도 프로파일은 전산 유체해석(CFD:Computational Fluid Dynamics)을 통해 분석함을 특징으로 하는 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 속도 분포가 일정한 부분에 대한 각 인자별 조건은

잉크 유출측 속도 편차가 1% 이하의 분포를 갖는 경우로 결정됨을 특징으로 하는 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 롤투를 슬롯-다이 코팅 기술에 관련된 것으로서, 더욱 상세하게는 슬롯-다이에 의한 필름의 인쇄시 잉크가 토출되는 측의 전 부위별 분사 속도에 대한 편차를 최소화하여 커피링 효과(coffee ring effect)를 방지할 수 있도록 설계하는 새로운 형태에 따른 롤투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 기능성 코팅 필름의 균일한 박막 형성을 위한 코팅 방법에는 그라비어(Gravure), 블레이드(Blade), 스프레이(Spray), 슬롯-다이 코팅(slot-die coating) 등을 통해 수행된다.
- [0003] 여기서, 상기 슬롯-다이 코팅 방법의 경우 높은 균일도와 박막 형성을 하는데 적합함과 더불어 여러 공정 조건을 적절하게 설정함으로써 예측 가능한 박막 두께를 형성할 수 있다는 정점으로 널리 사용되고 있으며, 이에 따라 해당 슬롯-다이 코팅 방법에 관련한 기술들이 한국등록특허 제10-1201937호, 한국공개특허 제10-2013-0022446호, 일본공개특허 2004-148228호, 일본등록특허 제3181266호 등에 개시된 바와 같이 다양하게 제공되고 있다.
- [0004] 하지만, 전술된 종래 기술들은 비록 슬롯-다이 내부의 챔버 형태를 결정하는 기술이나, 박막의 목표 두께를 얻기 위한 기술이나, 다이의 설계 기술 및 작업 조건을 결정하는 등을 통한 코팅 성능의 향상을 얻을 수 있도록 하였으나, 이러한 작업 과정에서 커피링 효과(coffee ring effect)에 의한 코팅 불량 현상이 발생된 문제점이 있었다.
- [0005] 즉, 전술된 커피링 효과는 다이의 출측 속도편차에 따른 요인과, 건조 공정에서 표면에너지에 의해 용액이 끝부분으로 쏠리는 현상에 따른 요인과, 열풍 건조시 풍속에 의해 양측으로 밀려나가는 현상에 따른 요인으로 발생되지만, 종래의 기술들은 상기 다이의 출측 속도편차에 따른 요인을 고려하지 못함에 따라 사실상 커피링 효과에 의한 코팅 불량을 방지하기가 어려웠던 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1201937호
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2013-0022446호
(특허문헌 0003) 일본공개특허 2004-148228호
(특허문헌 0004) 일본등록특허 제3181266호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 전술된 종래 기술에 따른 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 슬롯-다이에 의한 필름의 인쇄시 잉크가 토출되는 측의 전 부위별 분사 속도에 대한 편차를 최소화하여 커피링 효과(coffee ring effect)를 방지할 수 있도록 설계하는 새로운 형태에 따른 롤투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 롤투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법에 따르면 슬롯-다이 내 레저보어(reservoir)의 잉크 유출측 유속에 관련한 복수의 인자별 조건을 각각 달리 설정하는 인자별 조건 설정단계; 상기 설정된 각 인자별 조건에 따라 순차적인 시뮬레이션을 진행하면서 각 인자별 조건의 잉크 유출측 유동을 분석하는 시뮬레이션 실행단계; 상기 시뮬레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의

잉크 유출측 속도 프로파일을 토대로 최적 인자별 조건을 추출하는 최적 조건 추출단계; 상기 추출된 최적 인자별 조건을 토대로 슬롯-다이 내부의 각 인자별 설계를 수행하는 설계 수행단계;를 포함하여 진행함을 특징으로 한다.

[0009] 여기서, 상기 각 단계의 각 인자별 조건은 슬롯-다이 내부 레저보어(reservoir)의 잉크 유출측 각도(angle)와, 잉크 유입측(inlet)의 유속(velocity of fluid)과, 잉크 유출측(outlet)의 스트립 개수(number of strip)로 설정됨을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 시뮬레이션 실행단계의 잉크 유동 분석은 전산 유체해석(CFD:Computational Fluid Dynamics)을 통해 분석함을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 시뮬레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의 출측 유동 정보에 대한 결과를 바탕으로 각 인자별 조건을 도출한 후 실험 계획법(DOE:Design Of Experiment)으로 출측 속도 프로파일의 균일도를 평가하고, 이를 통해 레저보어의 출측 각도와 잉크 유입측의 유속 간의 등고선도, 레저보어의 출측 각도와 잉크 유출측의 스트립 개수 간의 등고선도, 잉크 유입측의 유속과 잉크 유출측의 스트립 개수 간의 등고선도로 각각 표시하며, 상기 표시된 각 등고선도를 확인하여 속도 분포가 일정한 부분에 대한 각 인자별 조건을 도출함으로써 수행됨을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 속도 분포가 일정한 부분에 대한 각 인자별 조건은 잉크 유출측 속도 편차가 1% 이하의 분포를 갖는 경우로 결정됨을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0013] 이상에서와 같이, 본 발명의 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법은 시뮬레이션 및 실험계획법을 이용하여 최적화된 각 인자별 조건을 확인하고, 이렇게 확인된 각 인자별 조건에 따라 슬롯-다이의 구조 및 공정 조건을 변경함으로써 슬롯-다이 코팅의 다이 출측 속도 프로파일의 균일성이 향상될 수 있게 된 효과를 가진다.

[0014] 또한, 상기와 같이 슬롯-다이 코팅의 다이 출측 속도 프로파일의 균일성이 향상됨에 따라 커피링 효과가 방지되며, 이로 인한 코팅 불량도 방지될 수 있다는 효과를 가진다.

[0015] 또한, 본 발명의 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법은 각 인자별 조건을 레저보어(reservoir)의 출측 각도와, 입측 유속과, 스트립 개수(number of strip)로 설정함으로써 슬롯-다이 내부의 출측 유속에 관련된 충분한 고려가 이루어짐에 따라 더욱 정확한 속도 편차의 방지를 위한 설계가 가능하다는 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법을 설명하기 위해 나타낸 순서도

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법의 설명 중 레저보어 각도에 대한 입측 유속의 관계를 등고선도로 나타낸 그래프

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법의 설명 중 레저보어 각도에 대한 스트립 개수의 관계를 등고선도로 나타낸 그래프

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법의 설명 중 스트립 개수에 대한 입측 유속의 관계를 등고선도로 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법에 대한 바람직한 실시예를 첨부된 도 1 내지 도 4를 참조하여 설명한다.

[0018] 첨부된 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법을 설명하기 위해 나타낸 순서도이다.

[0019] 이에 따르면, 본 발명의 실시예에 따른 롤투롤 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법(이하, “설계 방법”이라 함)은 크게 인자별 조건 설정단계와, 시뮬레이션 실행단계와, 최적 조건 추출단계와, 설계 수

행단계를 포함하여 진행됨을 제시한다. 즉, 본 발명은 각 인자별 조건을 달리 설정하여 연속 반복적인 시뮬레이션을 수행한 후 이를 통해 확인된 각 인자별 조건의 잉크 유출측 유동 정보를 토대로 최적 인자별 조건을 추출하고, 이 추출된 최적 인자별 조건대로 슬롯-다이 내부의 각 인자별 설계를 수행함으로써 슬롯-다이의 출측 속도 편차를 최소화할 수 있도록 한 것이다.

[0020] 이를 각 과정별로 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0021] 먼저, 각 인자별 조건을 각각 달리 설정하는 인자별 조건 설정단계가 수행된다.

[0022] 여기서, 상기 각 인자별 조건은 상기 슬롯-다이의 잉크 유출측(이하, “출측”이라 함) 전 부위에 걸쳐 잉크의 유출 속도 편차를 최소화하기 위해 슬롯-다이의 잉크 유출 속도에 관련한 인자의 조건으로써, 슬롯-다이 내부의 각 레저보어(reservoir)의 잉크 유출측 각도(angle)(이하, “출측 각도”라 함)와, 각 잉크 유입측(inlet)의 유속(velocity of fluid)(이하, “입측 유속”이라 함)과, 각 잉크 유출측(outlet)의 스트립 개수(number of strip)로 설정된다.

[0023] 즉, 슬롯-다이 내부의 유동을 전산 유체해석(CFD:Computational Fluid Dynamics)으로 분석하기 위해 3차원 모델링을 수행함으로써 얻어진 각 입력 변수인 상기 슬롯-다이 내부의 각 레저보어의 출측 각도(레저보어 형상)와, 각 입측 유속과, 각 스트립 개수를 각 인자별 조건으로 설정하는 것이다.

[0024] 이때, 상기 각 입측 유속은 실제 공정에서 사용되어온 입력 속도의 대표적 세 가지 수준을 1mm/s에서 100mm/s로 저속부터 고속까지 설정되고, 상기 레저보어의 출측 각도는 상용 슬롯-다이를 계측하여 유사한 모양으로 모델링한 후 20°에서 35°까지의 조건으로 변화하도록 설정되며, 각 스트립 개수는 유기태양전지 공정에서 중요한 파라미터 중 하나이므로 전면 코팅을 비롯하여 여러 단계의 스트립 조건인 1개, 3개, 5개, 10개로 설정된다.

[0025] 다음으로, 상기 시뮬레이션 실행단계는 각 인자별 조건(입력 변수)의 슬롯-다이에 대한 출측 유동을 분석하기 위해 시뮬레이션을 진행하면서 전산 유체해석으로 그 결과를 해석하는 과정이다.

[0026] 이와 같은 시뮬레이션 실행단계에서는 상기 인자별 조건 설정단계를 통해 설정된 각 인자별 조건에 따라 순차적인 시뮬레이션을 진행하며, 전술된 각 조건별로 순차적이면서도 연속적으로 수행한다.

[0027] 이때, 상기한 시뮬레이션 실행단계에서는 레저보어의 출측 각도와 입측 유속을 특정 조건으로 고정한 상태에서 스트립 개수에 따른 폭 방향 유속 차이(슬롯-다이의 출측 전 부위에 대한 유속 차이)를 시뮬레이션하고, 레저보어의 출측 각도와 스트립 개수를 특정 조건으로 고정한 상태에서 입측 유속에 따른 폭 방향 유속 차이를 시뮬레이션하며, 입측 유속과 스트립 개수를 특정 조건으로 고정한 상태에서 레저보어의 출측 각도에 따른 폭 방향 유속 차이를 시뮬레이션 한다.

[0028] 또한, 상기한 시뮬레이션 실행단계를 통해 각 인자별 조건의 출측 유동에 대한 속도 프로파일이 취득된다. 이때 상기 속도 프로파일은 슬롯-다이의 출측 유체에 대한 각 위치별 속도 분포이다.

[0029] 다음으로, 상기 최적 조건 추출단계는 상기 시뮬레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의 출측 유동에 대한 속도 프로파일을 토대로 최적 인자별 조건을 추출하는 과정이다.

[0030] 이와 같은 최적 조건 추출단계는 상기 시뮬레이션 실행단계를 통해 분석된 각 인자별 조건의 출측 유동 정보에 대한 결과를 바탕으로 각 인자별 조건을 도출한 후 실험 계획법(DOE:Design Of Experiment)으로 출측 속도 프로파일의 균일도를 평가하고, 이를 통해 레저보어의 출측 각도와 각 입측 유속 간의 등고선도, 레저보어의 출측 각도와 스트립 개수 간의 등고선도, 입측 유속과 스트립 개수 간의 등고선도로 각각 표시한 후 이렇게 표시된 각 등고선도를 확인하여 속도 분포가 일정한 부분(예컨대, 도 2 내지 도 4의 빨간색 라인 내의 영역에 속하는 부분)에 대한 각 인자별 조건을 추출함으로써 수행된다.

[0031] 상기 실험 계획법에 의한 출측 속도 프로파일의 균일도에 대한 평가는 아래의 [수학식 1]에 나타난 수학적식을 이

용하며, 이때 a_i 는 i 번째 출측 유체속도이며, n 은 폭방향으로의 유체 속도 프로파일 개수이고, $\bar{a}$ 는 평균 값을 의미한다.

수학식 1

$$u = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i} \times 100$$

[0032]

[0033] 즉, 설정된 출력 변수(u) 즉, 출력의 균일도(Uniformity of Outlet)을 완전 요인 분석하여 등고선도로 나타내고, 이를 토대로 최적의 인자별 조건을 추출하는 것이다.

[0034] 특히, 상기 속도 분포가 일정한 부분에 대한 각 인자별 조건은 상기 출력 속도 편차가 1% 이하의 분포를 갖는 경우에 대한 각 인자별 조건으로 결정된다.

[0035] 이후, 상기 추출된 최적 인자별 조건을 토대로 슬롯-다이 내부의 각 인자별 설계를 수행하는 설계 수행단계를 진행한다.

[0036] 결국, 본 발명의 롤투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법은 시뮬레이션 및 실험계획법을 이용하여 최적화된 각 인자별 조건을 확인하고, 이렇게 확인된 각 인자별 조건에 따라 슬롯-다이의 구조 및 공정 조건을 변경함으로써 슬롯-다이 코팅의 다이 출력 속도 프로파일의 균일성이 향상된다.

[0037] 또한, 상기와 같이 슬롯-다이 코팅의 다이 출력 속도 프로파일의 균일성이 향상됨에 따라 커피링 효과가 방지되며, 이로 인한 코팅 불량도 방지될 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명의 롤투를 슬롯-다이 코팅의 내부 유동 최적화를 위한 설계 방법은 각 인자별 조건을 레저보어(reservoir)의 출력 각도와, 입측 유속과, 스트립 개수(number of strip)로 설정함으로써 슬롯-다이 내부의 출력 유속에 관련된 충분한 고려가 이루어짐에 따라 더욱 정확한 속도 편차의 방지를 위한 설계가 가능하다.

부호의 설명

[0039] S100. 인자별 조건 설정단계

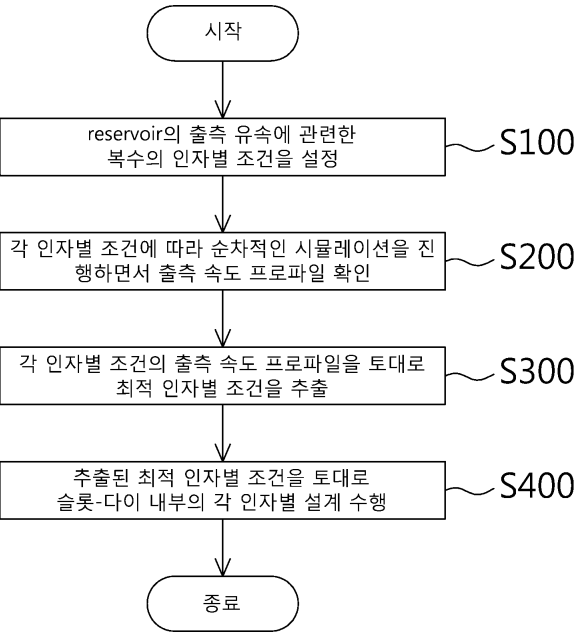
S200. 시뮬레이션 실행단계

S300. 최적 조건 추출단계

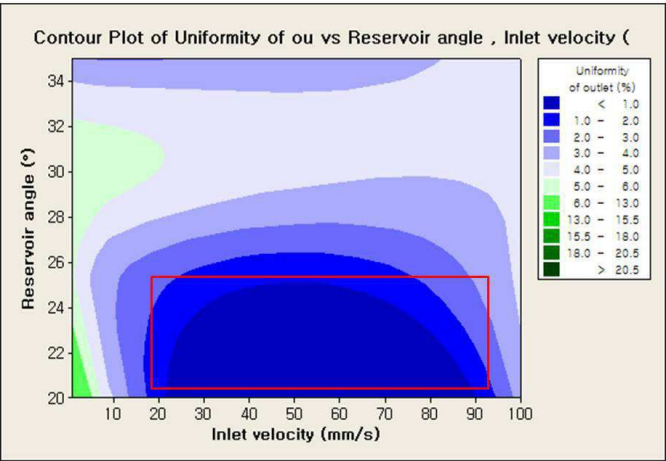
S400. 설계 수행단계

도면

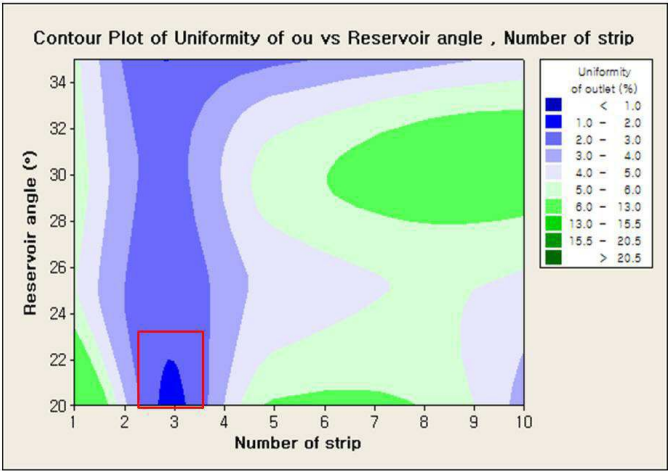
도면1



도면2



도면3



도면4

