한국금형공학회지, 제12권 제2호, 2018
J. Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol.12 No.2, 2018 ISSN 2092-9692

친환경 고생산성을 위한 단일 쿠션 팩트 내 화장품 용기의 사출 시뮬레이션 분석

정성택[1] · 김성현[1] · 김현정[1] · 이중배[2] · 백승엽[†]
인덕대학교 기계설계공학과[1,†]
(주)이루팩[2]

An analysis on the injection mold simulation of single cushion pact cosmetic container for the friendly-environment and high productivity

Sung-Taek Jung[1] · Seong-Hyun Kim[1] · Hyun-Jeong Kim[1] · Joong-Bae Lee[2] · Seung-Yub Baek[†]
Department of Mechanical Design Engineering Induk University[1,†]
ILLUPACK Co., Ltd.[2]
(Received June 22, 2018 / Revised July 24, 2018 / Accepted August 01, 2018)

Abstract: Generally, The women was used in the cosmetic cushion fact. It has developed with the consideration of manufacturing. In this study, we designed green-friendly and element parts lower and single cushion fact containers using a single material. Injection mold simulation were performed using on 3D design data. The injection mold simulation used the data (Injection time / Cooling time / Temperature / Pressure) in the injection mold parameters. In addition, the sink mark phenomenon in the simulation results is analyzed as a problem due to the thickness and further research is needed in the future.

Key Words: Cosmetic container, Cushion pact, Design for manufacturing, Development, Injection simulation

1. 서 론

오랜 역사를 자랑하는 사출 금형(injection mold)의 기술은 많은 연구자들이 다양한 연구 방법을 통하여 옛 부터 많은 시행착오와 방법론을 거듭하여 사출 기술을 사용하였으며[1,2], 현재의 기술에 이르기까지 많은 노력을 해왔다. 사출 금형 품은 일상생활에서의 가전제품 및 생활용품의 부품을 생산하기 위해 많이 사용되고 있는 기술이다. 제조 산업의 시장이 극 도록 넓어지면서 다양한 분야의 제품군들이 등장하였으며, 이로 인해 각종 부품을 제조하기 위한 사출 금형기술이 절실히 필요한 실정이다. 제조 산업에서의 제품생산단계의 중요한 맹점은 제품의 양산에 따라 변동되는 가격 차이이며, 이는 부품의 수와 조립 설계를 어떻게 고려했는지에 따라 결정 된다. 따라서 단가 조정 및 수량을 수요와 공급에 따라 생산하기 위해 제조고려설계(design for manufacturing)[3]와 조립고려설계(assembly for manufacturing)를 원칙을 적용하여 제품 설계단계의 진행 절차가 필요하다. 또한, 제품에 대한 체결[4] 방식을 고려하여 제품 단순화를 통해 부품의 수를 줄이는 설계가 중요하다. 본 설계 절차를 바탕으로 환경적 가격적 측면에서 기인하고 제품의 대량생산에 최적의 적정 기술이라 할 수 있다.

요즘 세계적으로 환경오염에 대한 극심한 문제를 주목을 받고 있어 이를 해결하기 위해 환경 규제가 강화되고 있다. 친환경을 보존하기 위한 첫 걸음은 제품의 분리수거 및 재활용에 어려움이 있어 제품 설계 시 시료의 선정 또한 매우 중요하다. 그러므로

1. 인덕대학교 기계설계과
† 교신저자: 인덕대학교 기계설계과
E-mail: sybaek@induk.ac.kr

분리배출에 대한 고려가 제품 생산에서 매우 중요하기 때문에 친환경을 고려한 연구와 신재제품 개발이 매우 절실하다.

여성용 화장품에 대한 선호도가 높은 화장품 쿠션 팩트(Cushion Pact) 시장을 선정 하였고, 현재 여성용 화장품의 경우 연령층 구별 없이 색조 화장품에서 많은 인기와 선호도를 가지고 있다. 대게 화장품 쿠션 팩트 용기의 경우 사출 금형기술을 통하여 조립형 및 분해가 용이 하도록 설계가 되어 있다. 이러한 기술은 대량 생산에 적합하며 단순한 조립을 통해 공정을 최소화 하는 것에 중점을 두고 있다. 또한, 시 금형에서 취출 된 사출품의 경우 가격이 저렴하고, 내구성이 좋아 제품으로서 많은 가치를 인정받고 있다.

금형의 크기가 넓어지면 제작비용이 커지고 그에 따른 설계 검토가 필요하기 때문에 적절한 금형의 제작과 제품의 생산성을 고려하기 위해 이중 사출(double injection) 필요하다. 안동규[5] 등은 이중 사출 해석을 통한 최적의 제품 공정 최적화를 위해 3차원 사출 시뮬레이션을 통해 박벽 구조를 가진 케이스 사출성형을 수행하였다. 박철우[6] 등은 금형 설계 전 시뮬레이션 수행으로 성형공정이 최적이 되는 러너(runner)와 게이트(gate)의 치수와 형상을 결정하였으며, 크기에 따라 성형에 미치는 영향력에 대한 문제를 제시하였다. 성형 불량[7]의 요인으로 불리는 웰드라인(weld line), 플로우 마크(flow mark) 등이 있으며, 이러한 문제점을 줄여 나가기 위해 시 사출 전 사출 시뮬레이션을 통하여 문제점을 해결하기 위한 연구들이 많이 진행되고 있다.

이와 같이 앞서 사출 금형 기술을 이용한 많은 선행 연구들이 제시되어 왔으며[8-9], 다양한 성형 불량의 요인과 시 금형 제작 전 설계의 요인분석을 통해 최적의 조건을 분석하는 연구들이 수행되어왔다. 화장품 내 용기의 다수의 부품 수가 많이 발생되기 때문에 여성용 화장품 쿠션 팩트 용기의 제품을 개선하고자 연구를 진행하였고, 앞서 내용과 같이 제품에 대한 제조 고려설계를 원칙으로 하여 부품 수와 제조공정을 줄이기 위해 일체형 단일 쿠션을 팩트 용기 개발을 진행하고자 한다. 쿠션 팩트[10] 용기는 제품의 외관에 해당하는 외 용기와 실제 내용물이 담기는 내 용기로 구분이 된다. 특히, 내 용기는 상, 하 case와 결합/개폐용 금속제 핀(pin) 및 내용물 변질을 방지하기 위한 별도의 많은 요소 부품들이 필요로 하고 있다.

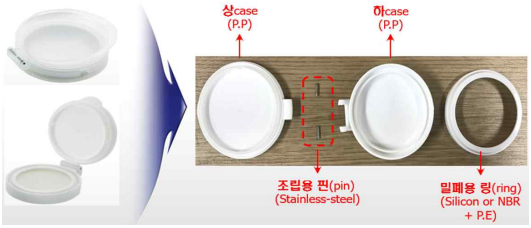
친환경을 고려한 쿠션 팩트 내 용기 개발에 대한 단일화 제품은 아직 국내 시장에는 전무한 상황이며, 친환경 단일 용기는 편리성과 주기적인 제품을 교환 할 수 있다는 강점이 있다. 취출 전 사출 시뮬레이션으로 결과 검토를 통하여 설계의 타당성과 성형 예측을 통해 화장품 내 용기의 사출 시뮬레이션 연구를 진행하고자 한다.

2. 유니화 단일 쿠션 팩트 용기 설계

메이크업 화장품 등에 많이 사용되는 쿠션 팩트 용기의 경우 용기 내면에 들어가는 내용물이 고상 및 액상에 따라서 밀폐구조의 형식이 달라지며, 이에 따라 제품의 구조와 금형 설계가 변경된다. 또한, 용기의 외주 면으로부터 둘러싸고 있는 케이스 무게까지 고려한다면 무게가 가볍고 제품의 내구성을 극대 한으로 높일 수 있는 설계의 반영이 필요하다. 이러한 구조적인 문제들은 설계상에서 많은 고민이 필요하고 화장품 쿠션 팩트 용기의 원가 절감이 중요성하고 생산성, 밀폐 성 강화 및 소재의 재활용성을 극대화하기 위해 단일 플라스틱 소재 힌지와 일체형 밀폐구조를 가지는 이중 사출형 방식의 용기의 형식으로 설계를 수행하였다.

Fig. 1의 경우 기존 및 현재에 이르기까지 많이 사용되고 있는 3차원 설계의 (b)모습과 단일 용기의 제품 (c)에 대한 모습을 보이고 있다. (a)는 기존 제품에 대한 각각의 부품을 분해한 모습을 보였다. 기술적인 내용을 개선하고자 앞서 내용과 같이 제조 고려설계(design for manufacturing)를 통해 요수 부품의 수를 줄이고 부품, 소재 및 공정을 간소화를 위해 Fig. 2에서 설계된 화장품 내 용기의 게이트(gate) 위치와 2차원 적인 모습을 보이고 있으며, 설계 데이터의 경우 이중 사출을 수행하기 위해 gate 위치는 2가지로 방법으로 설계하였다.

본 연구에서 개발한 쿠션 팩트 용기의 설계의 장점은 다음과 같이 열거 할 수 있다. 첫 번째로 국가별 환경 규제가 강화되면서 친환경을 고려해야 하는 문제점이 있기에 한가지의 유니소재를 가지고 별도의 분리 없이 바로 폐기 처분 할 수 있다. 두 번째로 기존의 제품과는 다르게 차별화된 기능성을 가진다. 마지막으로 화장품 용기의 밀폐성 향상으로 품질 보존성 향상시킨다.



(a) Existing product decomposition

(b) Existing 3D-design (c) Design of cosmetic

Fig. 1 Existing products element and 3D-model

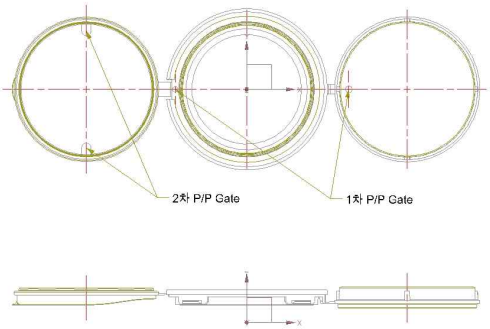


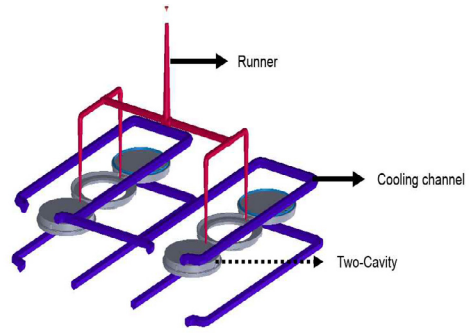
Fig. 2 3D-design and gate point for cushion fact design

3. 3차원 사출 시뮬레이션

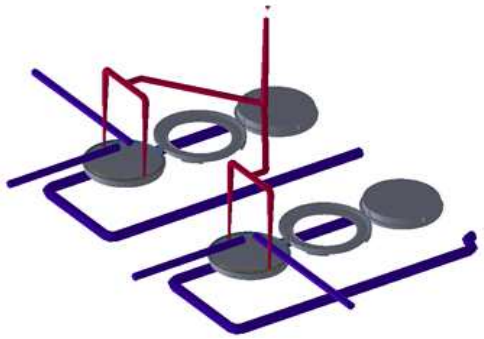
화장품 쿠션 팩트 용기 개발을 수행하기 위해 3 차원 설계 데이터를 이용하여 사출 금형 시뮬레이션(injection mold simulation)을 수행하였다. Fig. 3에서는 다음과 같이 러너(Runner)와 냉각 채널(cooling channel)의 금형 채널 구조를 나타내고 있다. (a)는 내 용기를 사출하기 위한 금형 설계 구조를 보였고, (b)는 팩트 용기의 밀폐 부분을 사출하기 위한 금형 설계 구조의 모습을 나타내고 있다. 또한, 제품의 원활한 생산과 성형 예측을 위해 2개의 케비티(two-cavity)의 금형 구조 방식으로 금형 설계를 진행하였으며, Solidworks 2017 plastic study를 사용하여 사출 시뮬레이션을 진행하였다.

사출성형 시뮬레이션을 수행하기 위해 각각의 공정 파라미터인 injection time, cooling time, temperature, pressure 들은 매우 중요하다. 이는 조건의 값을 어떻게 적용했는지에 따라 시 사출 및 금형 제작비용에 극심한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 사출 시뮬레이션에 사용된 공정 파라미터는 현재 현업에서 사용되고 있는 파라미터를 확보하여 이에 대한 공정표를 Table 1에서 나타내었다. 사출 공정표의 (a)는 용기를 사출하기 위한 공정 조건이며, (b)는 밀폐 구간을 사출하기 위한 공정 조건이다. 금형의 사출압 한계치는 재료의 특성에 따라서 값이 변하기 때문에 신뢰 할 수 있는 적정 압력 값들이 필요하다. 그러므로 이에 대한 수치적인 값은 시 사출 금형에서 취출 될 때 제품 공정에 극심한 영향을 줄 수 있으므로 중요하게 적용될 수 있다.

내 용기 시 사출을 하기 전 금형의 러너와 스프루 설계 구조를 실제 금형 구조와 동일한 조건으로 시뮬레이션을 수행하고, 러너 5 mm, 냉각 채널 크기 10 mm로 설계하였다. 제품의 이중 사출을 수행하기 위해 2차 금형 설계 구조가 변경되어 밀폐되는 실링(sealing) 부분만 러너와 냉각 채널 크기는 1차 금형과 동일하였다.



(a) Cosmetic courage design simulation



(b) Sealing design of courage

Fig. 3 3D-injection simulation modeling design

Table 1 Injection process parameters

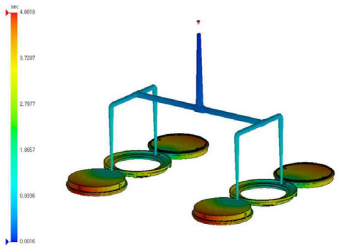
Process	(a)	(b)
Injection time (sec)	4.5	1.1
Cooling time (sec)	13	20
Temperature (℃)	240	185
Pressure (MPa)	38	35

시뮬레이션에서 사용된 수지(resin) 재질의 선정은 PP(Poly-Propylene), 금형 재질은 P20을 사용하였다. 또한, 성형 시뮬레이션을 예측과 내 용기 부분의 매쉬(Mesh)의 값을 계산하기 위해 요소(Element)를 330만개와 절점수를 200만개로 계산하여 경계조건을 부가하였다. 내 용기 밀폐구조의 실링 부분은 두께가 얇기 때문에 계산 시간과 사용된 요소의 계수가 많이 필요로 한다. 밀폐 부분의 시뮬레이션을 예측하기 위한 요소의 계수는 3,700만개, 절 점수는 3,300만개 이다.

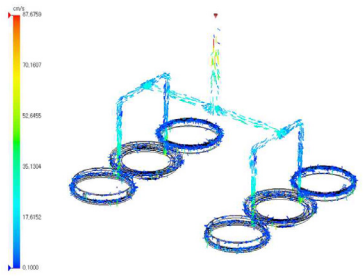
4. 사출 금형 시뮬레이션 결과

단일 소재를 이용한 화장품 사출 금형 시뮬레이션 결과를 Fig. 4에서 성형 예측 결과를 각각 보이고 있다. (a)와 (b)는 화장품 내 용기에 대한 사출 시뮬레이션 성형 결과이며, (c)와 (d)는 밀폐 부분영역의 부분을 사출 시뮬레이션 결과로 도출하였다. 화장품 용기 성형 결과 사출 파라미터에서 미 충진 된 부분이 없이 완충된 결과를 보이고 있다. 수지 벡터는 러너 주입구의 시작 부분에서 빠르게 공급되고 있으며, 게이트가 나누어지는 구간에서 수지가 고르게 들어가는 것을 확인하였고, 도출된 압력 결과와 유량에 대한 결과를 Fig. 5, Fig. 6에서 나타내고 있다.

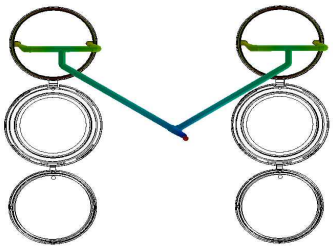
처음 용융 수지가 시간에 따라 주입되면서 압력이 최대 9.42 MPa의 압력이 보였고, 이후 보압 단계를 지나 13초 동안 냉각시간 진행하였다. 이는 앞서 사출 성형조건에서 보인 Table 1에서 부가한 조건에 따라 사출 성형 시 발생 되는 예상 압력의 값이 발생 된 것으로 분석된다. 또한, 용기를 사출하는 4.5초 동안 주입되는 수지의 양은 27.23 cc/s 이며, 화장품 내 용기 밀폐 부분은 1.1초 동안 수지가 충진이 완료되면서 압력이 최대 9.2 MPa을 예측하였고, 실링을 사출하기 위한 수지의 주입량은 27.5 cc/s 이다. 상기의 제품에 대한 화장품 용기의 미 충진 현상이 발생 없이 완충되는 모습을 알 수 있었으며, 용기의 성형 결과에서 불량의 요인으로 보여 지는 싱크 마크(Sink Mark) 부분을 확인할 수 있었다. 이는 살 두께의 원인으로 분석되며, 이에 따른 설계 보완 통해 성형 불량을 줄일 수 있을 것이다. 사출성형 시뮬레이션 결과 설계의 타당성 검토에서는 문제가 없어 보이며, 본 시뮬레이션 연구를 넘어 취출 된 제품 결과와 비교 분석과 개발된 용기의 안전성 및 유해성 검토가 필요하다.



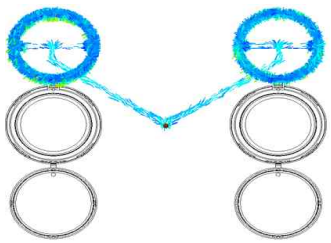
(a) Cosmetic container charging time



(b) Cosmetic container resin vector distance

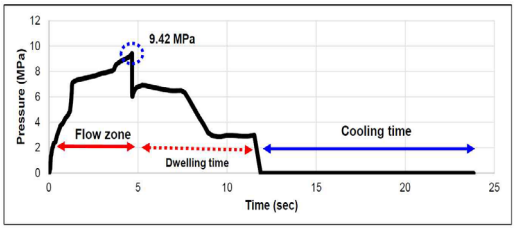


(c) Closed area charging time

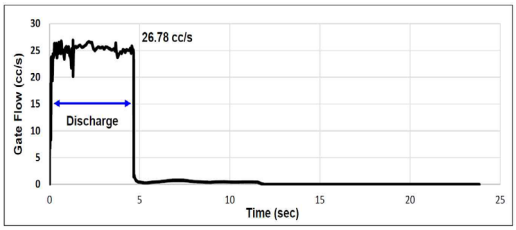


(d) Closed area resin vector distance

Fig. 4 Injection mold study flow data

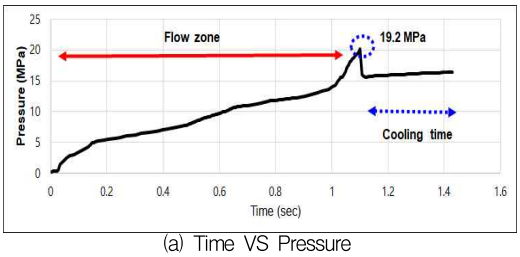


(a) Time VS Pressure

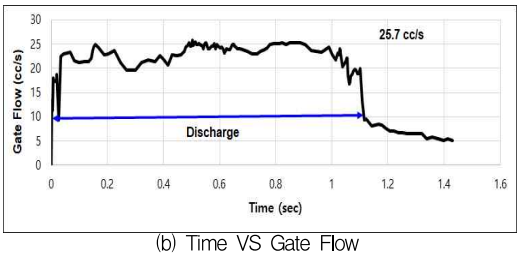


(b) Time VS Gate Flow

Fig. 5 Cosmetic container Injection mold study flow data



(a) Time VS Pressure



(b) Time VS Gate Flow

Fig. 6 Injection mold study flow data

5. 결론 및 토의

여성용 메이크업 화장품 등에 많이 사용되고 있는 쿠션 팩트 용기설계에 대한 사전적인 조사와 기존에 사용되고 있는 쿠션 팩트 용기의 제품을 사용자의 편리성과 친환경을 반영시켜 제품을 개선하고자 제조 및 조립고려설계를 적용하여 단일 소재 이용한 쿠션 팩트 연구를 진행하였다. 또한, 세계적으로 환경 규제 강화되면서 많은 문제점으로 다가오고 있으며 이를 해결하고자 각각의 부품 수를 줄이는 친환경 일체형 쿠션 팩트 용기 설계를 통해 다음과 같이 3가지의 고생산성의 필요성을 가진다.

1) 시장 측면에서는 다수의 조립부품 생산비용을 감소시키고 이종 소재부품 조립(수작업)에 의한 생산성을 높인다.

2) 품질 측면에서는 공정 적용에 따른 밀폐기능 향상 오일 및 실리콘과 반응하여 변질 위험 감소

3) 환경 측면에서는 용기 분리배출 과정에서 재활용 가능

시 금형 취출에 앞서 사출 시뮬레이션을 진행하가 위해 제품의 수지는 PP, 금형 재질은 P-20을 적용하였으며, 시뮬레이션에 사용된 사출 공정 조건은 현업에서 사용하고 있는 사출 공정 조건을 가지고 수행하였다. 사출 공정 조건에서 사출한 한계치는 재질에 따라서 매우 중요하기 때문에 신뢰성을 가지는 38 MPa, 35 MPa 조건과 수지가 충지 되는 동안에 9.42 MPa, 밀폐를 시키는 부분에서 12.9 MPa의 압력이 분석되었다.

제품을 사출 성형을 하는 동안 압력이 크게 발생되지 않았으며, 설계 검토결과 타당성이 있다고 판단된다. 제품에 미 성형 된 부분이 발생되지 않았으며, 본 시뮬레이션 연구에서 후속 연구를 통해 시사출 제품 결과와 비교 분석이 필요하며, 개발 된 용기의 안전성 및 유해성 검증을 통해 사용자의 편의성 및 친화경 고생산성을 위한 화장품의 단일 쿠션 팩트 내 용기 제조에 많은 도움이 될 것으로 전망되어 진다.

후기

본 논문은 중소벤처기업부 구매조건부 신제품개발 사업의 “부품, 소재 및 조립공정 단순화를 통한 친환경 고생산성 쿠션 팩트 화장품 용기 제품개발” 과제번호(S2555178) 연구비지원으로 진행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1) Won, S. T., Heo, Y. M., Ko, Y. B., Kim, G. H., and Yoon, G. S. “Trends of Injection Molding

Technology", Transactions of Materials Processing, Vol. 23, pp. 184-188, 2014.
2) Won, S. T., Kim, J. D., Kim, D. U., Kim, G. H., and Yoon, G. S. "Trends of Press Forming Industry and Technology", Transactions of Materials Processing, Vol. 23, pp. 392-396, 2014.
3) Ahn, S. H., Paul, C. B., and Wright, K. "Rapid Prototyping Service Considering Design For Manufacturing(DFM)", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 1293-1298, 2002.
4) Hoog, M. S., Kim, J. M., and Park, H. K. "A study on the simplification of parts assembly using snap fit", Society for Computational Design and Engineering conference, pp. 795-800, 2006.
5) Ahn, D. G., Park, M. W., Park, J. W., and Kim, H. S. "Determination of Molding Conditions of Double-Shot Injection Mold for the Computer Mouse via Three-Dimensional Injection Molding Analysis", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 35 pp. 1619-1625, 2011.
6) Lee, H. W., and Park, C. W. "A Study on the Injection Molding Process of Inline Skate Frame Using Moldflow", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 34 pp. 289-295, 2010.
7) Lee, Y. C. "The Improvement of Weldline and Flow mark Defection by using Injection Molding Analysis", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 30, pp. 1295-1301, 2013.
8) Hakimian, E., and Sulong, A. B. "Analysis of warpage and shrinkage properties of injection-molded micro gears polymer composites using numerical simulations assisted by the Taguchi method", Materials & Design, Vol. 42, pp. 62-71, 2012.
9) Zink, B., and Kovács, J. G. "The effect of limescale on heat transfer in injection molding", International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 86, pp. 101-107, 2017.
10) Kim, G. H., Yoon, G. S., Lee, J. W., Sohn, J. I. , Kim, Y. J., and Lee, J. B. "Investigation on Double-shot Injection Molding analysis for Production of Compact powder High-sealed Make-up Case", The Korean Society For Technology of Plasticity conference, pp. 427-430, 2012.