

## 광택니켈도금공정용 전문가시스템의 개발에 관한 연구

노병호, 김석일\*, 조정준\*\*, 김병학\*\*\*

한국기계연구원 표면공학실, \*한국항공대학교 항공기계공학과

\*\*한국항공대학교 항공공학과 대학원, \*\*\*한국도금기술연구소

## A Study on the Development of an Expert System for Bright Nickel Plating Processes

Byung-Ho Ro, Seok-Il Kim\*, Jeong-Jun Jo\*\*, and Byung-Hak Kim\*\*\*

KIMM, Surface Engineering Lab., 66 Sangnam-dong Changwon-si Kyungnam 641-010 Korea

\*Hankuk Aviation University, Dept. of Aeronautical and Mechanical Engineering, 200-1

Hwajun-dong Koyang-si Kyungki-do 411-791 Korea

\*\*Hankuk Aviation University, Graduate School, 200-1 Hwajun-dong Koyang-si Kyungki-do 411-791 Korea

\*\*\*Korea Plating Industry Cooperation, 224 3-ga Nowon-dong Buk-gu Daegu-si 702-083 Korea

### Abstract

In this study, a user-friendly expert system is developed for bright nickel plating processes which have a number of influence factors related to the plating quality. Because the mutual relations between these factors in the processes are not quantitatively identified, the expert system deals mainly with the troubleshooting process problems by using the production rule which is able to utilize effectively the qualitative knowledge and the accumulated experience. Especially, to provide the system user with more timely and convenient informations about the cause of problem symptom and the corresponding countermeasure, it is introduced the interactive user interface using the Korean language. Also the knowledge base and inference engine of the expert system are completely separated, so that the substance of knowledge base can be easily updated and extended.

### 1. 서 론

전문가시스템(expert system)은 자체내에 많은 전문지식과 능력을 가지고 있어서 전문가 정도의 차원에서 주어진 문제를 해결하거나, 문제해결을 위한 조언을 할 수 있도록 구성된 하나의 컴퓨터 프로그램이다. 전문가시스템을 개발하는 동기는 여러가지가 있지만, 가장 중요한 요인의 하나는

숙련된 전문가의 지식과 경험을 체계적으로 활용하기 위한 것이고, 또 다른 하나는 미숙련자에 대한 교육을 수행하기 위한 것이다. 이러한 전문가시스템의 대부분은 숫자보다는 기호를 가지고 작업을 수행할 수 있도록 만들어지고 있으며, 그 적용분야도 의학, 공학, 교육 등과 같이 다방면으로 확대되고 있는 추세이다.<sup>1-5)</sup>

최근 표면처리분야의 생산성 향상을 위해서 표

면처리공정에서 발생하는 불량문제의 진단정보 및 대책을 보다 신속하고, 용이하게 작업자에게 제공할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 즉 표면처리공정은 조립부품을 가공하는 공정의 하나로 볼 수 있기 때문에, JIT(Just-in-Time)가공방법의 한 분야로 정착되어질 필요가 있다. JIT프로그램이 충분히 활용된다면, 표면처리공정의 불량문제에 대한 대책은 숙련된 전문가가 아니라, 미숙련된 작업자에 의해서도 직접적으로 수립될 수 있게 된다. 따라서 사용자에게 친숙한 표면처리공정용 전문가시스템은 성공적인 JIT프로그램의 중요한 요소로 대두되고 있다. 그러나 표면처리분야에 적용할 수 있는 전문가시스템의 개발사례<sup>6)</sup>는 극히 드물고, 효과적으로 활용할 수 있는 단계로까지 발전하지 못한 실정이다. 특히 공업적으로 중요한 위치를 차지하고 있는 광택니켈도금은 표면처리분야에서도 제품성능에 영향을 주는 관련인자들의 수가 대단히 많고, 그 관련인자들간의 상호관계가 정량적으로 규명되어 있지 않기 때문에 숙련된 전문가의 의존도가 매우 높은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 광택니켈도금공정에서 발생하는 여러가지 불량문제들에 대한 원인분석과 해결대책을 제공할 수 있는 전문가시스템을 개발하는 데 그 목적을 두었다. 또한 개발된 전문가시스템은 수정과 확장이 용이한 구조로 구성되어 있으며, 초보적인 사용자도 쉽게 사용할 수 있도록 '한글'에 의한 대화방식을 채택하고 있다.

## 2. 광택니켈도금공정용 전문가시스템의 설계

### 2.1 광택니켈도금공정의 특징

니켈은 내식성이 우수하고, 경도, 유연성 등과 같은 물리적 성질도 양호하며, 색조도 좋은 동시에 잘 변색되지 않는 특징이 있다. 또한 니켈은 각종 소지재료에 대해서 밀착성이 우수하기 때문에 가장 중요한 도금용 금속의 하나로 분류되고 있다. 니켈도금의 용도는 방식, 포장, 전주(electroforming), 광학부품, 가공불량 보수 등으로 크게 나누어지지만, 특히 방식과 포장을 함께 요구하는 경우에 많이 사용된다. 특히 광택니켈도금은 우수한 내식성 및 아름다운 미관을 부여하기 위한 목적 외에도 연마공정의 생략, 자동도금의 도입 등을 실현할 수 있기 때문에 많은 주목을 받고 있

다.<sup>7-8)</sup>

이러한 광택니켈도금의 결과에 영향을 주는 인자들로서는 1)황산니켈, 2)염화니켈, 3)붕산, 4)광택제, 5)계면활성제, 6)전류밀도, 7)pH값, 8)욕조 온도, 9)소지재료(음극판), 10)금속니켈(양극판), 11)유기불순물, 12)무기불순물, 13)전처리능과 같은 것들이 있다. 이와 같이 관련인자들이 많고, 특히 관련인자들간의 상호관계가 정량적으로 명확하지 않기 때문에 광택니켈도금에서 야기되는 불량문제에 대한 해결대책을 수립하는 데는 숙련된 전문가의 지식과 경험에 의존하는 경우가 많다.

일반적으로 광택니켈도금에서 많이 발생하는 불량문제들은 Table 1에서 볼 수 있다. 도금상태가 불량한 것으로 나타나면, 숙련된 전문가는 Fig. 1에서와 같이 먼저 그 원인, 즉 부적절한 도금조건을 규명하고, 해결대책으로서 해당되는 도금조건을 적절하게 수정한다. 수정된 도금조건에서도 도금상태가 불량한 경우에는 도금상태가 양호하게 될 때까지 앞서의 과정을 반복한다.

Table. 1. List of the typical nickel plating problem symptoms

1. Bright Inferiority
  - (1) Bright Inferiority in Low Current Density Areas
  - (2) Bright Inferiority in High Current Density Areas
  - (3) Bright Inferiority all over
2. Peeling
3. Brittle Deposit
4. Partial Deposit
5. Erratic pH
6. Pitted Plate
7. Rough Plate
8. Patterned or Streaked Deposit
9. Slow Plating Rate

### 2.2 광택니켈도금공정용 전문가시스템의 구성

본 연구에서 개발한 광택니켈도금공정용 전문가시스템은 Fig. 2와 같은 구조를 가지고 있다. 전문가시스템의 지식저장소(knowledge base)에는

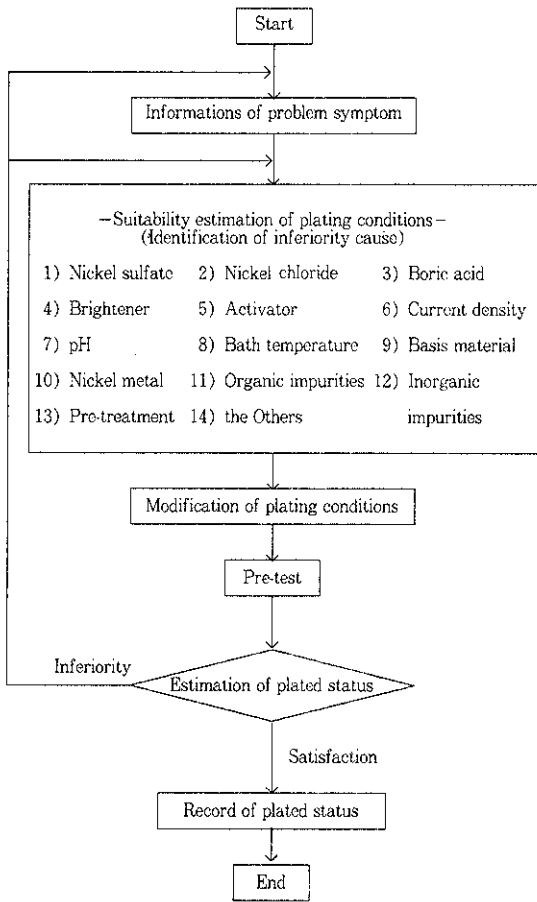


Fig. 1. Sequence for establishing the plating conditions

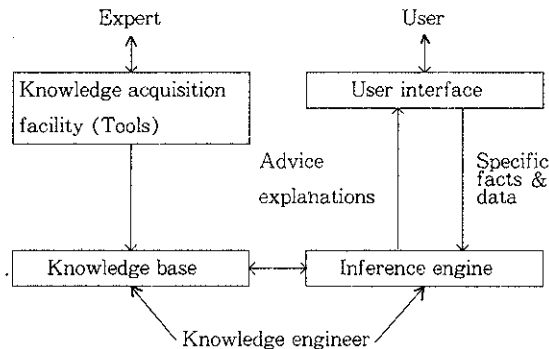


Fig. 2. Basic structure of an Expert System

광택니켈도금분야에 대한 많은 전문적인 지식들이 선택된 표현방법에 의해서 체계적으로 저장되어 있다. 이러한 전문지식들은 전문가들로 부터 지식획득부분(knowledge acquisition facility)을 통해서 지식저장소에 입력된다. 입력되는 지식들은 교과서적인 지식 외에도 전문가의 경험적인 지식도 포함된다. 전문가시스템의 사용자가 정보입출력부분(user interface)을 통해서 Table 1에서 볼 수 있는 문제의 자료를 제공하면, 추론기관(inference engine)은 지식저장소에 저장된 전문지식들을 이용해서 주어진 문제에 대한 해결대책 및 조언을 사용자에게 제공하게 된다. 또한 사용자가 원하는 경우에는 전문가시스템은 주어진 문제에 대한 해결대책 및 조언을 제공하게 된 이유를 설명하게 된다.

특히 개발된 전문가시스템은 지식저장소가 추론기관과 완전히 독립되어 있기 때문에 지식저장소의 지식내용을 확장하거나, 수정하기가 매우 용이하다는 특징을 가지고 있다.

또한 광택니켈도금은 관련인들의 수가 대단히 많고, 그 관련인자들간의 상호관계가 정량적으로 규명되어 있지 않기 때문에 효과적인 전문가시스템을 만들기 위해서는 저장된 해당분야의 전문지식을 필요에 따라서 적절하게 사용할 수 있는 방법, 즉 효율적인 지식표현방법이 필요하다. 본 연구에서는 이와 같은 광택니켈도금공정의 특징들을 충분히 반영할 수 있는 지식표현방법으로서 IF-THEN형식을 갖는 법칙(production rule)을 사용하였다. 따라서 전문가시스템의 사용자는 광택니켈도금에서 불량문제를 야기하는 원인에 대한 사전지식이 없더라도 전문가시스템과의 대화를 통해서 쉽게 그 원인을 규명할 수 있고, 그 대책을 수립할 수 있게 된다.

아울러서 본 연구에서는 전문가시스템을 개발하기 위한 수단으로서 NDP Fortran<sup>9)</sup>과 GREX Library<sup>10)</sup>를 사용하였다. 특히 초보적인 사용자도 쉽게 사용할 수 있도록 '한글'을 이용한 대화방식을 채택하였다.

### 3. 광택니켈도금공정용 전문가시스템의 적용예

광택니켈도금공정용 전문가시스템에 대한 일련

의 적용에는 Fig. 3~10에서 볼 수 있다. 특히 정보의 표현을 체계적으로 하기 위해서 전문가시스템은 CRT화면을 질문용 윈도우, 답변용 윈도우, 그리고 설명용 윈도우로 나누어 사용하고 있다. 또한 전문가시스템에 대한 정보입력을 쉽게 하기 위해서 다음윈도우(F1), 항목선택(F2), 초기화면(F3), 먼저화면(F4), 프린트(F5), 사용종료(F6), 그리고 scroll(↑/↓)은 모두 하나의 키(key)에 의해서 동작하도록 만들었다.

전문가시스템이 작동되면, 먼저 Fig.3에서 볼 수 있는 바와 같이 현재 가장 큰 문제로 대두되고 있는 도금불량상태를 물어온다. 이 경우에 사용자는 Table 1에 있는 9개의 불량항목 중의 하나를 선택할 수 있는 데, 여기서는 사용자가 “밀착불량”을 그의 문제로 제기하였다. Fig. 4에서는 전문가시스템이 해당영역을 좁히기 위해서 밀착불량의 형태를 사용자에게 다시 물어보고 있으며, 사용자는 “주변의 밀착상태가 불량”한 것으로 답변하였다.

< 용택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
설명 현재 전문가시스템 (KH-1)은 용택니켈도금에서 발생하는 문제를 다루고 있습니다.	
문제 가장 큰 문제로 대두되고 있는 항목은 어느 것입니까?	
답변 1. 용택(계조)이 불량합니다. 2. 밀착상태가 불량합니다. 3. 취성도금이 되고 있습니다. 4. 균일한 전착성이 불량합니다. (각 피복재이 제거되고 있습니다.)	
F1: 다음윈도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 먼저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 3. Peeling selected as the problem symptom

< 용택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
설명 현재 전문가시스템 (KH-1)은 밀착상태가 불량한 경우를 다루고 있습니다.	
문제 가장 두드러지게 나타난 밀착불량에 대한 증상은 무엇입니까?	
답변 1. 주변의 밀착상태가 불량합니다. 2. 전면적으로 밀착상태가 불량합니다.	
F1: 다음윈도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 먼저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 4. Determination of the peeling status

Fig. 5와 6에서는 전문가시스템이 순차적으로 밀착불량의 원인으로 음극전류밀도와 철불순물에 대한 확인을 수행하고 있다. 사용자는 2가지의 경우 모두 “아니오”라는 답변을 하였기 때문에 전문가시스템은 다른 원인에 의해서 밀착불량이 발생하는 것으로 판단한다.

< 용택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
설명 현재 전문가시스템 (KH-1)은 주변의 밀착상태가 불량한 경우를 다루고 있습니다.	
문제 광검사를 수행하여 밀착불량이 확인되면, 음극전류밀도를 측정하십시오. 음극전류밀도가 5A/dm <sup>2</sup> 이상입니까?	
답변 1. 예. 2. 아니오. 3. 질문의 내용을 설명해 주십시오.	
F1: 다음윈도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 먼저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 5. Determination of the current density

< 용택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
설명 현재 전문가시스템 (KH-1)은 주변의 밀착상태가 불량한 경우를 다루고 있습니다.	
문제 청산순물의 농도가 0.3g/l 이상입니까?	
답변 1. 예. 2. 아니오. 3. 질문의 내용을 설명해 주십시오.	
F1: 다음윈도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 먼저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 6. Determination of the concentration of iron impurity

Fig. 7에서는 전문가시스템이 유기불순물에 의한 밀착불량의 발생 가능성을 확인하기 위한 질문을 던지고 있으며, 사용자는 질문의 요지를 파악하기 위해서 질문에 대한 내용설명을 전문가시스템에 요구하고 있다. Fig. 8은 사용자가 요구한 유기불순물과 관련된 질문에 대한 내용설명을 보여주고 있다. 사용자가 설명을 이해하고 나면, Fig. 9에서와 같이 전문가시스템은 또 다시 유기불순물이 밀착불량의 원인인가를 확인하기 위한 답변을 사용자에게 요구한다. Hull Cell시험을 통해서 유기불순물의 축적이 확인되면, 사용자는 “예”라는

담변을 하는 데, 이 경우에는 Fig. 10에서와 같이 전문가시스템이 밀착불량의 원인인 유기불순물을 제거하는 방법을 사용자에게 알려준다.

< 광택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
현재 전문가시스템 (KH-1)은 주변의 밀착상태가 불량한 경우를 다루고 있습니다.	
문제 유기불순물이 축적되어 있습니까? (Null Cell 시험을 이용)	
답변 1. 예. 2. 아니요. 3. 질문의 내용을 설명해 주십시오.	
F1: 다음원도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 면저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 7. Request of the explanation about organic impurity

< 광택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
일반적으로 유기불순물은 필름불량, 녹음, 취성도막, 균일한 전착성의 불량(마복의 거하), 전착용액의 중대 붕괴를 야기합니다. 유기불순물은 주로 용액 및 개편용성제의 불완전생성, 세정제의 혼입, 불세척의 불량, 교환용 공기세정의 불량, 사용약품에 의한 혼입 등에 의해서 만들어집니다.	
문제 다시 원래의 문제로 되돌아가기 위해서는 키(종류에는 무관)를 누르십시오.	
답변	
F1: 다음원도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 면저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 8. Explanation of the organic impurity

< 광택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
현재 전문가시스템 (KH-1)은 주변의 밀착상태가 불량한 경우를 다루고 있습니다.	
문제 유기불순물이 축적되어 있습니까? (Null Cell 시험을 이용)	
답변 1. 예. 2. 아니요. 3. 질문의 내용을 설명해 주십시오.	
F1: 다음원도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 면저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 9. Determination of the concentration of organic impurity

< 광택니켈도금공정용 전문가시스템 (KH-1) >	
문제의 원인은 유기불순물이 많이 축적되어 있기 때문에 인장용액이 중대되는 데 있습니다. 이 문제를 해결하기 위해서는 전착용액 감소를 보장하고, 다음과 같은 극방간산 알칼리 및 산화제 처리를 통해서 유기불순물을 제거해야 합니다. 1) 예비용액에 도금액을 옮기는 온도를 되도록 높게 한다. 2) 유기물의 정도에 따라서 극방간산알칼리를 첨가한다. 보통 0.6-5.0g/l이며, 도금액의 색깔이 암록색이 될 때까지 교환한다. 3) 환산니켈을 첨가해서 pH농도를 5.0-5.5로 상승시킨다. 환산니켈은 pH3.5-4.0에서 pH1.0을 상승시키는 데 1g/l가 필요하다.	
문제	
답변	
F1: 다음원도우 F2: 항목선택 F3: 초기화면 F4: 면저화면 F5: 프린트 F6: 사용종료	

Fig. 10. Fixes and solutions provided for the organic impurity

이 상태에서 계속적으로 다른 불량문제에 대한 작업을 수행하기 위해서는 F3키를 누르고, 시스템 사용을 종료하기 위해서는 F6키를 누른다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 관련인자의 수가 대단히 많고, 그 관련인자간의 상호관계가 정량적으로 규명되어 있지 않은 광택니켈도금공정을 대상으로 한 하나의 전문가시스템을 개발하였다. 특히 정성적인 지식이나 경험을 효율적으로 활용할 수 있는 지식 표현방법인 법칙을 사용하는 관계로, 전문가시스템과의 대화를 통해서 도금불량에 대한 원인을 규명하고, 대책을 수립하기가 용이하게 되어 있다. 또한 개발된 전문가시스템은 지식저장소와 추론기관이 완전히 독립되어 있기 때문에 지식저장소의 내용을 확장하거나, 수정하기가 매우 편리한 구조로 되어 있으며, 초보사용자도 쉽게 이용할 수 있도록 '한글'에 의한 대화방식을 채택하고 있다.

#### 참 고 문 헌

1. F.H. Roth, D.A. Waterman, D.B. Lenat, et al : Building Expert Systems, Addison-Wesley, New York (1983)
2. B.J. Davis and I.L. Darbyshire : Annals of CIRP, 33/1 (1984) 303
3. Paul Harmon : Expert Systems, John Wiley & Sons, New York (1985)

4. P. Klahr and D.A. Waterman : Expert Systems, Addison-Wesley, New York (1986)
5. 문인혁 : 제조업에서 전문가시스템의 개발동향, 산업기술정보원, 조사연구보고서 76호 (1992)
6. S. Schachameyer, J. Wooten, E. Porter, et al. : Plating and Surface Finishing (1989) 25
7. 川崎元雄, 小西三郎, 上肥信康 外 : 實用電氣めっき( I ), 日本日刊工業新聞社, 東京 (1986)
8. めっき技術ガイドブック, 東京鍍金材料協同組合, 東京 (1987)
9. NDP Fortran User's Manual, Microway, Kingston (1991)
10. NDP GREX Library Reference Manual, Microway, Kingston (1991)