

양산을 위한 나이프 타입 절환 개폐기 금형개발

김대진[†] · 최성주 · 이상혁 · 이현호 · 김동명 · 조창민 · 이희종 · 오승주 ·
김용일 · 이상진 · 문희창 · 장명인 · 우전희
김상현^{동보파워텍} · 황규복^{닛시} · 최영환^{형일기술}
김선경

서울산업대학교 금형설계학과
(2007. 2. 21. 접수 / 2007. 5. 27. 채택)

Development of knife type switch mold & die for churns out

Dae-Jin Kim[†] · Sung-Joo Choi · Sang-Hyuk Lee · Hyun-Ho Lee Dong-Myung Kim ·
Chang-Min Cho · Hee-Jong Lee · Seung-Joo Oh · Yong-Il Kim
Sang-Jin Lee · Hee-Chang Moon · Myung-in Jang · Jun-Hee Woo
Sang-Hyun Kim^{DongBo Power Tech} Kyoo-Bok Hwang^{NSSI} · Young-Hwan Choi^{HyungIl Tech} ·
Sun-Kyung Kim

Department of Mold & Die Engineering, Seoul National University of Technology

(Received February 21, 2007 / Accepted May 27, 2007)

Abstract : With the growth of electrical power needs, demand of the knife-type switches in the distribution boards is increasing. We have developed a knife-type switch which is not currently produced in Korea. The switch was designed and a comprehensive tooling for it was also accomplished. A total of two sets of injection molds and three sets of press dies were designed and manufactured. The parts for knife switches were produced using the tools. Finally, the parts were assembled together and the switch is now under the test phase.

I. 서론

1.1 연구개요

본 기술개발과제의 목표는 한국전력공사 변전소내 설치되는 배전반(예비변압기 절체반 및 고장기록 장치반 등)에 사용하는 나이프타입 절환개폐기를 개발함에 있어 필수적인 금형설계·제작 및 시제품을 개발하여 공인인증시험기관에서 관련규격에 의한 인증시험을 실시하고 이를 보완, 개선하여 신뢰성 있고 저렴한 국산화 제품을 한국전력공사에 공급함은 물론 관련분야에 대한 국내기술

의 향상을 목표로 한다. 최근 전력수요의 증가로 인하여 변전소를 신설하는 추세이고, 송전선로의 초고압송전으로 인하여 기존의 154kV 송전방식에서 345kV, 765kV용 송전방식으로 전환하는 추세이다. 이렇듯 전력계통이 변모해 감에 따라 변전소 내에 설치되는 배전반들의 사용이 늘어나고 있다. 이러한 배전반들의 운전이나 시험을 위하여 필요한 기기 중에 하나가 전압을 개폐할 수 있는 절환개폐기이다. 많은 절환개폐기 중에서도 나이프타입 절환개폐기는 기기의 정격 특성으로 인하여 국내에서는 제작을 하지 못하고 전량 외산으로 공급받는 실정이다. 그러므로 변전소 내 배전반

에서 많이 사용되는 나이프타입 절환개폐기를 국내 기술로 개발하여 신뢰성 있고 안정적인 제품으로 공급하는 수준에 이르도록 한다.

II. 제품 및 금형설계

2.1 제품설계

2.1.1 제품기본 구조와 부품 명칭



photo. 2-1 the mechanism
of operate

photo. 2-2
components of switch

현재 본 제품의 수요 업체들이 납품받는 일본산 개폐기의 시작적, 인식상의 신뢰성 및 납품 업체들의 원활한 납품보장 등을 고려하여 기준에 수입되어 사용되어 오던 KIMUDEN社의 제품 형상을 기본으로 제품을 설계하고자 하였다.

본 연구에서는 편의상 개폐기의 부품 명칭을 정리하고자 하는데, 이물질을 방지하기 위한 투명 PC 소재인 덮개는 Cap, 프레스부품 조립의 기준이 되는 PC/ABS 부품을 Lower, Lower와 같은 수지로 Lower와 조립되어 하우징을 구성하는 비교적 얇은 부품을 Upper, Insert공정을 통해 생산되는 프레스 부품과 사출부품의 결합 품은 Knife, Knife의 삽입부 기능을 하는 부품을 Contact Spring, 사출 품과의 결합 및 받침대 기능을 하는 부품을 Bracket이라 한다.

2-1-2. 제품 설계

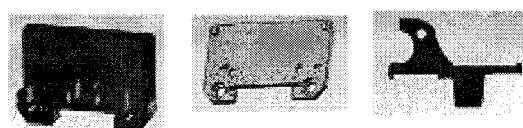


fig. 2-1 3D
design of Lower

fig. 2-2 3D
design of
Upper

fig. 2-3 3D
design of
Knife(insert)

fig. 2-1~3은 조립공정의 부품관리 편의성과 생산성 효율을 고려하여 family금형으로 제작된다.

또한 기존 제품의 형상을 따르되 기능상 불필요한 형상들은 단순화 시키거나 삭제하였다.



fig. 2-4 3D
design of Cap

개폐기 내부에 이물질 및 분진 유입방지를 위한 Cap의 재질은 투명 PC로 제품 끝단 양쪽에 반원형의 형상은 Lower 와 Upper의 원형돌기에 끼워져 조립된다. photo. 2-1과 같이 Knife 프레스 제품은 Knife는 swing의 방법으로 개폐운동을 하므로 Contact Spring과의 조립을 위한 rivet hole이 존재하고 Insert 사출시 프레스 부품과 사출 부품의 견고한 고정을 위해 중앙의 구멍이 존재한다. Contact Spring의 형상은 fig. 2-5와 같다. Bracket의 경우 좌측에 조립 시 볼트체결용 텁과 전선고정용 볼트 텁이 추가된다.



fig. 2-5 2D
design of
Contact Spring

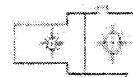


fig. 2-6 2D
design of
bracket



fig. 2-7 2D
design of knife

2-2. 금형 설계

2-2-1. 사출 금형설계

우선 첫 번째로 거론할 내용은 family 금형으로 생산한 Lower, Upper, Knife 금형에 대한 것이다. 먼저 family금형의 성형Balance를 맞추기 위 moldflow를 이용한 성형해석을 수행 하였다. 수지의 종류는 고압전류에 의한 열 발생에 대한 내열성 및 열 변형 온도, 그리고 성형 성을 만족하는 LG Chem의 PC/ABS Alloy Grade LUPOY GP-5008BFH로 선

정하였고 물성은 다음과 같다.

Specific gravity	1.20
Tensile Strength	560 Kg/cm ²
Izod Impact Str. Notched 23°C	55
Rockwell Hardness(R)	115
Mold shrinkage(3.2mm)	0.5~0.7%
HDT (18.5kg/cm ²)	123°C
Melt Index(250°C, 2.16kg)	4g/10min
Elongation	80

Table. 2-1 Properties of plastic PC/ABS Alloy

게이트는 일반 사이드 게이트로 수축률은 1%를 적용하였고 Lower, Upper, Knife 각각 2mm, 2mm, 3mm 런너의 직경은 4mm로 설정하였다.

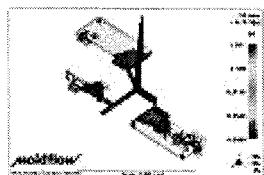


fig. 2-8 - analysis of cavity balance 1(before)

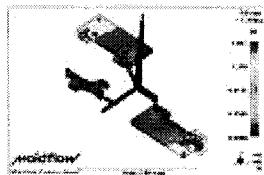


fig. 2-9 - analysis of cavity balance 2(before)

위에서 보는 바와 같이 insert cavity에 유입되는 수지 경로를 직선으로 설정하여 해석을 수행하여 fill time을 관찰한 결과 insert cavity가 먼저 충진 완료 되는 것을 볼 수 있었다.

따라서 insert cavity의 내부압력이 상승에 의한 flash발생과 제품변형 등의 문제점을 예상할 수 있었다. 이에 따라 insert cavity에 수지가 유입되는 경로를 변경 하여 insert cavity의 충진 시간을 지연 시킬 필요성이 있다고 판단, insert cavity의 충진 경로를 변경하고 재해석을 수행하였다.

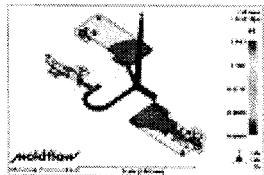


fig. 2-10 - analysis of cavity balance 1(after)

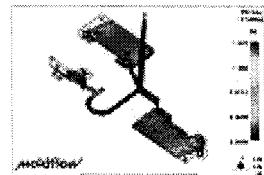


fig. 2-11 - analysis of cavity balance 2(after)

fig. 2-10에서 보는 바와 같이 insert cavity 내부로 유입되는 수지 유동경로를 우회하여 설치한 결과 각 cavity의 충진 balance가 개선되는 것을 관찰할

수 있었고, 이 해석 결과를 적용하여 금형을 설계하였다. 형판에서 유입된 냉각수는 쿠어를 통해 순환되도록 설계하였고 형판의 크기는 250*300이다.

두 번째로 Cap에 대한 금형설계는 다음과 같다. 수지는 삼성 STAREX 투명 PC SC-1100을 사용하였다. 물성은 Table. 2-2와 같다.

Specific gravity	1.20
Tensile Strength	640 kg/cm ²
Izod Impact Str. Notched (1/8 inch)	87 kgf*cm/cm
Rockwell Hardness(R)	120
Mold shrinkage	0.5~0.7%
HDT (18.56kgf/cm ²)	125°C
Transmittance	89

Table. 2-2 Properties of plastic PC(SC-1100)

2-2-2. 프레스 금형설계

프레스 부품의 경우 전력 손실을 감안하여 전기 전도도가 비교적 우수한 황동과 인청동을 소재로 선정 하였다. 먼저 황동을 재료로 한 Knife, Bracket 금형 설계에 대한 내용을 소개한다.

Density	8.47 g/cc
Tensile Strength, yield	97 MPa
Tensile Strength, Ultimate	315 Mpa
Spot Welding	Good
Electrical Resistivity	0.00000640 ohm-cm
Shear Strength	220 MPa
Rockwell Hardness (F)	58

Table. 2-3 Mechanical & Physical Properties of brass

Table. 2-3에서 보는 것과 마찬가지로 Contact Spring과 Spot Welding 공정을 거쳐야 하므로 용접 공정에 대한 적합성을 고려하였다. 또한 knife의 금형설계에서 이송 pitch는 11mm이고 전단 부 금형구조의 효율성을 위해 한쪽에만 Pilot pin을 설치하고 반대편은 이송 정밀도를 위한 Side Cut을 설치하였다. Bracket의 경우도 마찬가지로 한쪽 파일럿 핀 설치했고 이송파지는 14mm이다.

마지막으로 Contact Spring 설계내용을 소개 한다.

Melting Point - Solidus	882°C
Tensile Strength	700 - 740 MPa
Yield Strength(0.2% offset)	703 Mpa
Spot Welding	Good
Electrical Conductivity	0.076MegaSiemens/cm @ 20C
Modulus of Elasticity in Tension	110000 MPa
Rockwell Hardness (B)	96

Table. 2-4 Mechanical&Physical Properties of phosphor bronze

Contact Spring은 탄성계수를 고려하여 인청동을 소재로 선정하였다. Contact Spring 금형은 Progressive Die의 공정을 이용하였으며 이송파치는 16mm다. spring back의 대안으로 실제 제품 bending 위치 보다 약 2mm정도 바깥쪽으로 bending이 되도록 하였다. 도금공정의 고려로 bending공정변화가 생기면서 약해진 contact spring의 복원력은 fig. 2-7과 같이 V-형상을 추가함으로써 조립 시 볼트 체결력에 의한 보조력으로 해결하였다.

2-3. 금형제작

2-3-1. 사출금형제작



photo. 2-3. the cores of family mold(lower)



photo. 2-4. the cores of family mold(cap,upper)

photo. 2-3,4는 family mold의 고정 측, 가동 측 메인코어이다. Knife와 Upper의 cavity가 하나의 코어에 가공되어 있다. 대부분의 cavity형상 가공은 전극을 이용한 방전과 밀링, NC를 이용하였다. 그러나 cavity내부 코너 부위의 특성상 방전이 대부분의 가공 공정 비중을 갖는다. 또한 lower core는 제작 공정 및 사상 공정을 고려하여 입자 식으로 제작하였다.

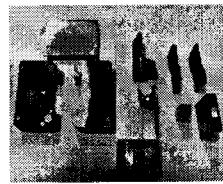


photo. 2-5. the electrodes of family mold

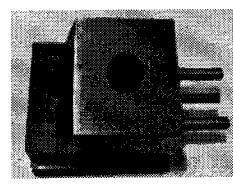


photo. 2-6. a slide core of family mold(lower)

photo. 2-5은 family mold의 cavity 형상을 가공하기 위한 전극으로 방전가공 공차는 편측 -0.05mm를 적용하였다.



photo. 2-7. the slide cores of cap mold

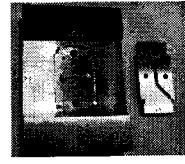


photo. 2-8. the main core of cap

cap금형의 경우 좌우 two-cavity로 입자코어가 위에 조립되는 형식을 취하고 있고 두 코어의 위치정밀도를 위해 맞춤 핀을 설치했다. 또한 cap의 사각구멍 형상을 위해 슬라이드 코어를 설치하였다.

2-3-2. 프레스 금형제작

프레스 금형은 총 3Set로 이루어져 있고 부품 제작효율성을 위해 모두 Progressive Die 방식으로 제작 되었다.

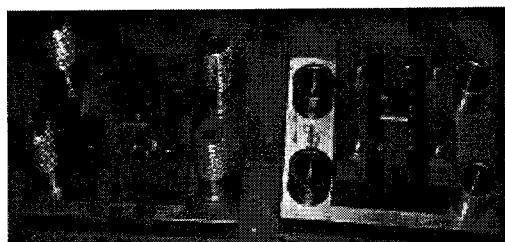


photo. 2-9. a die of Knife

photo. 2-9는 Knife의 금형의 모습이다 첫 공정에 Pilot Piercing을 시작으로 마지막 cutting까지 순차적으로 진행되며 Pilot Pin은 strip의 한 쪽만 존재하기 때문에 반대편 부분의 Side Cut 형상을 추가, 소성변형을 줌으로써 strip이 말려 올라가는 것을 방지함과 동시에 이송정밀도 향상을 꾀했다.

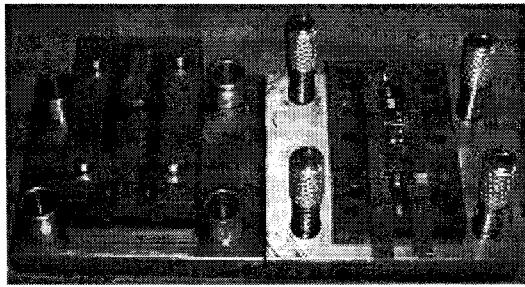


photo. 2-10. a die of Bracket

photo. 2-10는 bracket Die의 모습이다. 앞서 거론한 Knife와 마찬가지로 한쪽 Pilot Pin방식을 선택하였으며 전선고정을 위한 볼트체결용 Burrung공정이 있는 것이 특징이다. Burrung공정을 위한 Piercing의 직경을 결정하는 식은 경험식은 다음과 같다.

$$d = D - 2h(t^*0.3) - (1) \quad (D=\text{Burring 직경}, h=\text{높이}, t=\text{제품두께})$$



photo. 2-11. a die of Contact Spring

photo. 2-11는 Contact Spring Die의 모습이다. 일반적인 Piercing과 함께 Bending공정을 통해 제품이 생산된다. 또한 제품 완성 후 Ni도금 공정이 진행되는데 초기 제품에는 Spring Back현상을 해결하기 위해 과 굽힘을 주었다. 그런데 이렇게 되면 Knife가 삽입되는 부분이 맞닿게 되어 도금이 되지 않는다. 따라서 Bending공정은 과 굽힘없이 진행하고 중간 단계에서 복원력을 높이기 위해 추가적으로 V-형상을 추가하여 사출 품과의 조립 시 볼트 체결력에 의해 Knife 삽입부가 굽혀지도록 수정을 진행하였다.

III. 신뢰성 테스트

3-1. 신뢰성 테스트 항목

본 연구에서 개발한 나이프타입 절환개폐기의 경

우 KS규격에 규정되어 있는 Cover Knife Switch와는 별개로 규격에 테스트 규정이 정해져 있지 않으므로 제작사 사양이 기재 되는 참고시험이 진행된다. 테스트 항목은 Table. 2-5와 같다.

항목	통과 기준
on / off 개폐시험	10000회
진동/충격 시험	정상 작동
2000V 통전 시험	정상 작동
온도 보관시험	-10 ~ 5°C
동작 온도시험	-25 ~ 70°C

Table. 2-5 the conditions of reliability

3-2. 신뢰성 테스트 일정

현재 시제품 제작이 완료된 상태이고 신뢰성 테스트는 한국전기연구원에 의뢰할 예정이다. 또한 신뢰성 테스트는 의뢰한 일로부터 약 한달 간 진행된다.

IV. 결론 및 고찰

4-1. 제작 원가

항목	금액(원)
계	1,513
조립비	550
일반관리비(8%)	121
제조원가	1634
이윤(8%)	130
합계	1,765

Table. 2-6 the conditions of reliability

Table. 2-6과 같이 수입가 5,300원으로 구매 해오던 개폐기의 가격이 약 33%의 가격인 1,765원으로 책정되었다.

4-2. 완성품

photo. 2-12은 완성된 개폐기의 모습이며 제품 하단의 Channel 삽입부의 형상이 국내 규격에 맞게 제작된 것을 볼 수 있다. 본 제품은 신뢰성 테스트의

결과를 확인하는 대로 7월경부터 납품이 가능할 것으로 보인다.

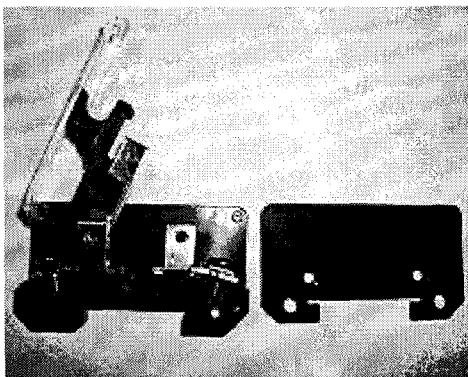


photo. 2-12. A finished product

4-3. 고찰

신뢰성 테스트 결과를 확인 한 후에 정확한 결과를 알 수 있으나 기존에 개발에 실패했던 사례에 비교하여 볼 때, 본 개폐기의 품질은 상당한 수준이었다. 그러나 Bracket과 Contact Spring은 서로 Spot Welding 공정을 거치게 된다. 이는 용접비용을 포함한 원가 상승을 가져올 수 있고, 용접의 정밀도에 따라서 개폐 시 작업자의 동작 감도에 영향을 미칠 수 있으며 편심 된 용접으로 인해 심한 경우에는 불필요한 마찰과 충돌로 인해 산화방지, 내마모성을 목적으로 적용한 니켈 도금 층의 박리 현상을 가져올 수 있다. 따라서 용접 시 기존에 작업자가 손으로 직접 고정하고 진행하던 용접공정을 치공구를 적용함으로써 그 정밀도를 높여야 할 것으로 생각된다.

또한 이러한 문제점들을 해결 할 수 있는 방법으로 Contact Spring과 Bracket을 하나의 금형에서 한 몸체로 개발해야 할 필요성을 느끼게 되었다. 이렇게 되면 프레스 금형은 총 3Set에서 2Set로 줄게 되고 용접 비, 용접위치 불량으로 인한 제품 수명저하 및 원가가 획기적으로 절감될 수 있을 것으로 예상된다.

V. 참고문헌

- [1] Osswald, Tim A. Turng, Lih-Sheng. Gramann, Paul J. injection molding hand book.
- [2] PARK Hyung-Pil ; RHEE Byung-Ohk ; CHA Baeg-Sooon/
Variable-runner system for family mold filling balance
- [3] <http://www.matweb.com/>
- [4] Xu, Youlin | Huang, Kai
Blanking edge design of progressive die strip layout system. / Nongye Jixie Xuebao (Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery). Vol. 37, no. 12, pp. 193-196. Dec. 2006