

에어컨 콤프레셔 실린더의 경질 3가 크롬 도금층의 두께 균일화 연구
A Study on the improvement of thickness uniformity of Trivalent Hard Chromium Layers
for the compressor cylinder in air conditioner

황양진^{1*}, 제우성¹, 박승호¹, 이주열², 김동수², 김 만², 권식철²
 (1) 동명대학교, 메카트로닉스공학과
 (2) 한국기계연구원, 표면기술연구센터

초 록 : 에어컨 콤프레셔 실린더에 도금되는 3가 크롬의 도금 두께 균일화를 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 작업을 수행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션의 정확도를 위하여 현장에서 사용되는 경질 3가 크롬의 전기화학적 특성을 측정하였다. 그리고, 이를 입력 값으로 하여 혈셀에 대하여 실험과 컴퓨터시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이션 결과를 실제의 혈셀 실험 결과와 비교 검토함으로써 컴퓨터 시뮬레이션의 타당성정도를 점검하였고, 3가 크롬의 특성을 비교 분석하였다. 이러한 자료를 근거로 3가 크롬 도금두께 균일화를 위한 시뮬레이션 작업을 에어컨 콤프레셔 실린더에 적용시켜 최적의 도금조건을 도출하였다.

1. 서 론

현재 크롬도금 시장에서는 주로 6가 크롬을 사용하여 도금하고 있다. 6가 크롬은 도금시장에서 대중화가 되어 있어 경질 및 장식용으로 널리 적용되고 있다.

반면, 6가 크롬은 환경 친화적이지 못하여 사용 규제가 강화되고 있고, 이에 대응하는 대체 표면처리 개발연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 3가 크롬도금이 가장 좋은 대체기술로 부상하고 있다. 하지만 3가 크롬은 도금액 제조가 어렵고 도금조건이 까다로우며 효율도 그리 높지 않은 편이다. 이러한 3가 크롬을 이용한 에어컨 콤프레셔 도금은 여러 번의 시행이 필요하기 때문에 시간과 비용이 많이 소요되므로, 이러한 시행착오를 최소화하기 위해서 시뮬레이션을 통한 3가 크롬도금 연구가 필요한 실정이다.

2. 본 론

2.1 컴퓨터시뮬레이션의 절차

시뮬레이션 절차를 간략히 설명하면 다음과 같다.

- 1) 시뮬레이션이 용이하도록 결과에 영향을 주지 않는 범위 내에서 모델을 간략화 시킨다.
- 2) 메쉬 작업을 수행한다.
- 3) 입력 데이터로서 도금시간, 전류, 전압 및 분극데이터와 같은 도금조건 및 도금액 성질에 관한 데이터를 입력한다.
- 4) 유한요소 계산 명령어(Solver)를 실행시켜 시뮬레이션 계산을 수행한 후 도금두께, 전압분포, 전류밀도 등의 결과를 얻는다.

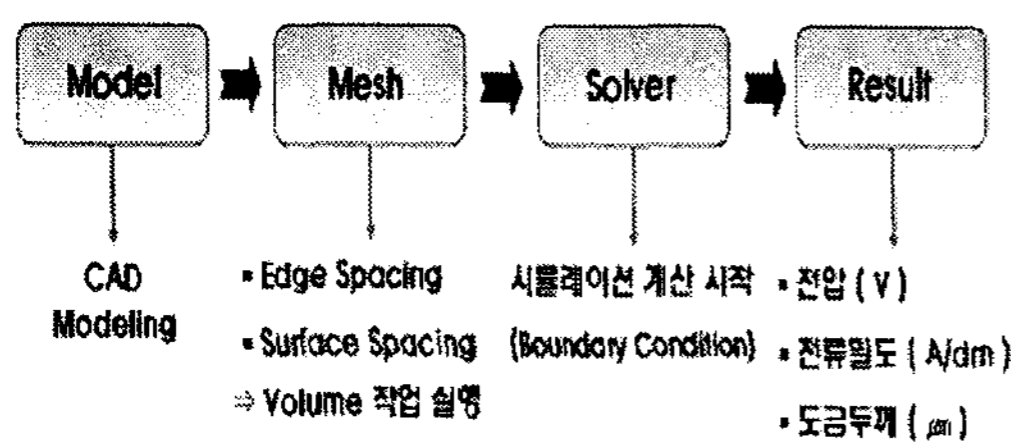


Fig. 1. Plating Master process

2.2. 3가 크롬 도금 용액의 특성 분석을 위한 측정

시뮬레이션의 보다 정확한 수행을 위하여 3가 크롬도금 용액의 여러 가지 특성 중에 분극 곡선과 잔류 효율을 측정하여 얻어진 데이터를 활용하여 시뮬레이션에 적용시켰다. 시뮬레이션에 적용시키기 위해서는 분극곡선과 전류효율 데이터를 다음과 같이 가공하였다.

Table. 1. Polarization Data and Efficiency Data

overpotential(v)	current density (A/cm ²)	efficiency
-1.88553	-2702.00	0.20261
-1.86966	-2599.50	0.23522
-1.79031	-2402.30	0.24812
-1.75064	-2195.10	0.27780
-1.70700	-1794.40	0.33026
-1.65543	-1601.30	0.33571
-1.60980	-1400.10	0.48677
-1.55624	-1201.50	0.45191
-1.49872	-1003.10	0.42745
-1.44516	-801.70	0.31703
-1.42136	-700.70	0.31106
-1.39359	-603.30	0.25981
-1.35193	-502.00	0.20743
-1.28845	-405.70	0.17321
-1.24481	-300.50	0.10997
-1.20712	-200.20	0.06804
-1.10794	-101.60	0.00619
-0.97900	-000.00	0.00000

2.3. HULL CELL 실험

정전류 5A에 10분의 조건으로 양극은 카본을 이용하였고 음극은 철 시편으로 혈셀 실험 후 두께를 측정할 부분을 포인트로 표시하여 측정을 수행하였다. 다음은 두께를 측정한 시편의 모습과 두께를 측정한 표이다.

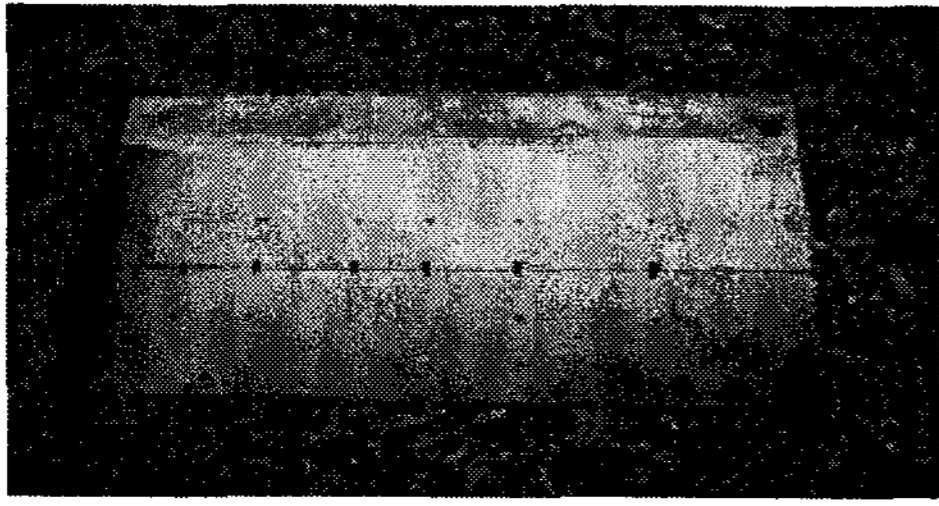


Fig. 2. Result of hull CELL Experiment
Table. 2. Thickness of Cr electrodeposit in HULL CELL with respect to the measuring position

Position	Thickness (μm)	1st current density of Hull Cell measurement (A/dm^2)
1	6.68	25
2	7.59	20
3	4.60	15
4	2.18	10
5	0.93	7.5
6	0.05	5
7	0	2

2.4. 시뮬레이션과 HULL CELL의 비교분석

실제 헐셀 실험 데이터와 시뮬레이션을 통한 헐셀 데이터를 비교 분석하여 보았다. 시뮬레이션의 조건들은 실제 헐셀 실험과 동일하며 3가 크롬용액의 분극곡선과 전류효율 데이터를 적용을 시켜 시뮬레이션을 수행하였다. Fig.3은 시뮬레이션을 수행하기 위한 3차원 모델링과 시뮬레이션의 결과이며, Fig.4는 실제 데이터와 시뮬레이션 데이터를 비교분석한 그래프이다. 실제 데이터와 시뮬레이션 데이터를 비교하여 보면 두께와 전류밀도의 차이는 있으나 경향성은 일치한다고 볼 수 있다. 두께의 차이는 도금 효율의 측정 시 오차로 인하여 발생한 것으로 판단되며 향후 정밀한 분극 곡선 및 도금효율의 측정에 관한 연구가 진행되어야 한다.

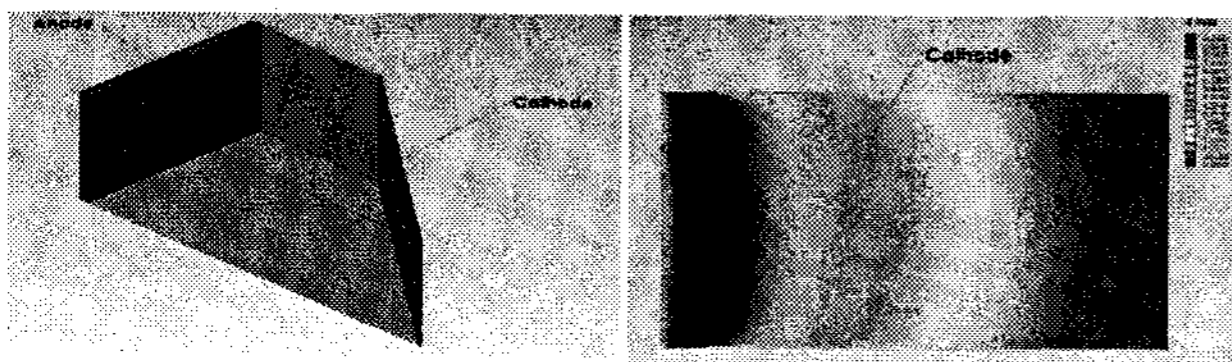


Fig. 3. Result of HULL CELL Simulation

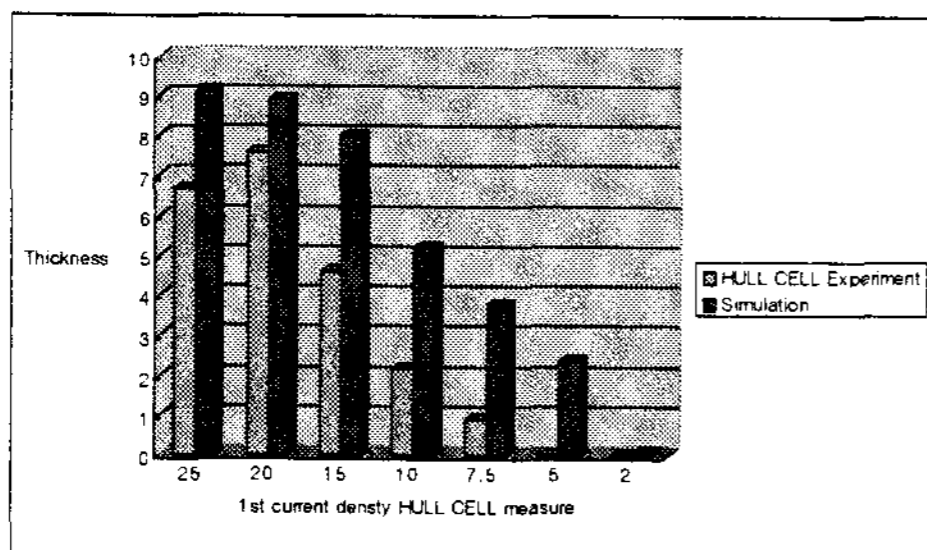


Fig. 4. Comparison of simulation result with experiment result

2.5. 실제 제품(에어컨 콤프레셔)의 시뮬레이션 적용
앞에서 실험한 데이터를 실제 제품(에어컨 콤프레셔)에 적용시켜 시뮬레이션작업을 수행하여 보았다. 에어컨 콤프레셔 제품은 많은 마찰에 의해서 마모도가 상당히 높다. 이러한 마모를 방지하기 위하여 3가 크롬으로 도금을 하고 있지만, 복잡한 형상과 도금용액특성에 의한 애로사항으로 현장에서 원하는 두께로 도금이 되질 않아 불량률이 많이 발생하는 실정이다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 두께 균일화를 위한 공정 최적화가 필요하다.

본 연구에서는 3가 크롬도금용액의 특성도 중요하지만 양극의 형상과 배치위치도 상당히 중요하기 때문에 앞에서 측정한 3가 크롬 도금용액의 성질을 활용하여 양극의 최적화를 위한 여러 가지 실험을 하였다. 양극의 형상과 배치를 자유롭게 수정하여 여러 번의 시뮬레이션 작업을 한 결과, 다음과 같이 최적화된 결과를 얻을 수 있었다. Fig.5는 시뮬레이션을 위한 3차원 모델링과 시뮬레이션 결과이며 Fig.6은 시뮬레이션 결과를 부분 확대한 그림이다.

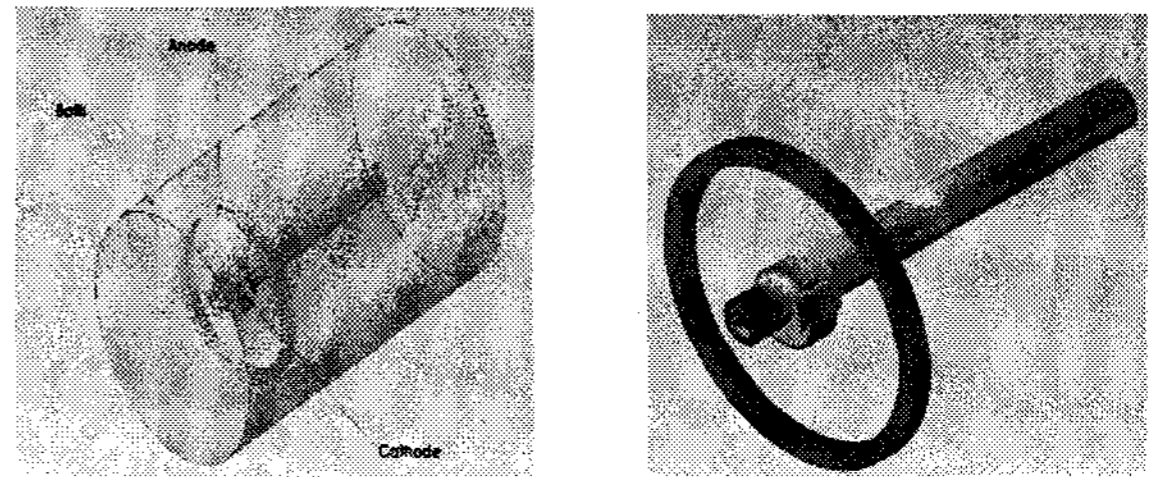


Fig. 5. 3D modeling for computer simulation(plating bath, anode, cathode)

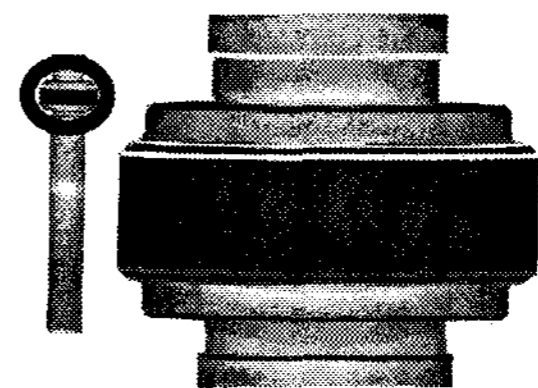


Fig. 6. The computer simulation result of compressor cylinder of air conditioner

3. 결 론

1. 3가 크롬의 도금용액의 특성을 정확하게 파악하기 위하여 분극 곡선과 효율 측정 실험을 실시하였다.
2. 시뮬레이션과 실제 실험과 정확한 비교 분석을 위하여 HULL CELL 실험을 실시하였다. 실험은 5A 에 10분을 기준으로 하여 진행하였다.
3. 시뮬레이션과 실제 실험과의 분석 결과, 도금효율 측정 실험 시의 오차로 인하여 도금 두께에서 차이가 발생하였으나, 경향성은 서로 일치하는 것을 알 수 있었다.
4. 시뮬레이션의 정확한 3가 크롬 도금용액의 특성파악을 위해서는 앞으로 더욱 정밀한 측정에 관한 연구가 진행되어야 한다.
5. 에어컨 콤프레셔에 대해서 컴퓨터 시뮬레이션 수행을 하였고 최적의 공정 조건을 제시하였다.

감 사 의 글

본 연구는 국제 IMS프로그램 연구개발사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

1. Technical Center for Mechanical Engineering Industries (CETIM)
2. CETIM, AccuPlate 3D Plating Engineering Software
3. Druesne, F., P.Paumelle, and P.Villon, "Boundary Element Method Applied to Electrochemical Plating", European Review of Finite Element, Volume 8, No.1, February 1999
4. Druesne, F., P.Paumelle, and P.Villon, "Modeling Electode Shape Change", European Review of Finite Elements, Submitted October 1998
5. Thede, Mark, "Design for the Plating Process Using 3D Modeling", Metal Finishing, 2001