
생산성향상을 위한 콘센트용 아크로 플레이트 공정개선에 관한 연구

황규성*, 이찬호**

The Improvement of a Acrylic Plate in using a Socket Process for the Productivity Increasing

Kyu-Sung Hwang*, Chan-Ho Lee**

요 약 본 연구의 목적은 콘센트용 아크로 플레이트공정의 불량률을 줄이고 생산공정 개선을 통하여 생산성 향상 시키는데 있다. 사출과정에서 사출시 온도와 압력에 대한 실험계획으로 최적의 조건을 찾아내고 아크로 플레이트 금형 개선을 하여 생산성을 향상시켰다. 본 연구에서는 사이클 타임은 70초에서 51초 줄었고 불량률은 20%에서 0.5%로 감소하였으며 생산원가 240원에서 201원으로 절감 효과를 가져왔다.

주제어 : 불량률, 생산성, 사이클 타임, 품질, 생산원가

Abstract The purpose of this study is to increase productivity through decreasing defect ratio and improving product process. This study finds optimal temperature and pressure at Injection by experiment design and improves acrylic plate cast to increase productivity. In this study, there are some benefits such that Cycle time decreases to 51 (sec) from 70(sec), Operating Defect Ratio decreases to 0.5% from 20% and Cost of Production decreases to 201(won) from 240(won).

Key Words : defect ratio, productivity, cycle time, quality. cost of production

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

오늘날 한국의 중소 제조기업은 지속적인 불황 속에서 자금 경색, 기능인력 이탈, 환율 불안정, 원자재 및 에너지 가격의 폭등 등의 처절한 환경 하에서 그 생명력을 유지하기 위해 발버둥치고 있으며 새로운 도약을 위해서는 기술개발, 품질향상에 주력해야 하지만 그렇지 못한 형편에 처해 있다. 물론 제조업체의 생명력은 끊임없는 기술개발과 품질향상에 달려있다고 할 수도 있지만 한국의 중소 제조기업의 대부분은 현재의 제조능력으로 수요에 맞추기에 급급한 형편으로 대부분의 중소기업 자금, 인력, 환율, 원자재 가격 등 눈앞의 실정에 만 관심을 기

울이고 있는 것이 현실이며, 적극적인 원가절감, 생산성 향상, 품질 향상 등의 경영효율을 달성할 수 있는 체계적 관리기술과 제조공정개선 등으로 생산경영 업무의 능력을 최상으로 유지하여 저비용 고효율 구조를 갖추는 것이 절실히 필요하다. 나아가 기업의 활기찬 생명력을 유지하는 공격적 경영혁신을 이루어야 할 것이다.

콘센트용 부품으로 아크로 2구 플레이트를 생산하고 있다. 플라스틱 사출 성형제품으로 아크로 2구 플레이트를 생산은 타사보다 경쟁력이 있지만, 기존의 아크로 2구 플레이트는 사출 성형 시 플레이트 외관불량(수축, 웰드라인, 반짝이)이 발생하는 품질저하 문제 가 발생한다. 이를 위해 건조과정에서 아크로 2구 플레이트의 원재료를 Hopper(갈대기)에 예열의 온도와 시간에 대한 실험계획

*주저자, 동의과학대학 부동산경영과

**교신저자, 부산대학교 경영대학 경영학과

논문접수: 2012년 11월 14일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 12월 10일

으로 최적의 조건을 찾아내고, 사출과정에서 사출시 온도와 압력에 대한 실험계획으로 최적의 조건을 찾아내고자한다[5][9]. 플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아 작업자 1명이 투입되어 이형제 도포와 제조 공정 내 불필요한 손실로 생산성 저하 문제, 기존의 플레이트는 Slide 게이트 방식으로 되어 있어서 후가공시 제품외관에 스크러치가 발생하는 문제점 등이 발생하고 있다. 이를 개선하기 위해 플레이트 Slide 게이트 금형구조를 개선하고 조립공정의 작업분석을 통하여 기존의 공정에서 발생하고 있는 문제점과 성능개선부분을 요인특성분석법을 통하여 변수간의 상호관계를 찾아내고 공정개선 방안을 찾을 필요가 있다[3][4].

1.2 연구의 목표 및 시장상황

기존의 모델에서 발생하고 있는 문제점(불량)과 성능개선부분을 요인특성분석법을 통하여 변수간의 상호관계를 찾아내고, 찾은 변수간의 실험계획을 통하여 최적의 방안을 도출해낸다. 이 도출된 안을 바탕으로 CAD시스템으로 설계 하고 MOLD-FLOW분석 프로그램으로 최적의 설계와 디자인 개선 업무를 수행한다[6]. 3D CAD시스템으로 설계를 하고 3D CAD시스템에서 디자인된 제품형상을 기계 가공과 같은 일반적인 절차를 거치지 않고 사전에 MOLD-FLOW 분석 후 사전에 문제점을 도출하여 금형 제작 전에 적용하여 재작업율 50% 가공비용 50%를 절감 한다. 생산성 저하로 가격경쟁력이 없는 상태로 공정합리화를 통하여 공정 LAY-OUT 변경을 변경하고 컨베이어 설치 생산성을 향상시킨다[1] [8][10].

현재 국내에서 생산하고 있는 전기부품 콘센트용 플레이트는 신도시 아파트, 복합 건물, 초고층 아파트 및 일반주택 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 현재 국내에서 아크로 플레이트를 생산하고 있는 업체는 여러 곳이 있으나 현금형구조로 작업의 편리성과 저렴한 가격으로 생산이 어려워져 불합리한 부분을 개선한 금형이 개발된다면 생산성과 가격경쟁력을 갖출 것이다. 뿐만 아니라 현재 당사에서 제작하고 있는 압입용 콘센트와 세트로 판매할 경우 더욱 더 수요가 늘어날 전망이다. 기술개발에 따른 기대효과는 압입용 사출성형가공 및 조립라인 효율화로 인한 인력감소와 매출액 증가가 기대 되며 앞으로 초고층복합건물, 반도체관련 공장, 자동화공장 등 지하철, 다중이용시설 및 전기다량소비시설들이 증가하고 있어 전기부품 수요는 급증 할 것으로 판단된다.

2. 공정분석

전기부품 콘센트용 아크로 플레이트 생산공정을 크게 분류하면 원자재입고 과정, 원자재 건조과정, 실린더예열과정, 사출성형 과정, 후 가공 과정, 품질검사 과정, 포장과정으로 분류된다. 아크로 플레이트 생산시 각 공정에 대하여 설명하면 다음과 같다.

첫째 공정 : 원자재입고 과정



[Fig. 1] Raw material of a acrylic plate for a Socket.

원자재 GRADE(PC/HN-1064 W93342) 확인 한다.

두 번째 공정 : 원자재 건조과정

원재료는 [Fig. 2] Hopper에 80℃로 4시간가량 건조과정과 예열을 시킨다.



[Fig. 2] Hopper used raw material to drying and preliminary heat.

세 번째 공정 : 실린더 예열 과정

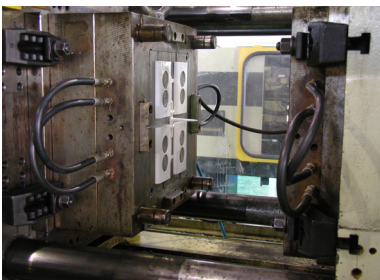


[Fig. 3] Injection of a acrylic plate for a Socket.

콘센트용 아크로 플레이트의 원재료는 Hopper에서 건조과정과 예열을 시킨 다음 Injection에서 280~320℃로 가열하여 아크로 플레이트 금형에서 사출한다. Injection은 [Fig. 3]와 같다. 예열과정과 Injection에서 가열 온도와 시간은 제품 품질에 영향을 준다. 따라서 현재의 콘센트용 아크로 플레이트의 원재료는 PC/HN-1064 W93342로 Hopper에 80℃로 4시간가량 건조과정과 예열과정의 온도와 시간에 대한 실험계획으로 최적의 조건을 찾아내는 것이 필요하며 또한 Injection에서 280~320℃로 가열하여 아크로 플레이트 사출시 온도와 압력에 대한 실험 계획으로 최적의 조건을 찾아 아크로 2구 플레이트 성형시 발생하는 외관불량(수축, 웰드라인, 반짝이)을 감소시킬 필요가 있다.

네 번째 공정 : 사출성형 과정

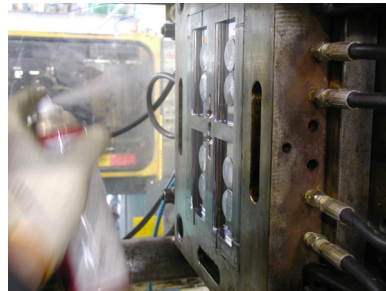
사출과정은 금형에서 사출, 제품추출과 이형제 도포하는 공정으로 구성되어 있다. 콘센트용 아크로 플레이트 제품이 금형에서 사출된 모습은 [Fig. 4]와 같다. 플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아 작업자 1명이 투입되어 [Fig. 5]와 제품을 금형에서 추출한다. 그리고 금형에 이형제를 작업자가 [Fig. 6]와 같이 도포한다.



[Fig. 4] A cast of a acrylic plate for a Socket.



[Fig. 5] The injected acrylic plate from a cast.



[Fig. 6] The release agent spray at a cast.

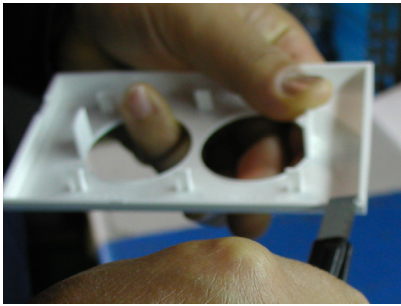
기존의 플레이트는 Slide 게이트 방식으로 되어 있어서 후가공시 제품의외관에 스크리치가 발생하는 문제점이 발생하고 있다. 따라서 아크로 플레이트 불량개선을 위한 금형개선이 필요하다.

다섯 번째 공정 : 후가공 과정

후가공은 사출성형 완료 후 스프루 런너와 플레이트를 [Fig. 7]과 같이 분리하고, 아크로 플레이트 게이트 가공 작업은 [Fig. 8]과 같다. 그리고 아크로 플레이트 외관 Burr 가공 작은 [Fig. 9]와 같다.



[Fig. 7] The separate sprue runner from the acrylic plate.



[Fig. 8] The work gate of the acrylic plate.



[Fig. 9] The work exterior of the acrylic plate.

여섯 번째 공정 : 품질검사 과정



[Fig. 10] The quality inspection

아크로 2구 플레이트 제품의 품질검사를 통하여 불량품을 선별하는 작업을 한다.

일곱 번째 공정 : 포장 과정



[Fig. 11] The packaging of product.

검사공정을 마친 제품은 포장하여 출하한다.

3. 공정개선 및 기대효과

3.1 공정개선 결과

3.1.1 Hopper에서 최적 예열의 온도와 시간

건조와 예열과정에서 온도는 변수 A로 시간은 변수 B로 표시하기로 하고 예열 온도범위는 65℃ - 90℃로 5℃ 간격으로 온도 변수로 정하고, 예열 시간의 범위는 2시간 20분 - 4시간으로 20분 간격으로 예열시간 변수로 정하였다(65℃, 70℃, 75℃, 80℃, 85℃, 90℃ → A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆; 2시간 20분, 2시간 40분, 3시간, 3시간 20분, 3시간 40분, 4시간 → B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆). 실험계획은 계수치의 二元配置로 반복수는 400으로 정하여 실험을 실시한 결과는 [Table 1] 과 같다.

실험을 실시 결과는 불량률을 최소로 하는 A_i B_j의 수준 A₄B₃ (예열 온도 80℃ 와 열처리시간 3시간(B₃))이다.

P(A_iB_j)의 신뢰구간은

$$P(A_4B_3) = 1.875 \pm 1.123$$

임을 알 수 있다. 건조와 예열에서 최적조건은 예열온도 80℃ 와 열처리시간 3시간(B₃)이고 신뢰수준 95%에서 불량발생률이 2.94% 이하임을 알 수 있다.

<Table 1> The relation between heating time and temperature for the defective occurrence.

온도 시간	65(℃)	70(℃)	75(℃)	80(℃)	85(℃)	90(℃)
B ₁	不良	不良	不良	不良	不良	不良
B ₂	40	35	30	25	26	27
B ₃	30	28	20	15	16	16
B ₄	25	18	12	06	08	10
B ₅	25	20	10	07	07	12
B ₆	24	18	15	10	12	13
B ₆	23	17	16	12	12	14

3.1.2 사출을 위한 Injection에서 최적 가열 온도와 압력

사출을 위한 Injection에서 실험변수는 사출 온도와 사출압력으로 정하였다. 온도는 변수 A로 사출압력은 변수 B로 표시하기로 하고 사출 온도범위는 270℃ - 320℃로 10℃ 간격으로 온도 변수로 정하고, 사출압력의 범위는

55kg/cm² - 80kg/cm²으로 5kg/cm² 간격으로 사출압력 변수로 정하였다(270℃, 280℃, 290℃, 300℃, 310℃, 320℃ → A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆ ; 55kg/cm², 60kg/cm², 65kg/cm², 70kg/cm², 75kg/cm², 80kg/cm² → B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆). 실험계획은 계수치의 二元配置로 반복수는 400으로 정하여 실험을 실시 결과를 분석한다. 하여 分散分析表에 정리하면 [Table 2]와 같다.

불량률을 최소로 하는 A_iB_j의 수준 A₄B₆(사출온도 300℃와 사출압력 80kg/cm²)이다.

P(A₄B₆)의 신뢰구간은

$$P(A_4B_6) : 2.069 \pm 1.259$$

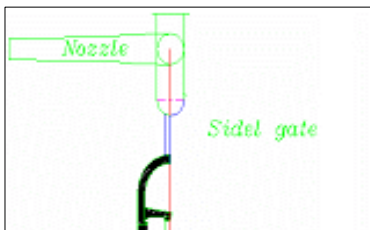
임을 알 수 있다. 사출과정의 최적조건은 사출온도 300℃(A₄)와 사출압력 80kg/cm²(B₆)이고 신뢰수준 95%에서 불량발생률이 3.32% 이하임을 알 수 있다.

<Table 2> The relation between injection pressure and temperature for the defective occurrence.

온도 \ 시간	270(℃)	280(℃)	290(℃)	300(℃)	310(℃)	320(℃)
시간	不良	不良	不良	不良	不良	不良
B ₁	45	40	38	30	32	31
B ₂	38	35	28	24	28	24
B ₃	32	28	29	20	20	25
B ₄	29	25	14	10	12	13
B ₅	25	20	16	08	08	14
B ₆	24	18	17	07	10	13

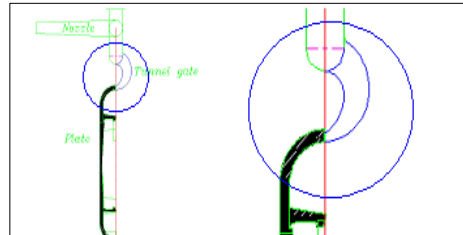
3.1.3 플레이트는 게이트 방식 개선

기존의 플레이트는 Slide 게이트 방식으로 되어 있어서 후가공시 제품외관에 스크러치가 발생하는 문제점이 발생하고 있다. 따라서 아크로 플레이트 불량개선을 위한 금형개선을 위해서 CAD시스템으로 설계 하고 MOLD-FLOW분석 프로그램으로 최적의 설계로 개선하였다.



[Fig. 12] The existing methods(Slide gate).

[Fig. 12]와 같은 기존의 플레이트는 Slide 게이트 방식을 [Fig. 13]과 같은 Tunnel 게이트로 개선을 하였다. 아크로 2구 플레이트 Tunnel 게이트로 사출성형 후 게이트 가공 공정을 줄이고 작업자 1명 타 공정으로 전환 배치로 1명 절감 효과를 가져왔다.



[Fig. 13] The improvement methods(Tunnel gate).

3.1.4 플레이트는 게이트 방식 개선

플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아 작업자 1명이 투입되어 제품을 금형에서 추출하던 것을 [Fig. 14]와 같이 로봇을 이용하여 추출하도록 개선하였다.



[Fig. 14] Using robot injected the acrylic plate from a cast.



[Fig. 15] Install a conveyor.

생산성 향상을 위해 공정합리화를 통하여 공정 LAY-OUT을 변경하고 [Fig. 15]와 같이 컨베이어 설치 생산성을 향상시킨다.

3.2 기대효과

기존의 아크로 2구 플레이트는 사출 성형 시 플레이트 외관불량이 발생하는 문제를 건조과정에서 아크로 2구 플레이트의 원재료를 Hopper에 예열의 온도와 시간에 최적의 조건을 찾아내고, 사출과정에서 사출시 온도와 압력에 대한 실험계획으로 최적의 조건을 찾아내 해결하였다. 건조와 예열에서 최적조건은 예열온도 80℃ 와 열처리시간 3시간이고, 사출과정의 최적조건은 사출온도 300℃와 사출압력 80kg/cm²이다.

플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아 작업자 1명이 투입되어 이형체 도포와 제조 공정 내 불필요한 손실로 생산성 저하 문제, 후가공시 제품외관에 스크러치가 발생하는 문제점 등은 현 아크로 플레이트 금형인 Slide 게이트 방식에서 Tunnel 게이트로 개선을 하고 플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아 작업자 1명이 투입되어 제품을 금형에서 추출하던 것을 로봇을 이용하여 추출하도록 개선하였고, 생산성 향상을 위해 공정합리화를 통하여 공정 LAY-OUT을 변경하고 컨베이어 설치 생산성을 향상시켰다[11][12].

공정개선 결과 :

- 첫째, 사이클 타임은 70초에서 51초 줄어서 27%의 개선효과를 가져왔다.
- 둘째, 불량률은 20%에서 0.5%로 감소하였다.
- 셋째, 생산 공정의 Loss 제거로 공정손실을 20% 절감하였다.
- 넷째, 생산원가 240원에서 201원으로 절감 되어 16%의 개선효과를 가져왔다.

5. 결론

본 연구는 콘센트용 부품 아크로 2구 플레이트 생산 공정에 발생하는 플레이트 외관불량 문제 와 플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않아서 후가공시 제품외관에 스크러치가 발생하는 문제점을

공정개선을 통하여 개선하였다. 기존의 아크로 2구 플레이트는 사출 성형 시 플레이트 외관불량이 발생하는 문제를 예열의 온도와 시간에 최적의 조건을 찾아내고, 사출과정에서 사출시 온도와 압력에 대한 실험계획으로 최적의 조건을 찾아내 해결하였다.

플레이트 사출 성형 시 2쇼트 생산 후 제품 추출이 원활하지 않고 후가공시 제품외관에 스크러치가 발생하는 문제점 등은 현 아크로 플레이트 금형인 Slide 게이트 방식에서 Tunnel 게이트로 개선을 하고 공정합리화를 통하여 공정 LAY-OUT을 변경하고 컨베이어 설치 생산성을 향상시켰다.

Reference

- [1] Aviv, Y. and Pazgal, A. (2007). "Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers," *Manufacturing Service Operations Management*.
- [2] Buffa, E. S., and Miller, J. G. (1979). *Production Inventory Systems*, Irwin, Homewood.
- [3] Buffa, Elwood Spencer. (1983). " *Modern Production / Operations Management* ", John Wiley & Sons, Inc., 154-188.
- [4] Choi, M. G. and Shin, S. M. (2007). "Optimizing Quality Levels and Development Costs for Developing an Integrated Information Security System," *Lecture Notes in Computer Science*, 4867, 359-370.
- [5] D. C., Montgomery. (2006). " *Design & Analysis of Experiments*", John Wiley & Sons, Second Edition, 123-160.
- [6] Dean, J. W., and Snell, S.A., (1991) "Integrated Manufacturing and Job Design: Moderating Effects of Organizational Inertia," *Academy of Management Journal*, Vol.34, 4, 776-804, 1990.
- [7] Gupta, A. K. and Sivakumar, A. I. (2006) , "Optimization of due-date objectives in scheduling semiconductor batch manufacturing," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46 , 1671-1679.

- [8] Jay Heizer and Barry Render. (1988). "Production and Operations Management," Allyn and Bacom, Inc., 335-371.
- [9] JByrne, D. M. and Taguchi, S. (1987). "the Taguchi Approach to Parameter Design," Quality Progress, 19-26.
- [10] Lee, Y. H., Ham, M., Yoo B., and Lee J. S. (2009). "Daily plan-ning and scheduling system for the EDS process in a semi-conductor manufacturing facility," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 41, 568-579.
- [11] Nonino, F. and Panizzolo, R. (2007). " Integrated Production/Distribution Planning in the Supply Chain : The Febal Case Study," Supply Chain Management, 12(2), 150-163.
- [12] Park, Y. J., Montgomery, D., Fowler, J., and Borrer, C. (2006). "Cost-Constrained G-efficient Response Surface Designs for Cuboidal Regions," Quality Reliability Engineering International, 22(2), 121-139.

황 규 성



- 1994년 2월: 동아대학교 대학원 산업공학과(공학박사)
- 1993년 3월~현재: 동의과학대학 부동산경영과 교수
- 1991년 1월~1993년 2월: 포항공대 연구원
- 관심분야: 부동산 개발, 부동산투자 분석

· E-Mail: kyusung@dit.ac.kr

이 찬 호



- 1995년 2월: 아주대학교, 경영학박사
- 2010년 8월: 건국대학교, 부동산학 박사
- 2006년 3월~현재: 부산대학교 경영학과 교수
- 관심분야: 원가·관리회계, 부동산 평가·금융
- E-Mail: lechanho@pusan.ac.kr