

카메라 모듈 부품 및 금형 코어 측정 시스템 개발

신봉철¹, 김건희^{1*}, 김재철², 조명우³

Development of the inspection system for injection molding core and mobile camera module parts

Bong-Cheol Shin¹, Gun-Hee Kim^{1*}, Jae-Cheol Kim² and Meyong-Woo Cho³

요약 본 논문에서는 고품질·고기능성이 요구되는 카메라폰용 카메라 모듈의 주요 부품인 초소형 플라스틱 barrel, base의 조립 토크 편차 저감을 위하여 금형 코어, 전극 및 사출성형품의 나사 형상의 주요 기하를 정밀하게 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 해당 공정을 실현하기 위하여 품질 평가의 주요 측정 파라미터를 선정하고 측정 방법을 개발하였으며, 최종적으로 현장 적용이 가능한 전용 측정 시스템을 개발하였다.

Abstract In this paper, for reducing the assembly torque of subminiature plastic barrel and base which are the essential parts of mobile phone camera module, the high-precision system for inspecting the screw shape of core, electrode and injection molding products was developed. For realization of inspection process, the inspection parameters for evaluating the manufacturing quality were selected and the measurement methods of selected parameters were developed. Finally, the inspection system which is possible to be applied to the field were fabricated.

Key Words : Assembly torque, Camera module, Inspection system, Injection molding product

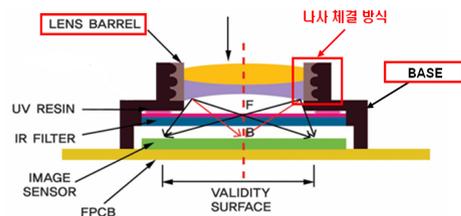
1. 서론

현재 국내 휴대전화시장의 규모 성장과 관련 기술 발달로 인하여 카메라 장착 휴대전화(이하 카메라폰) 판매 비중은 전체 시장의 80% 이상을 유지하고 있으며, 출하 증가율도 연 41% 이상 증가하고 있는 추세로 인하여 카메라폰이 향후 휴대전화 시장의 성장 요인으로 작용할 것으로 전망된다.[1] 카메라폰에 장착되는 카메라 관련 전용부품 시장도 2003년 통계를 기준으로 연평균 33% 이상으로 고성장할 것으로 예상되고 하이엔드(high-end)급 카메라폰의 비중 증가로 인하여 전체 재료비 중 차지하는 비중도 동반상승할 것으로 전망됨에 따라 고품질 부품의 고생산성 확보를 위한 대책이 시급하다.[2]

국내 공급량이 3,000만개/년 이상인 초소형 플라스틱 barrel, base는 카메라폰의 카메라 성능 즉, 선명한 이미지를 획득할 수 있는 초점거리를 결정하며, 타 부품과의 조립 용이성을 좌우하는 요소로서 모듈 조립시 자동화 설

비에 의해 조립됨에 따라 높은 조립 정밀도가 요구된다.

카메라 모듈의 하우징 역할을 하는 초소형 플라스틱 barrel, base는 그림 1과 같이 나사 피치 형상을 내재하고 있음에 따라 나사 체결 방식으로 조립된다. 따라서, barrel의 경우 외측, base는 내측에 피치 형상을 내재하고 있음에 따라 해당 피치 형상을 성형하기 위해서는 나사 형상을 내재한 나사코어와 전극 가공 후 방전가공을 통하여 제작되는 슬라이드 코어가 요구된다.



[그림 1] 초소형 barrel, base 조립 구조

본 연구는 '2007년 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업'의 일환으로 수행되었음.

¹인하대학교 기계공학과 대학원

²(주)엠아이텍코리아 대표이사

³인하대학교 기계공학부

*교신저자: 김건희(ghkim@inha.edu)

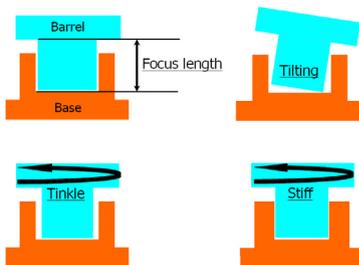
접수일 08년 09월 02일 수정일 (1차 08년 11월 10일, 2차 08년 12월 23일, 3차 09년 01월 13일) 게재확정일 09년 01월 16일

2. 본론



[그림 2] 나사피치형상을 내재한 barrel

이러한 카메라폰에 탑재되는 카메라 모듈의 주요부품인 플라스틱 barrel, base는 카메라폰의 수요 증대로 인한 생산성 향상 및 소형화, 성능향상 추세 로 인한 관련 부품의 미소화, 엄격한 품질 수준에 대한 요구가 높아지고 있으며,[3] 유리렌즈를 적용한 광학 줌(zoom) 기능이 포함된 카메라 모듈에 대한 수요가 증가함에 따라 고정밀화 및 고생산성의 플라스틱 barrel, base 생산기술 확보와 더불어 고정밀 플라스틱 barrel, base 생산을 위해서는 금형 제작부터 사출성형까지 많은 최종 성형품 오차 원인을 능동적으로 규명하기 위한 측정 기술 개발 및 측정 데이터를 기반으로 하는 생산공정 관리 기반 구축이 절실히 요구되고 있다. 또한, 초소형 카메라 모듈 제작 공정 중 barrel, base의 조립시 발생하는 다양한 유형들의 조립 토크(torque) 불량(Fig. 3)을 방지하기 위하여 barrel, base의 조립이 원활한 cavity 별로 표식을 부여하여 성형 후 이를 cavity 별로 구분하는 별도의 공정을 수행함에 따라 제품 단가 상승으로 인한 기업 이윤감소, 납기 미준수 등의 심각한 문제점들이 발생되어 현재 생산공정을 개선할 수 있는 성형품의 조립 토크 편차 관리 기술이 필요하다. 이러한 플라스틱 성형품간의 조립성 문제는 금형의 형상 정밀도 및 성형공정간에 발생하는 수축, 변형 등으로 인하여 다양한 형태로 발생된다고 할 수 있다.[4, 5] 따라서, 본 논문에서는 초소형 플라스틱 barrel, base의 조립토크 편차 저감을 위한 품질 관리 기반을 구축하기 위하여 금형 코어 및 전극 형상, 성형품 형상 측정 방법을 개발하고 이를 수행할 수 있는 측정 시스템을 제작하였다.



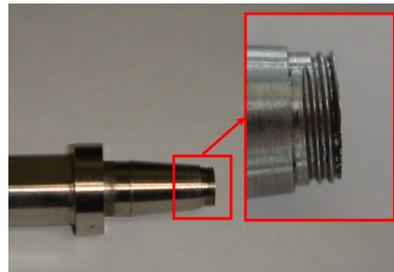
[그림 3] 플라스틱 barrel, base의 조립토크 불량 유형

2.1 시스템 개요

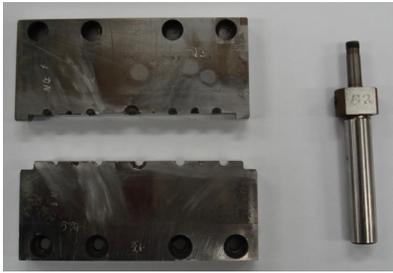
다양한 체결 방식 중 대표적인 방법으로는 나사산에 의한 상호 결합인 나사 체결 방식이 있다. 그러나, 나사 형상의 정밀도에 의하여 조립 용이성이 좌우됨에 따라 자동화 설비를 통하여 조립, 체결되는 경우에는 관련 가공 품질을 엄격히 관리해야 한다. 본 논문에서 대상으로 하고 있는 초소형 플라스틱 barrel, base는 절삭 공정 및 방전 가공을 통한 금형 코어 제작, 사출 성형 등의 과정을 거쳐 제작됨에 따라 금형 제작시와 성형 공정 등에서 제품의 제작 오차가 발생될 우려가 크다. 특히 대상 부품의 경우 0.5~1.0mm 이하의 크기를 가짐에 따라 불량 상태 여부를 숙련된 작업자나 검사자가 육안으로 판별하기 힘든 상태이다. 따라서, 비전 센서를 적용한 나사코어 형상 측정기를 설계 및 제작하였으며, 이를 위하여 주요 측정 형상 분석을 수행하고 나사코어 및 전극의 측정 파라미터, 사출 성형품의 측정 파라미터를 도출, 측정 방법론을 선정하였다.

2.2 형상 측정 파라미터 및 방법 도출

그림 4, 5는 참여기업에서 초소형 플라스틱 barrel, base 사출 성형을 위하여 적용하고 있는 나사코어와 슬라이드 코어를 나타낸 것이다. 나사코어의 경우 내측에 나사 피치 형상을 내재한 base 성형을 위한 것으로 연삭 공정과 유사한 과정을 거쳐 직접 제작하고 있으며, 슬라이드 코어의 경우 외측에 나사 피치 형상을 내재한 barrel 성형용으로서 나사코어와 동일한 방법을 통하여 전극을 제작후 방전 가공을 통하여 제작하고 있다. 슬라이드 코어의 경우 코어 내측에 나사 피치 형상이 있음에 따라 비전 센서를 이용하여 형상 프로파일을 측정하는 것이 불가능함에 따라 전극의 나사 피치 형상 측정, barrel의 나사 피치 형상 측정을 통하여 금형 가공 품질을 분석할 수 있을 것으로 판단하였다.



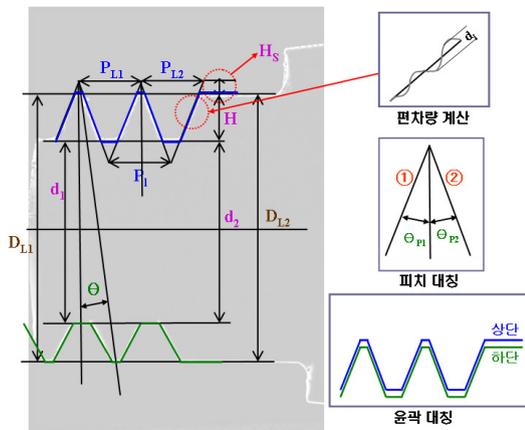
[그림 4] 나사코어 (base 성형용)



[그림 5] 나사형상 전극과 슬라이드 코어(barrel 성형용)

다음 내용은 나사코어 및 전극의 형상 측정 방법을 요약한 것이다.(그림 6 참고)

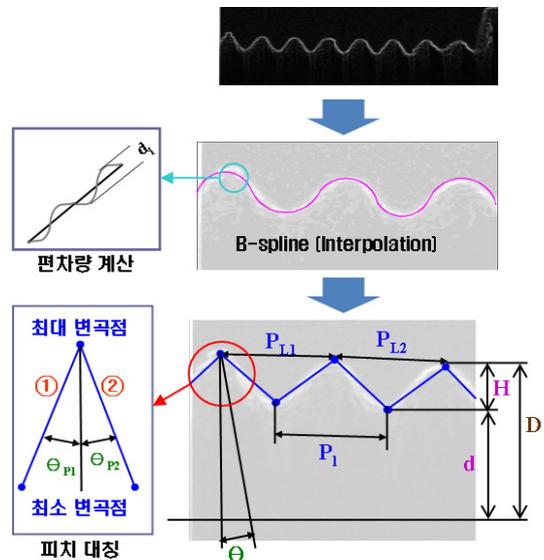
1. 코어 및 전극의 이미지 획득 후 경계선 검출
2. 나사산에 기울기를 가지고 있는 라인①과 라인②를 생성하고, 나머지 나사산에 대해서도 동일한 방법을 적용
3. 라인①과 라인②의 교점을 중심으로 한 중심선에서 라인간의 각도비교를 통해 대칭 확인과 상단의 교점과 하단의 교점을 지나는 라인의 중심선을 기준으로 나사가 형성된 각도를 측정
4. 나사산의 평행선과 나사골의 평행선이 중심축을 기준으로 평행한지 여부를 평가
5. 나사산의 높이와 나사 상단과 라인 교점 사이의 거리 측정
6. 라인과 라인의 교점 사이 거리 P_{L1} , P_{L2} , P_1 를 측정하여 나사산의 간격을 측정
7. 경계선과 생성 라인과의 비교를 통해 편차량 d_i 를 계산하여 가공 표면 상태를 측정
8. 상단 라인 형상과 하단의 라인 형상 매칭 비교
9. 설계 도면값을 통해 생성된 프로파일과 도출된 기하를 비교/분석



[그림 6] 나사코어 및 전극 측정 파라미터 선정

사출 성형품의 경우 형상 측정 파라미터 분석을 위하여 형상 이미지를 사진 분석한 결과 전극을 이용한 방전 가공의 영향과 사출 성형의 유동 특성으로 인하여 성형품의 나사 피치 형상은 곡선형태를 가짐을 확인하였다. 따라서, 나사코어와 전극의 형상 측정과는 다소 다른 방법을 적용해야 한다. 다음 내용은 사출성형품 중 외측에 나사 피치 형상을 내재한 barrel의 형상 측정 방법을 요약한 것이다.(그림 7 참고)

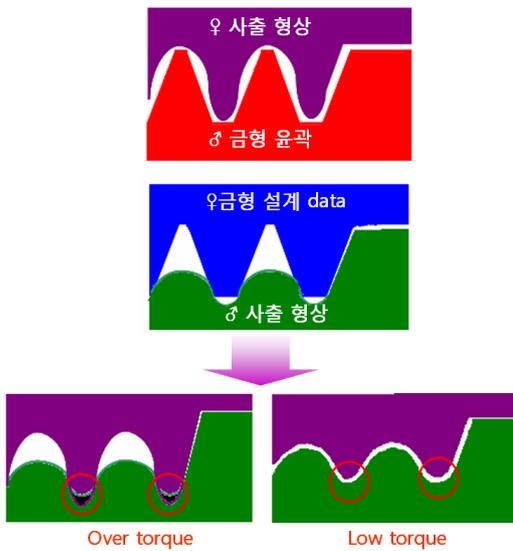
1. 사출물의 윤곽은 곡선형태임에 따라 B-spline interpolation을 이용해 방정식과 곡선 생성
2. B-spline interpolation의 곡선에서 최고점과 최소점을 도출하여 라인을 생성
3. 생성된 라인의 교점을 중심으로 한 중심선에서 라인간의 각도 비교를 통해 대칭 확인과 상단의 교점과 하단의 교점이 지나는 라인의 중심선을 기준으로 나사 형상이 형성된 각도 측정
4. 곡선 최고점의 평행선과 곡선 최하점의 평행선이 중심축을 기준으로 할 때 평행한지 여부 평가
5. 곡선의 최고점과 최하점의 거리 측정
6. 라인과 라인의 교점 사이의 거리 P_{L1} , P_{L2} , P_1 를 측정하여 곡선 간격을 측정
7. 경계선과 생성 곡선과의 비교를 통해 편차량 d_i 를 계산하여 표면 상태를 평가
8. 마지막으로 상단 곡선과 하단 곡선의 형상 매칭 비교/분석



[그림 7] 사출 성형품 측정 파라미터 선정

2.3 형상 매칭을 통한 조립 토크 분석

앞서 언급된 방법을 통하여 나사코어 및 전극, 사출 성형품의 나사 형상 측정 후에는 이미지 매칭을 통하여 형상 비교/분석으로 조립성을 평가할 수 있는 기능을 구현하였다. 슬라이드 코어의 경우 앞서 설명한 바와 같이 코어 내측에 나사 피치 형상이 있음에 따라 base를 성형하는 나사코어와 barrel의 피치 형상을 매칭 과정을 통하여 조립시 토크상태, 즉 over 토크, low 토크, 정상상태를 분석할 수 있음에 따라 정량적인 토크 측정은 어렵지만 조립성을 간접 평가할 수 있도록 해당 기능을 구현하였다.



[그림 8] 이미지 매칭을 통한 조립성 예측 방법 개요

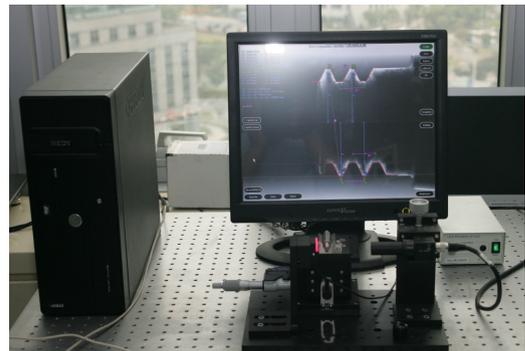
2.4 시스템 설계 및 제작

표 1은 측정 시스템에 적용될 비전 센서의 요구 사양 도출을 위한 적용 가능 비전 센서 사양을 정리한 것이다. 참여기업의 금형 가공 공정 중 요구되는 가공 정밀도는 $\pm 4\mu\text{m}$ 이상임에 따라 측정 정밀도도 이와 유사하게 확보되어야 한다. 측정 정밀도 향상을 위해서는 고사양의 비전 센서를 사용하는 것이 유리하지만 이는 시스템 제작의 경제성을 고려할 경우 바람직하지 못한 선택이 될 수 있다. 따라서 비전 센서와 렌즈 선택이 경제성과 정밀도를 동시에 고려하여 표 1 중 첫 번째 센서를 선정하여 시스템 제작을 수행하였다.

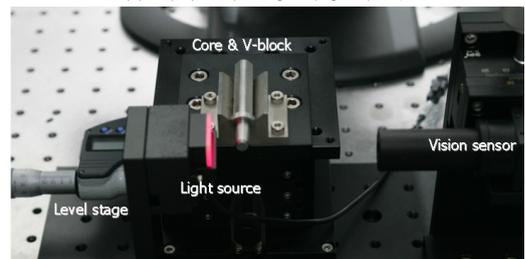
[표 1] 비전 센서 요구 사양 도출

		Case 1	Case 2	Case 3
Camera	Type	CCD	CCD	CCD
	Resolution	1024*768	1024*768	2048*2048
Lens	Type	Low distortion lens / Fixed focus		
	F.O.V	4.0mm	2.0mm	4.0mm
	D.O.F	0.2~0.3mm	0.1mm	0.2~0.3mm
	Resolution	4 $\mu\text{m}/\text{pixel}$	2 $\mu\text{m}/\text{pixel}$	2 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
Light source type		Back light / Red color / LED / 1W 이상		

다음 사진은 제작된 측정 시스템을 나타낸 것이다 제작된 시스템에는 나사코어와 사출 성형품 측정이 가능하도록 호환성을 고려한 지그를 제작하여 적용하였다. 측정 정밀도를 고려한 비전 센서를 적용함에 따라 F.O.V(Field Of View)가 작아져 전체 형상을 한 번에 획득하기가 난해하여 비전 센서가 장착된 파트의 이송을 통하여 상단부와 하단부로 나누어 측정을 수행할 수 있도록 구현하였다. 이 때 비전 센서의 이송거리를 정확하게 측정하기 위하여 마이크로미터가 장착된 스테이지를 비전 센서의 고정부에 적용하였으며, 조명의 경우 블러링(blurring) 효과를 최소화 할 수 있도록 다수의 시험을 통하여 집중 조명 위치를 선정, 최종 구현하였다. 획득된 영상은 앞서 언급된 측정 방법을 구현하기 위한 전용 측정 프로그램을 통하여 이진화, 세션화 등을 거친 후 측정이 수행된다.

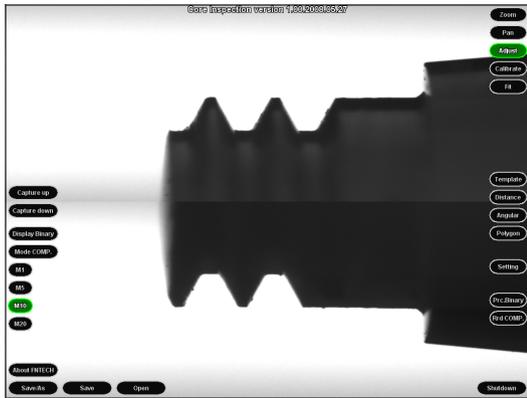


(a) 나사코어 전용 측정 시스템



(b) 측정부 세부 모듈

[그림 9] 나사코어 전용 측정 시스템



[그림 10] 비전 센서를 통하여 획득된 상·하 이미지 중첩

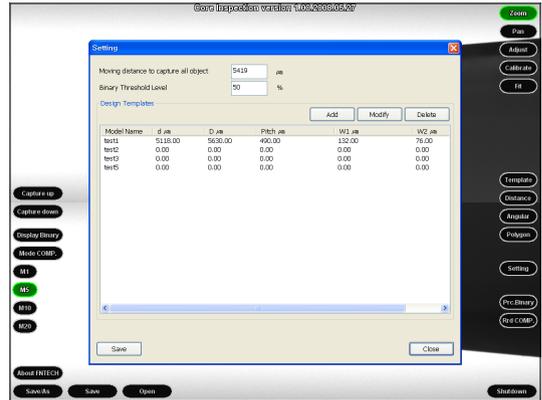
3. 개발 시스템 평가

제작된 시스템의 정밀도 및 효율성을 분석하기 위하여 나사코어 시편의 실제 측정을 수행하고 초기 계획된 기능들의 재현성을 평가하였다. 나사코어의 및 방전 전극의 경우 초기 설계도면대로 제작 후 성형품의 평가 결과를 기반으로 수정과정을 거친다. 따라서, 개발된 측정 시스템에서는 이미지 프로세싱 과정을 거쳐 가공된 코어 형상 기하를 측정할 수도 있으며, 설계도면의 주요 기하를 입력한 후 별도의 템플릿을 생성, 측정 이미지와 비교를 할 수 있는 기능도 구현되어 있다. 또한, 본 측정 시스템의 개발 목적은 초소형 플라스틱 barrel, base의 조립 토크 편차 저감을 위한 나사코어 및 방전 전극의 가공 품질 관리 기반 구축에 따라 barrel, base의 조립성을 코어 및 전극의 가공 형상 비교, 분석을 통하여 간접 평가할 수 있도록 이미지 중첩을 통한 조립성 간접 평가 기능도 구현되어 있다.(그림 14)

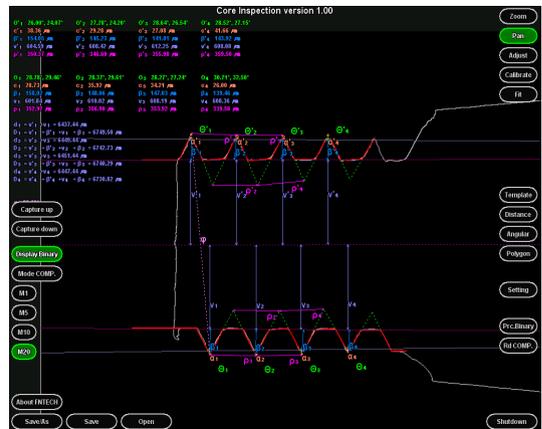
기존 금형가공 공정에서는 코어 및 전극 실제 가공 형상에 대한 실측 과정이 체계화되어 있지 않았으나, 전용 측정 시스템의 개발을 통하여 가공 형상에 대한 실측 과정과 더불어 버(burr)나 가공 형상 내 이물질 상태 등의 확인이 가능해짐에 따라 가공 공정에 대한 수정 및 보완 기반을 마련할 수 있으며, 아울러 측정 공정의 고정밀화, 코어와 전극 가공 형상의 상호 비교를 통한 성형품의 상호 조립성 간접 평가 등을 실현함에 따라 성형품의 조립 토크 편차 저감을 위한 기반을 구축한 것으로 사료된다.

그림 11은 코어 및 전극의 설계 형상과 실제 가공 형상의 비교/분석을 위한 코어 형상 설계의 주요 기하를 입력할 수 있는 창을 나타낸 것이며, 그림 12, 13은 측정 이미지와 이미지의 이진화 및 경계선 검출 과정을 통하여

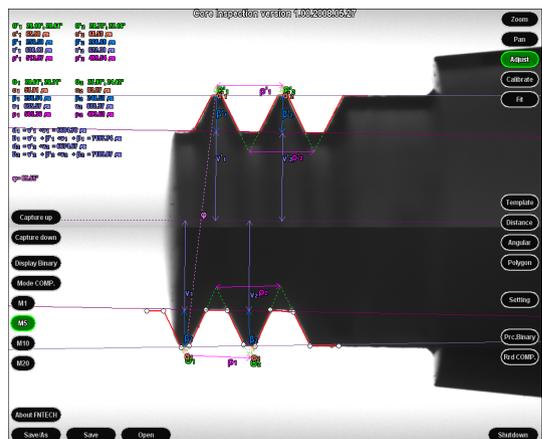
주요 형상 기하를 측정할 그림을 나타낸 것이다.



[그림 11] 코어 및 전극의 주요 설계 형상 기하 입력창



[그림 12] 이진화 및 경계 검출 과정을 통한 나사코어 주요 기하 측정



[그림 13] 측정 이미지상 나사코어 주요 기하 측정



[그림 14] 코어, 전극 형상의 경계선 검출을 통한 비교, 분석

4. 결론

카메라폰 카메라 모듈의 주요 부품인 초소형 플라스틱 barrel, base는 사출성형 공정을 통하여 생산된다. 생산과정 중 금형 코어의 가공오차, 성형시 발생하는 성형품의 수축 및 변형 등으로 인하여 카메라 모듈 조립시 조립 토크 편차 문제가 발생된다. 본 논문에서는 초소형 플라스틱 barrel, base의 품질 관리 기반을 구축하기 위하여 나사 형상을 내제한 금형 코어 및 캐비티 가공을 위한 전극, 성형품 외측 나사 형상 측정을 수행할 수 있는 측정 방법 및 시스템을 개발하였다.

측정 시스템의 주요 측정 센서는 비전 카메라를 적용하였으며, 측정의 정확성을 확보하기 위하여 측정 이미지의 블러링을 최소화할 수 있는 조명을 선정, 시스템에 적용하였다. 금형 코어 및 전극의 경우 나사 형상 가공 정밀도를 평가하기 위한 측정 파라미터 선정, 측정값 도출을 위한 실측방법 등을 도출하였으며, 성형품의 경우 측정 이미지 상의 불확실한 경계선 문제 등을 해결하기 위한 방법론을 개발하여 코어 및 전극과 유사한 측정 파라미터 및 실측 방법을 적용하였다. 또한, 측정 과정을 수행할 수 있는 별도의 측정 프로그램을 시스템에 적용하였으며, 다양한 크기 및 형상 측정 소요에 대한 호환성을 확보가 가능한 사용자 인터페이스를 개발, 전용 프로그램에 적용하였다.

본 논문의 기술개발 결과를 요약하면 아래와 같다.

- (1) 금형코어 및 전극, 사출성형품의 주요 측정 파라미터는 나사 형상의 편차량, 피치의 대칭정도, 상/하부의 윤곽 대칭 정도로 선정하였다.
- (2) 나사 형상 주요 측정 파라미터의 실측 공정 구현을

위하여 비전 센서를 적용한 전용 측정 시스템 설계 및 제작을 수행하였다.

- (3) 측정 시스템의 효율적인 운용과 다양한 크기 및 형상에 대응할 수 있는 전용 측정 프로그램을 개발하여 시스템에 적용하였다.
- (4) 시스템의 현장 적용을 통하여 금형 코어 및 전극, 사출성형품의 품질 관리 기반을 구축하였으며, 초소형 플라스틱 barrel, base 조립 토크 편차 간접 평가를 실제 공정에 적용하였다.

참고문헌

- [1] 김강오(2006), “휴대폰/부품”, DAISHIN RESEARCH 산업분석자료
- [2] 김병선(2006), “카메라폰 산업 동향”, 전자부품연구원 주간 전자정보, Vol. 6, No. 7
- [3] 하병국, 구태완, 강범수(2000), “휴대폰용 초소형 사각 진동모터 케이스의 블랭크 설계”, 한국소성가공학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp. 101~104.
- [4] 박형필, 차백순, 이병욱, 최권일, 구본홍(2005), “사출성형조건이 HIPS 수축율에 미치는 영향”, 한국소성가공학회 2005년도 추계학술대회 논문집, pp. 259~264.
- [5] 모정혁, 김현진, 류민영(2003), “성형조건과 수지의 종류에 따른 사출성형품 성형 수축”, 한국소성가공학회 2003년도 추계학술대회 논문집, pp. 363~370.

신 봉 철(Bong-Cheol Shin)

[정회원]



- 2000년 2월 : 호서대학교 기계공학과 (공학사)
- 2004년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2005년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

가공 모니터링, 마이크로 가공, 미세 측정

김 건 희(Gun-Hee Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 인하대학교 자동화 공학과 (공학사)
- 2005년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2005년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

마이크로 절삭 가공, 미세 측정

김 재 철(Jae-Cheol Kim)

[정회원]



- 1980년 ~ 1986년 : LG전자
- 1987년 ~ 2002년 : 재영솔루텍 기술영업팀장
- 2007년 : 인하대학교 경영대학원 MBA(석사)
- 2002년 ~ 현재 : (주)엠아이텍코리아 대표이사

<관심분야>

경영, 사출 금형·성형기술

조 명 우(Myeong-Woo Cho)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 대학원 (공학석사)
- 1985년 ~ 1989년 : 한국생산성본부 자동차 사업부 전문위원
- 1992년 2월 : Illinois 주립대 (Chicago) 기계공학과 대학원 (공학박사)
- 1993년~1997년 : 대우전자 시스템 사업부 부장
- 1997년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

CAD/CAM, 마이크로 생산시스템, 마이크로 가공, 머신 비전 시스템