

## 미세 다수공 타입의 네일파일 제조용 퍼퍼레이팅 금형 개발

김 세 환\*

### Development of Perforating Die for Manufacturing Fine Multi-perforated type Nail Files

Sei-Hwan Kim\*

**요 약** 네일 파일(nail file)을 제조할 때 재료는 강판(두께 0.5 mm)을 사용하고 가공방법은 외형형상을 만들고  $\phi$  0.8~ $\phi$  1.0 mm의 구멍을 약 300여개 뚫어 완성한다. 이들의 가공방법은 에칭(etching)에 의존하여 제조원가의 33%를 에칭비가 차지하고 있으므로 제조원가의 상승원인이 되고 에칭시 부식제(etching reagent)의 잔류도 환경친화적이 못되며 재료가 강판이기 때문에 제품에 녹(rust)이 생기므로 이들의 문제점을 해결하고자 다음과 같이 연구개발을 수행하였다. 제품의 녹 방지를 할 수 있는 적합한 재질 선택 방법을 고찰하고, 에칭 가공방법을 사용하지 않고 금형을 이용한 프레스 가공으로 교체하기 위하여 프레스 스탬핑시의 스트립 레이아웃(strip layout)기법을 연구개발하고, 금형부품중에서 작업중 절손이 빈번한 보통의 표준 펀치를 킬형의 펀치로 개발 하므로써 프로그레시브 퍼퍼레이팅 금형(progressive perforating die)을 개발하게 되었다.

**Abstract** 0.5 mm thick steel is used to manufacture nail files. The first process is blanking and the second process is making about 300 holes of 0.8~1.0 mm in diameter. This process depends mainly on etching which takes 33% of manufacturing cost and it can make manufacturing cost rise. The residual etching reagent is not environmentally friendly and the steel material is apt to rust as well. To solve these problems, researches on the following subjects are performed: proper material to prevent from rusting and strip layout strategies in stamping to replace etching process with press process which makes use of die. And new quill type punch is developed to replace the regular standard punch, one of the die parts, which frequently get broken while working. And these researches and developments lead to develop a progressive perforating die.

**Key Words** : nail file, perforating, quill, needle punch, etching, strip layout

### 1. 서 론

다수공(多數孔)타입의 네일파일(nailfile)은 손톱을 다듬는 미용용 줄(file)이다(Fig. 1). 이 줄의 제조공정은 두께 0.5 mm의 철판으로 블랭크(blank)를 블랭킹(blanking)하고, 블랭크에 작은구멍( $\phi$  0.8 mm~ $\phi$  1.0 mm (Fig. 2))을 300여개 뚫고 사파이어(sapphire)입자를 접착제로 붙인다. 제조공정 중에서 블랭크에  $\phi$  0.8 mm의 구멍뚫기 가공에서 문제점이 발생되고 있다. 금형을 사용하여 구멍을 뚫을 때 펀치가 부러지기 때문이다. 더구나 같은 크기의 작은 구멍을 여러개 동시에 뚫는 퍼퍼레이팅(perforating)가공이 필수적인데 구멍뚫기(piercing)가공이 난제 이어서 금형개발이 되지 않으므로 에칭(etching)

가공에 의존하고 있는 실정이다. 여기에서 제조원가의 33%를 에칭가공비가 차지하고 있으므로 제조원가의 상승 원인이 되고 부식제(etching reagent)의 잔류 또한 약해의 문제가 되고 있다. 또한 하나의 큰 문제점은 에칭 가공시 미완성으로 인한 구멍 불량률이 30% 이상으로 매우 높다.

상기의 문제점을 해결하려면 에칭가공을 배제하고 금형을 이용한 퍼퍼레이팅 가공기술을 개발하여야 한다.



Fig. 1. 다수공타입의 네일파일

\*천안공업대학 금형설계과

E-mail : shk@cnc.ac.kr

TEL : (041)550-0274 FAX : (041)567-3809

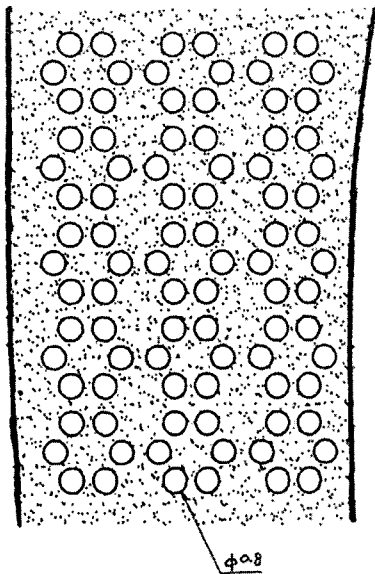


Fig. 2. 네일파일의 다수공( $\phi 0.8$  mm)

따라서 개발대상의 기술은 미세 다수공을 동시에 펀칭할 수 있는 프로그래시브 퍼퍼레이팅 금형(progressive perforating die)의 개발이다.

## 2. 연구개발의 필요성

STC 5재나 STSP 304재의 얇은판( $t = 0.5$  mm)에 작은구멍( $\phi 0.8$  mm)을 다수개 일사불란하게 정렬하면서 뚫는 것을 퍼퍼레이팅이라 한다. 금형으로 퍼퍼레이팅 가공을 하려면 펀치와 다이블록이 필요하다.  $\phi 0.8$  mm의 가는 펀치는 가공재를 타격할 때 치핑이나 좌굴, 절손 등에 견디어야 피어싱이 가능하다. 문헌이나 성공 사례등에서는  $\phi 1.0$  mm 이하의 피어싱 펀치는 퀴(quill)과 니들 펀치(needle punch)를 사용하고 다이블록은 부싱 다이로 하고 있지만 퍼퍼레이팅 가공에 연계시킬때 펀치는 절손되고 있다. 그래서 모두 에칭 가공에 의존하고 있는 것이다[1-3].

에칭가공은 금형에 의한 퍼퍼레이팅 가공에 비하여 가공속도가 늦어 생산량도 적은 반면, 불량률(30%)도 매우 높아 가공비의 상승 원인이 되고 특히 맹독성의 부식액을 사용하므로 약해나 폐수처리 등 환경친화적이 못되는 것이 문제점으로 지적된다. 본 연구개발 과정에서는 오일러식(Euler's formul)에서 제시하고 있는 가는 펀치의 지름과 펀치의 한계 최대길이를 초과한 더 작은 지름과 더 긴 길이의펀치로 할 수 있도록 니들 펀치와 퀴 또는 비트 펀치(bit punch)와 어댑터 퀴의 구조와 작동원리를 개발하고 이에 따른 스트립레이아웃

(strip layout)을 연구하고자 하였다[2].

가는 미세 펀치길이의 크기에 따른 좌굴과 절손의 방지 대책을 강구하기 위하여 펀치와 다이블록의 구조와 소재, 열처리, 연마, 가공순서, 클리어런스, 작동방법, 금형구조 등에 대하여 연구하였다. 에칭가공에 따른 제조원가의 상승은 국제시장에서의 가격경쟁을 이길 수 없고, 특히 스틸보다는 스테인리스재를 선호하기 때문에 반드시 퍼퍼레이팅 금형개발을 성공시켜 고품질의 제품과 제조원가를 60% 이상 절감하여 수출신장에 기여 하여야 하므로 연구의 필요성이 절실하다.

## 2.1 기존기술의 문제점과 개선방향

### 2.1.1 문제점

국내의 동종 생산업체에서는 매일 80여개국으로 250만개씩 수출되는 미용기구이다. 네일파일을 제작할 때는 주재료로 철판을 사용하여 프레스로 블랭크(blank)를 만들고 블랭크의 상·하면에 줄 눈을 세워 사포(sappho)의 역할을 하게 한다. 이 사포는 어느 정도 사용하면 마모되어 기능을 다 하지 못하므로 보완개선된 것이 블랭크 상·하면에 줄 눈대신 사파이어 입자(sapphire grain)들을 칩착제로 부착시켜 사파이어 네일파일을 개발하게 되었다.

이렇게 개발된 사파이어 네일파일로 손톱을 다듬을 때 가루가 사파이어 입자와 입자사이에 끼어서 떨어지지 않으므로 다듬질에 방해가 되어 사용도중에 입으로 불거나 손가락으로 때리거나 두드려서 떨어내고 있으며 이 때 가루가 비산되어 옷에 묻는 등 청결하지 못하고 지저분하다. 이를 해소하기 위하여 네일파일면에 300여개의 작은구멍( $\phi 0.8$  mm)을 뚫고 나머지 여백의 면에 사파이어 입자를 부착시킨 시작품을 만들어 사용한 결과 상기의 결점을 해결할 수 있는 뛰어난 효과를 얻게 되어 바이어들의 관심을 집중시키면서 종래의 상품 대신 이 제품으로 교체할 것을 요구하고 있다. 따라서 제조 과정에서 에칭 공법에 의하여 만들어진 구멍뚫린 네일 파일은 모두 수출상품으로 선정되어 수출량은 증가되었지만 기업 이윤에는 도움이 되지 못했다. 그것은 제조원가의 높은 상승과 바이어의 까다로운 요구사항이 추가 되었기 때문이었다.

제조원가의 상승요인은 다음과 같은 원인에서 발생되었다.

첫째, 네일파일의 소재는 탄소공구강(SK5)이고 사다리꼴 형상의 파일 면적은 약  $612$  mm<sup>2</sup>(윗변  $5.5$  mm, 아랫변  $12.5$  mm, 길이  $68$  mm, 두께  $0.5$  mm)이다. 이 면적에  $\phi 0.8$  mm의 작은 구멍을 300개 뚫어야 한다. 그래서 시험용 피어싱 펀치와 다이블록을 제작하여 트라이얼 하였으나 1회의 펀칭 가공에서 펀치는 부러졌다.

납기를 맞추기 위하여 금형에 의한 피어싱가공을 포기하고 도입한 방법이 에칭(etching)가공이었다. 에칭가공은 기계가공이 아니고 필요로 하는 구멍을 에칭액에 의하여 부식시켜 구멍을 뚫는 것이므로 외주업체에 의존하게 되어 고가의 에칭비와 30%의 불량률이 발생되어 제조원가의 상승원인이 된 것이다.

둘째, 파일의 표면을 도금처리 하였으나 소재가 철재이므로 녹(rust)이 발생되고 있으니 소재를 녹이나지 않는 비철재료를 사용하거나 녹방지 처리(rust-proofing)를 철저히 하라는 바이어의 요구사항이 추가되었다.

### 2.1.2 개선방안

(1) 네일파일 소재를 탄소공구강(STC5)에서 스테인리스(STSP304)강으로 교체

(2)  $\phi 0.8$  mm의 구멍뚫기방법을 에칭으로 하지 않고 퍼퍼레이팅 가공으로 교체

- 니들펀치, 킴의 구조 설계 연구
- 킴과 니들펀치 작동원리 연구
- 가동스트리퍼와 부싱의 구조와 작동원리 연구
- 니들펀치의 소재 선정과 열처리 작업 사이클 연구
- 초경 솔리드 펀치 형상 설계연구
- 스트립 레이아웃설계
- 퍼퍼레이팅 펀치의 작동을 스텝 퍼퍼레이팅 방법 도입
- 금형구조설계
- 펀치, 킴, 금형부품제작 및 금형조립
- 1차 트라이얼 및 수정보완
- 2차 트라이얼 및 수정보완

### 2.2 개발제품의 사업화 방법

국내의 동종업체에서 80여개국으로 월 평균 250~300만 개씩 수출하고있는데 이 품종은 다수공 네일파일이 아니고 종래의 구멍없는 파일이므로 신제품 개발 결과를 홍보하여 수출 전략에 최선을 다할 것이며 수출 대상국은 미국, 일본, 동남아시아 및 아랍에미레이트이다. 이 제품에 대한 지적 재산권을 보호받기 위하여 국내 특허 3건(실용신안등록: 0199222, 020608, 의장등록: 0274799), 미국 특허 1건(특허등록: USD448889S)을 받은바 있고, 중국 특허 신청도 접수완료(접수번호: 01204624.8)하였다. 국내시장판매는 선물세트로 포장하여 화장품 제조 회사와 백화점, 할인마트, 미용실 등으로 홍보망을 확충할 것이며, 특히 충남테크노파크, 천안시, 아산시, 등의 전자상거래 사이트의 지방특산물 코너 활용과 쇼핑몰회사(yahoo, daum, hanmir 등)에 가입하여 판촉활동을 활발히 할 것이다.

## 3. 연구개발 내용

### 3.1 스트립레이아웃 개발 설계

퍼퍼레이팅 가공에서는 선가공과 후가공의 가공 순서 결정 방법에 따라 공정 설계의 성패를 좌우하며 특히 피어싱 가공된 후의 구멍간 최소거리를 철저히 지켜야 한다[1-4]. 따라서 블랭크의 긴방향 센터라인부터 피어싱 가공을 시작하고 선후 가공 순서를 여러번 시도하여 스트립 레이아웃 방법을 입안하였다[5].

#### 3.1.1 가공스테이지별 가공순서 설계

네일파일의 폭(11.0 mm)을 9등분하여 제 1열-제 9열로 명명하고 센터라인을 제 5열로 명명한다.

#### (1) 제 1 스테이지의 가공

제 5열에 14개의 피어싱 가공을 한다. 피어싱 가공의 첫 번째와 14번째까지의 길이는 90 mm로 한다.

#### (2) 제 2 스테이지의 가공

사이드컷팅(노칭) 및 제 3열과 제 7열에 각각 14개의 피어싱을 한다.

#### (3) 제 3 스테이지의 가공

제 3열과 제 7열에 각각 14개의 피어싱을 한다. 이때의 피어싱 위치는 제 2 스테이지에서 행한 피어싱과 피어싱 사이에 위치결정 시킨다.

#### (4) 제 4 스테이지의 가공

제 4열에 14개의 피어싱과 8열에 11개 피어싱 가공을 한다.

#### (5) 제 5 스테이지의 가공

제 1열의 피어싱 1개소를 행한다

#### (6) 제 6 스테이지의 가공

제 5열에 14개의 피어싱 가공과 제 9열에 1개의 피어싱을 한다.

#### (7) 제 7 스테이지의 가공

제 4열에 14개의 피어싱 가공과, 제 8열에 11개의 피어싱 가공과, 제 9열에 3개의 피어싱 가공을 한다.

#### (8) 제 8 스테이지의 가공

제 1열에 2개의 피어싱 가공과, 제 2열에 11개의 피어싱 가공을 한다. 그리고 제 6열에 14개의 피어싱 가

공을 동시에 한다.

(9) 제 9 스테이지의 가공

제 1열에 3개의 피어싱 가공과, 제 2열에 11개의 피어싱 가공을 한다. 그리고 제 6열에 14개의 피어싱 가공을 동시에 한다.

(10) 제 10 스테이지의 가공

평탄도를 맞추고 금형수명을 위하여 아이들스테이지(idle stage)로 한다.

(11) 제 11 스테이지의 가공

제 10 스테이지와 같이 아이들스테이지로 한다.

(12) 제 12 스테이지의 가공

노칭(notching)가공을 한다.

(13) 제 13 스테이지의 가공

제 12 스테이지와 같이 아이들스테이지로 한다.

(14) 제 14 스테이지의 가공

트리밍(trimming)가공을 한다.

3.1.2 이송 잔폭 결정

블랭크 형상에 직변과 원호로 되어있으므로 이송잔

폭은(1.0~1.2)t이나 최대 1.0 mm이어서 노칭펀치의 수명을 고려하여 2 mm로 한다[1-4].

따라서, 이송잔폭의 크기는 2.0 mm이다.

3.1.3 이송피치결정

제품의 폭(11.0 mm)과 이송잔폭(2.0 mm)의 합이 이송피치이므로 이송피치는 13.0 mm이다. 스트립레이아웃 설계도면은 Fig. 3과 같다.

3.2 니들펀치와 휠 설계

3.2.1 펀치지름 결정

$\phi 0.8\text{ mm} \sim 1.49\text{ mm}$  일 때 펀치 날부의 최대길이는 4~6 mm이므로 5 mm로 한다[1-3].

3.2.2 펀치생크 설계

펀치생크 길이가 55 mm를 초과하므로 생크의 지름을 5 mm로 할 때 펀치생크의 최대길이는 60 mm 이어야 한다[1-3].

3.2.3 스트리퍼 가이드(휠기능) 설계

펀치의 수가 200개 정도되므로 휠을 도입할 때 휠의 머리지름이 최소 9 mm이므로 펀치 플레이트의 면적이 협소하므로 설치불가능하여 휠대신 스트리퍼가이드 방식으로 하여 펀치를 보지하기로 하였다. 클리어런스는 편측 0.035로 한다.

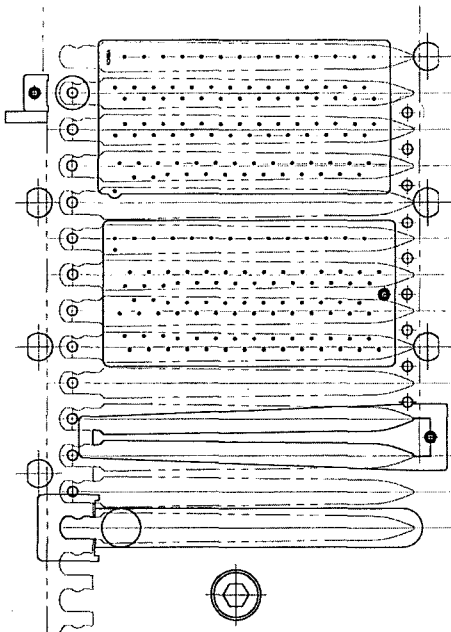


Fig. 3. 스트립 레이아웃

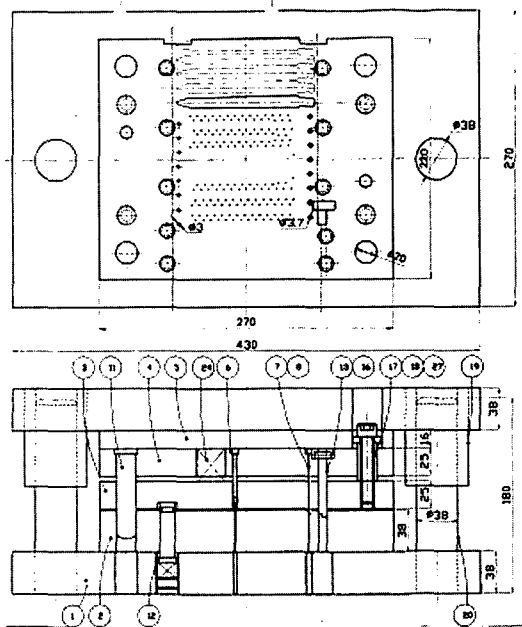


Fig. 4. 금형조립도와 하형도

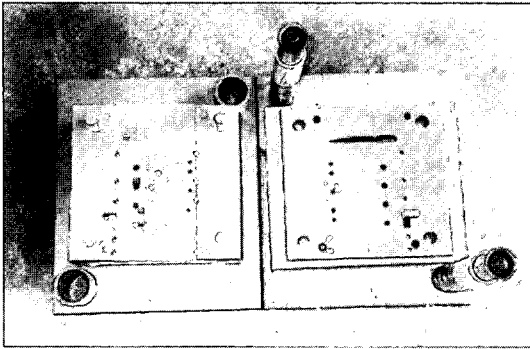


Fig. 5. 제작 완료된 퍼퍼레이팅 금형

### 3.3 다이구멍치수결정

퍼어싱 다이구멍치수는 퍼어싱 펀치치수에 양측클리어런스를 플러스하면되나 미세공 퍼어싱이므로 편측 클리어런스를 3.5%로 한다. 다이 상면(上面)인 1번째와 스트레이트 랜드부인 2번째를 최대로 초정밀 다듬질한다.

### 3.4 금형각부 설계와 조립

개발목표인 프로그레시브 퍼퍼레이팅 금형의 구조설계는 이 금형에 필요한 모든 부품에 대하여 설계를 수행하였다. 그 중 조립도에서의 단면 정면도와 하형도를 Fig. 4에 표기한다.

### 3.5 금형부품제작과 조립

부품도면에 따른 제작은 외주가공으로 하였으며 금형열처리는 자체에서 수행하였고 특히 방진가공(W-EDM) 후의 모든 부품에 대하여는 변질층과 잔류응력 해소를 위하여 고온 템퍼링을 실시하였고, 특히 펀치와 다이플레이트에는 표면경화처리로 질화처리를 하였다. 펀치의 다듬질 또한 초정밀 다듬질로 하였다.

제작 완료조립된 금형은 Fig. 5와 같다.

## 4. 트라이얼 및 수정 보완

연구개발 내용에서 스트립 레이아웃으로 입안된 스테이지별 가공(제1스테이지에서 제14스테이지까지)을 트라이얼 하기 위하여 다음과 같은 장비를 사용하였다.

사용프레스는 국내산 CS파워프레스 110톤(SPM45)으로 하였다(Fig. 6).

수동으로 조작하여 10 스트로크 작동하는 중 큰 문제 발생이 없었으므로 자동으로 작동시켰더니 100스트로크에서 펀치의 절손현상이 발생되어 프레스가 작동을 멈추었다.

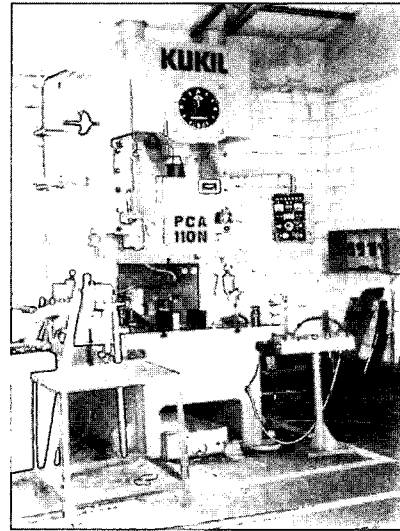


Fig. 6. 트라이얼용 CS 프레스

자세히 관찰하여 보니 제 6 스테이지의 제 1열에 설치한 1개의 펀치와 제 9 스테이지의 제 1열에 설치한 3개의 펀치와 제 7 스테이지의 제 9에 설치한 3개의 펀치가 절손되었다. 펀치플레이트에 설치한 펀치들의 하면에 단차의 불일치와 열처리 결함, 다이구멍치수의 설계미스, 연마결함, 표면경화처리의 인성부족 등의 원인을 예측하여 수정보완하여 다시 조립하였다.

약 6개월에 걸쳐 시험 생산을 수행하였으며 제품(네일파일)의 치수에는 하차가 없었으나 간혹 펀치의 절손현상이 많았으므로 펀치전체(200개)를 재제작하여 다시 조립하였다.

스텝핑시에는 펀칭유를 스프레이하였고 다시 제작한 펀치에서는 1차 제작한 펀치보다 절손현상이 줄었으며 1000스트로크에서 2~3개의 펀치가 절손되므로 예비펀치를 준비하여 절손시마다 교체하고 있다.

Fig. 7은 Fig. 3의 스트립 레이아웃에 의하여 퍼퍼레이

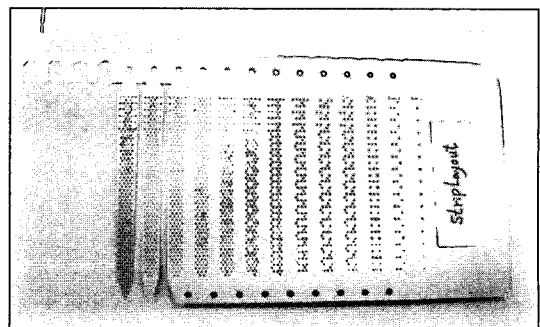


Fig. 7. 퍼퍼레이팅 가공후의 제품

이팅 가공된 Fig.1의 제품으로써 연구 개발이 성공적임을 보여주는 스크랩이다[6].

## 5. 고 찰

트라이얼 결과에 따른 기대 효과를 고찰 할 때, 연구 개발전의 에칭가공비 80원을 금형으로 가공하므로써 70원의 절감효과를 얻게되고, 생산량에서는 에칭가공시에는 5,000개/8시간 에서 금형에서는 24,000개/8시간의 증가 효과가 있게되고, 총제조원가 비교검토에서는 에칭시 1개당 150원을 금형은 50원을 절감시켜 100원으로 하향 시키게 되었다.

불량률에서는 에칭시 구멍부위에 부식이 잘되지 않는곳이 발생되어 30%의 높은 불량률을 나타 냈으나금형에 의한 퍼퍼레이팅가공은 프레스에 의한 펀치로 가 격 하므로 Fig. 7에서와 같이 1개소에도 뚫리지 않은곳이 없으므로 불량률 0%를 나타나게 하였으므로 연구개발후의 기대효과는 대단히 큰 것으로 판단된다.

## 6. 결 론

(1) 네일파일 소재를 탄소공구강(STC5)에서 스테 인리스(STSP304)로 교체하므로 도금비용을 없애고 발생되던 러스트를 100% 방지 할 수 있다.

(2) 구멍뚫기 가공을 에칭에서 금형에 의한 퍼퍼 레 이팅 가공으로 바꾸게 되므로 가공비를 80% 이상 절감

할 수 있고 종래의 30% 불량률 을 완전히 해소시켜 제조원가 상승을 막을 수 있다.

(3) 구멍뚫기 가공시간을 줄일 수 있어 생산량을 약 480% 증가시킬 수 있다.

(4) 스테인리스재를 사용하므로 고품질의 네일파 일을 생산할 수 있게 되어 수출증가를 기대할 수 있다.

(5) 총 제조원가 절감을 33% 할 수 있다.

## 후 기

본 논문은 산학 공동 기술 연구개발 과제(2002년 5월 쏠라기업과 천안공업대학)의 결과를 수록한 내용으로써 쏠라기업 대표 및 관계 제위님께 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] 김세환, 도해프레스 금형 설계 데이터북, pp. 1-29, 2-5~2-14. 대광서림. 2004.
- [2] 한윤희, 이승희, 프레스금형 설계 자료집, pp. 45-46, pp-110.
- [3] 신양화, 김세환, 프레스 금형의 세부 설계법, pp. 59-61. 기전연구사, 1993.
- [4] 김세환, 프레스 금형의 불량과 대책, pp. 90-98. 대광서림, 2003.
- [5] 김세환, 도해 프로그레시브 금형 설계법, pp. 49-59. 대광서림, 1989.
- [6] 김세환, 산학공동기술개발 최종보고서, 2002. 10.