ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 24(3):295-300, September 2019
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.3.295

Development of Non-coated Double Injection Eyewear with TR XE 4668

Byung-Ho Ha[1], Chang-Sub Kwak[2], Young-Jun Go[3], and Ki-Hong Kim[4,*]

[1]Dept. of Optometry & Vision Science, Catholic University of Daegu, Student, Gyeongsan 38430, Korea
[2]DPM Tech Co.Ltd, Principal engineer, Gumi 39169, Korea
[3]Alpha green Co.Ltd, CEO, Gumi 39167, Korea
[4]Dept. of Optometry & Vision Science, Catholic University of Daegu, Professor, Gyeongsan 38430, Korea
(Received July 30, 2019: Revised August 8, 2019: Accepted August 28, 2019)

Purpose: TR90 and ULTEM are widely used to produce eyeglass frames. TR90 is suitable of various types of injection molding, but it has a reduced performance compared to that of urethane. The purpose of this study was to develop an original eyewear design by solving the processing problems and selecting a lightweight material that can eliminate the occurrence of defects during coating and double injection. **Methods:** TR XE 4668, which is suitable for use in manufacturing double injection molding frames, was selected as an injection material by analyzing its physical properties, such as impact strength, density, tensile strength, bending strength, flexural modulus, injection flow, and transparency. In order to reduce trial and error in manufacturing, we created a simulation using the Moldex3D R14 program and fabricated molds and prototypes. **Results:** Through the injection molding analysis, it was possible to eliminate various factors that lead to defect occurrence that could be issued in the process. As a result of testing, the durability was improved to less than 1/10 of the reference value, and the results of the bridge deformation test and tensile strength test were also excellent. **Conclusions:** Based on the TR XE 4668 injection molding material, the double injection molding process reduces post-processing processes, such as coating and bonding, which are shortcomings of the single injection method, thereby eliminating the inevitable defective elements in each process element and improving product competitiveness and reliability. In addition, the results of a certification test of spectacle performance of the mold-made finished products were excellent.

Key words: Double injection, See-through design, Eyewear

서 론

일반적으로 안경테 소재는 크게 스테인레스, 알루미늄, 티탄과 같은 금속계 소재와 셀룰로오스 아세테이트와 폴리아미드 등의 플라스틱계 소재로 나눌 수 있다. 안경테 제조는 소재의 특성에 따라 디자인과 기능이 달라지며, 우수한 촉감과 광택성, 탄력성, 내열성, 내구성, 내마모성과 도장, 코팅성이 요구된다.

사출안경테 소재는 폴리아미드(polyamide) 및 폴리에테르이미드(polyetherimide, ULTEM) 등이 주를 이루고 있다. 폴리아미드계 소재인 티알(TR90)은 다양한 사출성형이 가능하며 우수한 탄성회복율을 가지고 있어 널리 사용되고 있으며 폴리에테르이미드 소재인 울템(ULTEM)은 탄성과 강도가 우수하여 고급소재로 사용되고 있다.

울템은 기존 안경테 소재로 많이 쓰이던 TR90에 비해서도 품질이 획기적으로 개선된 소재이다. TR90의 열 변형성은 110ºC인데 반해, 울템의 열변형성은 230ºC로 2배 이상 높다. 때문에 여름철 뜨거운 자동차 안이나 사우나에서 뜨거운 열로 인해 변형되는 문제점이 해결되었으며 고탄성, 내구성을 지니고 있다. 또한 플라스틱으로는 불가능한 1.2 mm 두께로 프레임을 만들 수 있어 무게 6 g의 초경량 안경을 만들어 낼 수 있다.[1]

널리 사용되는 사출재료인 TR90과 울템은 제조 공정이 간편하고 성형 후 각종 칼라로 코팅이 가능한 장점을 가지고 있으나 도장 및 코팅 특성이 취약하여 안경테 제조 시 30% 이상의 코팅 불량이 발생하며 추가적인 가공 공정이 많다는 단점이 있으며 특히 울템은 투명도가 부족하여 다양한 디자인 색상적용에 적합하지 않다.

이처럼 워낙 재료의 성능이 출중하지만 울템의 경우에는 성형시에 사출 작업온도는 최대 380ºC 최소 360ºC이며 금

*Corresponding author: Ki-Hong Kim, TEL: +82-53-850-2551, E-mail: kkh2337@cu.ac.kr

Table 1. Physical properties of the materials

	ULTEM	TR90
Density	1.27	1.00
Tensile modulus	3,580 MPa	1,600 MPa
Breaking tensile strength	110 MPa	60 MPa
Heat deformation	230℃	110℃

형온도가 150℃ 이상이어야 하며[2] 실린더와 스크류 마모가 심하며, 고압이 필요하기 때문에 일반 사출기의 경우 6개월에 한번씩 실린더를 교환해야 하는 단점을 지니고 있다.

이러한 가공상의 문제점을 해결하고 탄성과 강도가 우수하며 투명도가 우수한 안경테 사출소재를 선정하여 재료특성에 적합한 무코팅 시스루 디자인 이중사출 안경테를 개발하고자 하였다.

일반적인 단사출 안경테는 제품의 형상을 본 뜬 금형 내에 높은 압력으로 고온의 해당 수지를 밀어 넣는 공정이며, 제품의 특성과 색상디자인에 맞게 샌딩, 코팅 등의 후가공이 필요하다. 안경테의 경우 표면 가공 및 부가적인 디자인 요소가 들어가게 되면 공정이 상당히 많아지고 이로 인한 불량률의 증가로 생산성이 낮아지고, 제품 품질과 성능도 떨어진다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 휴대폰과 자동차산업 부품에 적용되는 이중사출 기술을 이용하여 한 번의 사출로 복합적인 요소를 체결하고, 이종 · 이색의 재료를 사용함으로써 성능의 향상과 더불어 복잡하고 다양한 디자인을 적용할 수 있다. 이중사출 정밀금형이 필요하며, 그에 따른 디자인과 선진 금형설계기술이 필요하지만, 경쟁이 치열한 글로벌 안경시장 경쟁력을 제고하기 위해서 이업종 선진기술 도입이 필요한 실정이다.

이중사출 금형은 2개의 사출장치와 가동판에 회전기구를 설치한 구조의 사출기 또는 코어나 슬라이드 구조를 이용하여 이중사출 가능하게 설계된 금형으로 1차 성형품과 2차 캐비티 공간에 2차 수지를 충진하여 성형 1차측과 2차측의 캐비티가 정확히 교체하도록 구성되어 있다.[3] 이러한 이중사출 금형은 형상의 제약이 적어서 제품 적용폭이 넓으며, 생산 리드타임 단축 및 불량 감소로 생산성 향상과 조립공정 및 후 공정 감소로 원가절감의 장점이 존재한다.

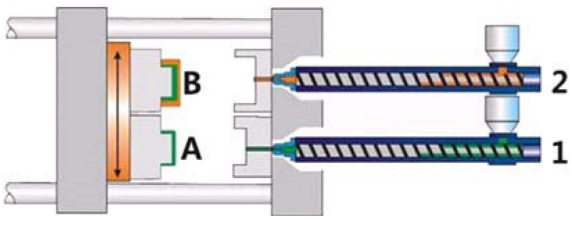

Fig. 1. Conceptual diagram of double injection.

안경 산업의 이러한 기술혁신 및 개발 경향은 소비자의 소비패턴이 개성 있는 디자인과 색상, 스타일 등을 통해 기능용품으로써 뿐만 아니라 패션용품으로써의 중요성이 강조되는 방향으로 바뀌면서 이러한 패턴을 수용할 수 있는 감성을 나타낼 수 있는 디자인과 더불어 이러한 요구조건에 부합하는 소재, 이들 소재를 제품화 할 수 있는 금형설계 및 공정 노하우가 중요한 요소로 부상하고 있다.

본 연구에서는 무코팅 이중사출성형에 적합한 사출경량 소재를 선정하여 독창성있는 디자인의 안경을 개발하였다.

대상 및 방법

1. 사출재료

E사의 TR XE 4668 사출재료는 고강성, 우수한 연성, 높은 투명성 및 균형 잡힌 내충격성을 가진 폴리아미드 화합물이다. 이 소재는 고강도, 인성, 연성 및 우수한 유동성이 요구되는 사출 성형 안경제품에 적합하다.

사출기에 적용될 때 조건은 용융 온도는 290～320℃이며 금형 온도는 80～120℃이다.

TR XE 4668의 건조조건은 최대온도 80℃에서 4~6시간이 소요된다. 폴리아미드 재료이므로 산소가 있는 상태에서 80℃ 이상의 온도에서 산화 작용을 받는다. 따라서 건조시 80℃ 이상의 온도는 피해야 한다.

기존 안경사출재표로 가장 널리 사용된 TR90에 비하여 TR XE 4668은 탄성과 강도가 우수하며, 90%의 투명도를 나타내고 있어 투명을 강조할 수 있는 시스루 이중사출 디자인에 적합한 재료이다. 특히 흐름도가 우수하여 세밀한 패턴 디자인의 사출에도 용이하게 사용될 수 있다.

2. 디자인 및 제작

투명도를 강조한 시스루 디자인의 이중사출 안경을 개발하기 위하여 스케치와 도면화를 거쳐 제품모델링을 완

Table 2. Physical properties of TR90 and TR XE 4668

	TR90	TR XE 4668
Density	1.00	1.08
Tensile modulus (MPa)	1,600	2,400
Yield tensile strength (MPa)	60	85
Yield elongation (%)	6	7
Breaking tensile strength (MPa)	45	60
Breaking elongation	50	100
Fluidity (@1 mm)	100	188
Transparency (%)	91	90

Fig. 2. Eyewear sketch.

Fig. 3. Conceptual diagram of eyewear design.

Fig. 4. 3D modelling of eyewear design.

Fig. 5. 3D rendering of eyewear design.

성하였다.

자동차에 응용되는 디자인을 도입하여 시력보정용 스포츠안경에 적용하였으며, Adobe illustrator와 Adobe Photoshop을 이용하여 개념도를 완성하고, Rhinoceros 5.0 프로그램을 사용하여 3D 모델링 하였다.

오늘날 사출성형제품을 개발하는 과정에서 사출성형 CAE의 활용은 보편화되어 있으며, 플라스틱 공업에서 사출성형 CAE에 대한 중요성이 인식되어 활용되고 있다. 기존에 없는 정밀금형기술을 요구하는 디자인이므로 시행착오를 줄이기 위해 Moldex3D R14 프로그램으로 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 시험사출을 진행하였고 시제품을 제작하여 안경테 기준검사규격에 따른 시험검사를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 이중사출성형 해석

사출성형해석 결과 프런트 2차측의 중앙부에 유리전이온도에 도달하는 구간이 있어 미성형이 발생하는 것을 예측하고 게이트(gate) 추가설치를 진행하였으며, 2차측의 충진시간이 4.076 s로 성형시간 예측 또한 가능하였다. 또한 웰드라인 발생 부위가 예측 가능하여 가스벤트(gas vent)를 추가하였다.[4] 외관 싱크마크(sink mark) 가능성도 확인하였다.

템플에 대한 사출성형해석 결과는 1차와 2차 모두 유리전이온도에 도달하는 구간이 없기 때문에 미성형이 발생하지 않을 것으로 해석되었다. 하지만 발생 부위가 예측 가능하여 가스벤트를 추가하였다. 프런트와 마찬가지로 템플에도 외관 싱크마크(sink mark) 가능성이 나타났다.

사출성형해석을 통하여 문제점을 보완하고, 금형설계 프로그램 Unigraphics NX7.5을 이용하여 게이트와 가스벤터를 추가하고 이중사출 금형 언더컷 자유변형 취출블록을 설치하여 제품에 손상없이 취출되도록 설계하였다.

Fig. 8의 P는 이중사출 안경 프런트, A는 변형밀핀, B는 경사취출 블록, C는 직각 취출 블록이다. 이중사출 안경

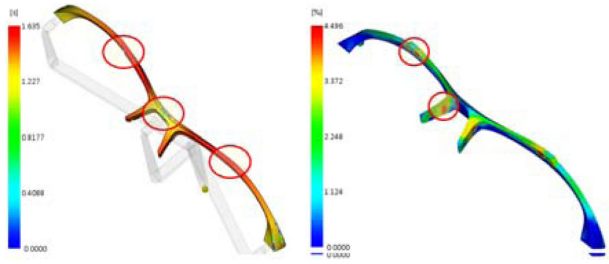

Fig. 6. Weld lines and sink mark results using injection molding analysis for eyewear front.

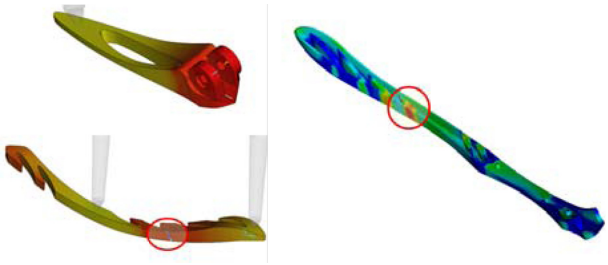

Fig. 7. Weld lines and sink mark results using injection molding analysis for eyewear temple.

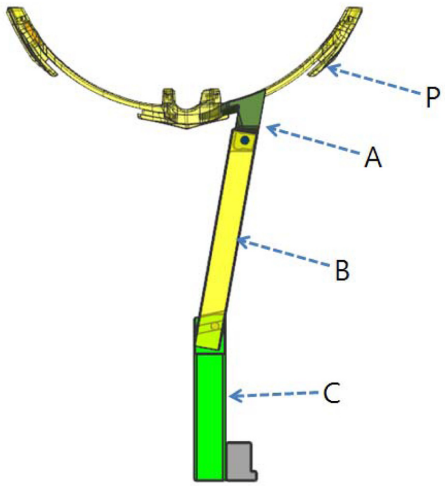

Fig. 8. Conceptual diagram of double injection mold undercut by the free strain take-out block.

프런트를 사출함에 있어서 금형과 사출물이 분리되지 않는 문제(언더컷)를 해결하기 위해서 금형에 A, B, C 부품을 고안하여 금형과 사출물의 분리(취출)가 가능하도록 하였다.

사출성형해석을 통하여 공정상에서 발생할 수 있는 다양한 불량 발생요인을 분석하고 제거하고 안경 제품의 각 부의 수축율 차이에서 기인한 이형불량의 원인을 최소화하기 위해 Flow mark, Weld line 등의 외관불량을 분석 후 최적의 생산 공정 표준화를 확립하였다.

금형 몰드베이스 재료는 구조용탄소강인 S55C를 사용하고, 코어재료는 표면 정밀도와 제품 투명도 증대를 위해 내식성, 내마모성이 우수한 STAVAX를 사용하였다. NC가공, 와이어, 밀링, 방전, 래핑의 가공 공정을 통하여 금형 제작 후 시험사출 하였다.

2. 이중사출 조건 확립

제작된 금형을 140톤 전동 이중사출기(닛세이)를 이용하여 시험사출 하였다. 성형해석 결과를 바탕으로 미성형 예상부위와 수축 부위를 사출압력과 속도 등의 사출조건

Fig. 9. Manufactured double injection molds.

Fig. 10. Actual non-coated double injection see-through eyewear product.

Table 3. Test results of the eyewear product in a certification exam

Indicator	Objective	Result	Standard
Size	±5 mm ↓	0.2 mm ↓	ISO-12870
Durability	5 mm ↓	0.43 mm	ISO-12870
High temperature stability	+6 to −12 mm	0.00	ISO-12870
Bridge variant	2% ↓	0.01%	ISO-12870
Keep lens	none	none	KS B ISO-14889
UV protection	99%	99.99%	ISO-12870
Steel drop test	none	none	KS B ISO-14889
Tensile strength	15 N/mm^2 ↑	58 N/mm^2	ASTM D638

조정으로 문제점을 해결하였다.

2차측의 사출압력을 1차측보다 5 kgf/cm^2 높은 55 kgf/cm^2로 두고 2차측의 사출속도는 1차보다 15 mm/s 늦춘 50 mm/s로 설정하였다.

3. 시제품 제작 및 시험검사

제품불량 요소인 코팅을 없애고 게이트 사상과 부분연마 공정만 실시하여 후가공을 최소화하여 제품을 조립하였다. 제품 조립 후 안경테 기준검사규격에 따른 시험검사를 실시하여 합격 판정을 받았으며, 성능평가 결과 목표로

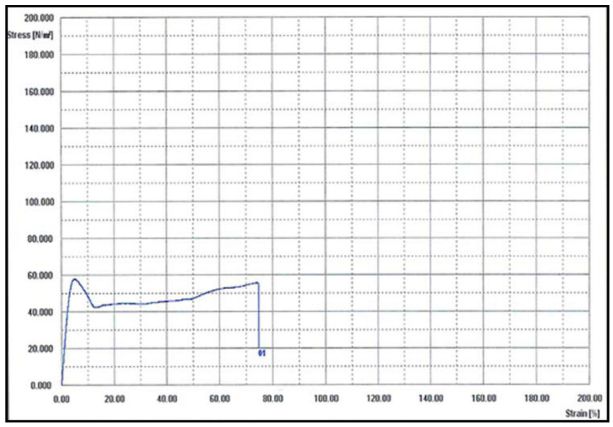

Fig. 11. Standard test for tensile properties of double injection TR XE 4668 plastic (tested using KOPTRI).

했던 주요 성능지표에 대해서 우수한 평가결과를 받았다.

안경제품의 신뢰도를 판단할 수 있는 제품규격 및 내구성에서는 기준치 5 mm 이하에 대하여 0.5 mm 이하의 아주 우수한 품질을 달성하였으며, 극한 상황에서의 착용감을 평가할 수 있는 브릿지 변형검사와 인장강도 시험결과 우수하게 나타났다.

결 론

일반적으로 사용되는 사출안경테 재료인 TR90, ULTEM의 단점을 보완하여 탄성 및 강도가 우수하고 투명도가 향상된 TR XE 4668을 사용하여 무코팅 시스루 안경디자인이 적용된 안경테를 개발 제작하여 안경테 국제시험규격인 ISO-12870 성능평가를 한 결과 이중사출 응용디자인을 활용한 개발제품이 주요 성능지표에 대해서 우수한 평가결과를 받았다.

이중 금형설계를 통한 다양한 디자인 구현이 가능한 이중사출 안경테 금형설계 기술을 확보하였으며, 이중 사출 시 발생하기 쉬운 웰딩, 수축을 제어하기 위한 사출조건

Table 4. Test report for non-coated double injection see-through eyewear (tested using KOIA)

	Unit	Result		
Durability	mm	Before	After	Result
		141.41	141.84	0.43
Size	mm	Part	Reference	Result
		Lens size	61.25	61.38
		Bridge size	77.25	77.46
		Hinge width	16.00	16.08
		Temple length	132.00	131.87
Bridge variant	%	Intercenter distance	Movement	Strain
		77.46	0.01	0.01

사출성형 해석을 통한 공정 최적화를 연구하였다.

코팅공정 없이 이색의 재료를 이중사출 함으로써 후 공정을 줄여서 불량률을 최소화하였다.

본 연구결과 다중 복합성형기술을 활용한 고급 안경제품분야의 경쟁력 있는 기술을 확보하였으며, 고부가가치 제품으로 관련 산업의 수익성 향상이 기대된다.

REFERENCES

[1] Son JY, Lee JE, Choi KM, Bae YH, Kim KH. The study on physical properties and applicability of material of polyamide-66/glass fiber blends composition to the eye-wear frame. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013; 18(4):365-371.

[2] Seo HG, Yoon TY, Noh HR. Analysis of mechanical property changes of polymer eyeglass frames by thermal impact. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(4):429-434.

[3] Jang MK, Kim CJ, Choi HS, Jeong YD. A study on the weld-strength in two-shot molding. J Korea Society of Die & Mold Engineering. 2015;9(2):30-33.

[4] Kim OR, Cha BS, Lee SY, Kim YG, Woo CK. A study on the runner and gate consequence of manufacture double shot molding using CAE. Trans Mater Process. 2009; 18(2):160-165.

TR XE 4668 사출재료를 이용한 무코팅 이중사출성형 안경개발

하병호[1], 곽창섭[2], 고영준[3], 김기홍[4,*]

[1]대구가톨릭대학교 안경광학과, 학생, 경산 38430

[2](주)디피엠테크, 책임연구원, 구미 39169

[3](주)알파그린, 대표이사, 구미 39167

[4]대구가톨릭대학교 안경광학과, 교수, 경산 38430

투고일(2019년 7월 30일), 수정일(2019년 8월 8일), 게재확정일(2019년 8월 28일)

목적: TR90과 울템은 안경테 소재로 넓이 사용되고 있다. TR90은 다양한 사출성형이 가능하지만 울템이 비해 재료의 성능이 떨어지며 성능이 출중한 울템의 경우에도 작업온도 등의 가공상의 문제점을 가지고 있다. 하여 가공상의 문제점을 해결하고 코팅 및 이중사출 시의 불량발생 제거가 가능한 경량소재를 선정하여 독창성있는 디자인의 안경을 개발하고자 하였다. **방법:** 충격강도, 밀도, 인장강도, 굽힘강도, 굴곡탄성율 등의 물리적 특성과 사출흐름도와 투명도를 분석하여 이중사출 안경테의 성형가공에 적합한 TR XE 4668를 사출재료로 선정하였다. 제작 시 시행착오를 줄이기 위하여 Moldex3D R14 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 하였고 금형 및 시제품을 제작하였다. **결과:** 사출성형해석을 통하여 공정상 발행할 수 있는 다양한 불량 발생요인 제거가 가능하였다. 시험검사 결과 내구성에서는 기준치의 1/10 이하의 우수한 품질을 달성하였으며 브릿지 변형검사와 인장강도 시험결과 역시 우수하게 나타났다. **결론:** TR XE 4668 사출재료를 바탕으로 이중사출성형 공정을 통해 단사출의 단점인 코팅, 접착 등의 후가공 공정을 줄임으로써 공정요소마다 불가피하게 따르는 불량 요소를 제거하여 제품경쟁력을 높이고 신뢰도를 향상시켰다. 또한 금형제작을 통한 완제품의 안경성능 공인인증시험결과가 우수하였다.

주제어: 이중사출, 시스루 디자인, 안경