

미세 다수공 타입의 네일파일 제조용 퍼퍼레이팅 금형 개발

김세환
천안공업대학 금형설계과
e-mail:shk@cnc.ac.kr

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

Sei-Hwan Kim
Dept of Die Design, Cheonan National Technical College.

요 약

네일 파일(nailfile)을 제조할 때 재료는 강판(두께 0.5mm)을 사용하고 가공방법은 외형형상을 만들고 ϕ 0.8~ ϕ 1.0mm의 구멍을 약 300여개 뚫어 완성한다. 이들의 가공방법은 에칭(etching)에 의존하므로 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 하였다. 따라서, 재질은 스테인리스판으로 교체하고 에칭가공 대신 금형으로 가공할 수 있는 프로그레시브 퍼퍼레이팅 금형(progressive perforating die)을 개발하였다.

Abstract

0.5mm thick steel is used to manufacture nail files. The first process is blanking the blank and then make about 300 holes of 0.8~1.0mm 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. The key accomplishments of this research are to change the material from steel to stainless and develop a progressive perforating die in place of etching process.

Key words : nail file, perforating, quill, needle punch, etching.

1. 서론

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

그래서 제조원가의 33%를 에칭가공비가 차지하고 있으므로 제조원가의 상승 원인이 되고 부식제(etching reagent)의 잔류 또한 약해의 문제가 되고 있다.

상기의 문제점을 해결하려면 에칭가공을 배제하고 금형을 이용한 퍼퍼레이팅 가공기술을 개발하여야 한다. 따라서 개발대상의 기술은 미세 다수공을 동시에 펀칭 할 수 있는 프로그레시브 퍼퍼레이팅 금형(progressive perforating die)의 개발이다.

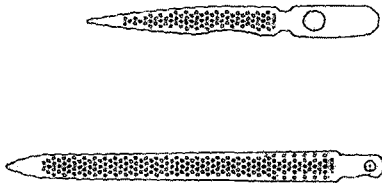


Fig.1 다수공타입의 네일파일

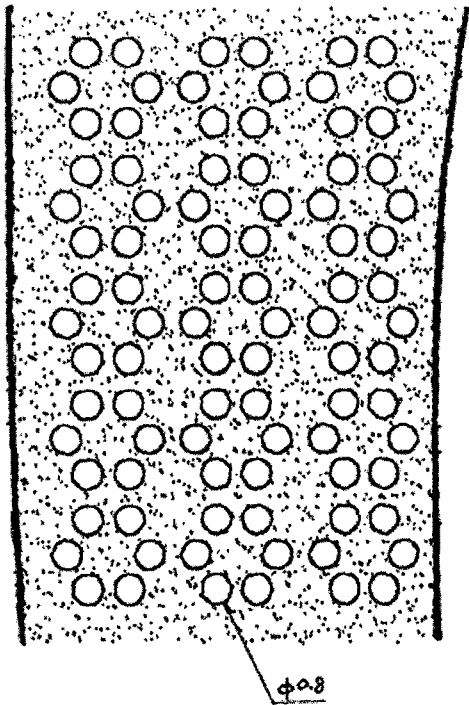


Fig.2 네일파일의 다수공(φ 0.8mm)

2. 연구개발의 필요성

SK5제나 SUS304제의 얇은판($t=0.5\text{mm}$)에 작은구멍($\phi 0.8\text{mm}$)을 다수개 일사불란하게 정렬하면서 뚫는 것을 퍼퍼레이팅이라 한다. 금형으로 퍼퍼레이팅 가공을 하려면 펀치와 다이블록이 필요하다. $\phi 0.8\text{mm}$ 의 가는 펀치는 가공재를 타격할 때 치핑이나 좌굴, 절손등에 견디어야 피어싱이 가능하다. 문헌이나 성공 사례등에서는 $\phi 1.0\text{mm}$ 이하의 피어싱 펀치는 쿠일(quill)과 니들 펀치(needle punch)를 사용하고 다이블록은 부싱 다리로 하고 있지만 퍼퍼레이팅 가공에 연계 시킬때 펀치는 절손되고 있다. 그래서 모두 예칭 가공에 의존하고 있는 것이다[1~3].

예칭가공은 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 과제에서는 오일러식(Euler's formul)에서 제시하고 있는 가는 펀치의 지름과 최대 하한 길이를 초과한 더 작은 지름과 더 긴 길이로 할 수 있도록 니들 펀치와 쿠일 또는 비트 펀치(bit punch)와 어댑터 쿠일의 구조와 작동원리를 개발하고 이에 따른 스트립레이아웃(striplayout)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. 예칭가공에 따른 제조원가의 상승은 국제시장에서의 가격경쟁을 이길 수 없고, 특히 스텔보다는 스테인리스재를 선호하기 때문에 반드시 퍼퍼레이팅 금형개발을 성공시켜 고품질의 제품과 제조원가를 60% 이상 절감하여 수출신장에 기여하여야 하므로 연구의 필요성을 절실히 갖게 하였던 것이다.

2.1 기존기술의 문제점과 개선방향

2.1.1 문제점

다수공(多數孔)타입의 네일파일은 손톱을 다듬는 줄(file)인데 국내의 동종 생산업체에서는 매월 80여 개국으로 250만개씩 수출되는 미용기구이다. 네일파일을 제작할 때는 주재료로 철판을 사용하여 프레스로 블랭크(blank)를 만들고 블랭크의 상·하면에 줄눈을 세워 사포(sappho)의 역할을 하게 한다. 이 사포는 어느 정도 사용하면 마모되어 기능을 다 하지 못하므로 보완개선 된 것이 블랭크 상·하면에 줄눈대신 사파이어 입자(sapphire grain)들을 집착제로 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($\phi 0.8\text{mm}$)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 증가 되었지만 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 612mm²(윗면 5.5mm, 아랫면 12.5mm, 길이 68mm, 두께 0.5mm)이다. 이 면적에 ϕ 0.8mm의 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 철제이므로 녹(rust)이 발생되고 있으니 소재를 녹이 나지 않는 비철재료를 사용하거나 녹방지 처리(rust-proofing)를 철저히 하라는 바이어의 요구사항이 추가되었다.

2.1.2 개선방안

- (1) 네일파일 소재를 탄소공구강(SK5)에서 스테인리스(SUS304)강으로 교체
- (2) ϕ 0.8mm의 구멍뚫기방법을 에칭으로 하지 않고 퍼퍼레이팅 가공으로 교체

3. 연구개발내용

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 다음과 같이 하여 스트립 레이아웃을 입안하였다 [5].

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

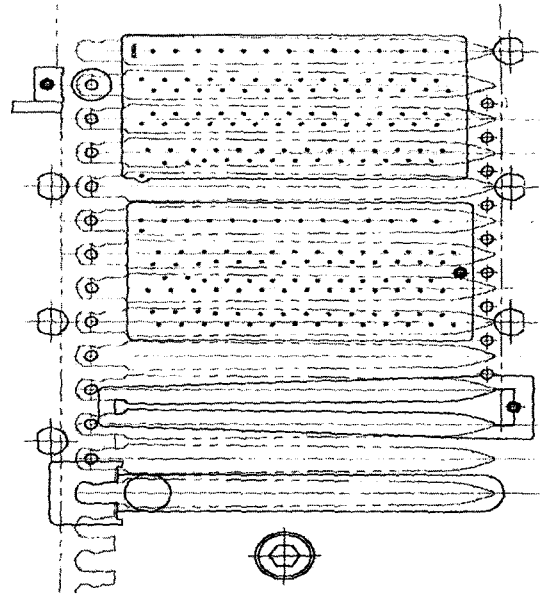


Fig.3 스트립 레이아웃

3.2 니들펀치와 쿠일 설계

3.2.1 펀치지름 결정

ϕ 0.8mm~1.49일 때 펀치 날부의 최대길이는 4~6mm이므로 5mm로 한다[1~3].

3.2.2 펀치생크 설계

펀치생크길이가 55mm를 초과하므로 생크의 지름을 5mm로 할 때 펀치생크의 최대길이는 60mm 이하이어야 한다[1~3]

3.3 다이구멍치수결정

피어싱 다이구멍치수는 피어싱펀치치수에 양측클리어런스를 플러스하면되나 미세공 피어싱이므로 편측 클리어런스를 3.5%로 한다. 다이 상면(上面)인 1번면과 스트레이트 랜드부인 2번면을 최대로 조정할 다듬질 한다.

3.4 금형각부설계와 조립

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

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

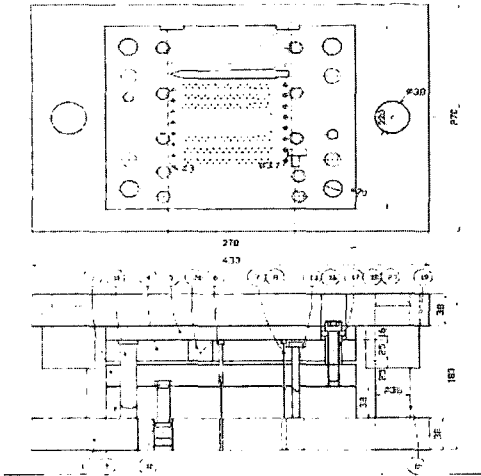


Fig.4 금형조립도와 하형도

3.5 금형부품제작과 조립

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

제작 완료조립된 금형은 Fig.5와 같다.



Fig.5 제작 완료된 퍼퍼레이팅 금형

4. 트라이얼 및 수정 보완

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

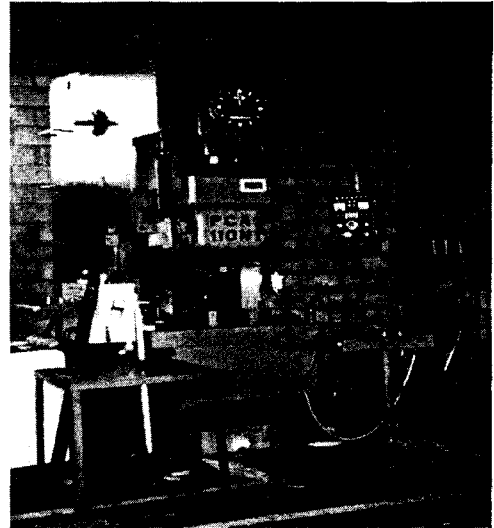


Fig.6 트라이얼용 CS 프레스

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

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 하자가 없었으나 간혹 펀치의 절손현상이 많았으므로 펀치전체(200개)를 재제작하여 다시 조립하였다.

스탬핑시에는 펀치유를 스프레이하였고 재제작한 펀치에서는 1차 제작한 펀치보다 절손현상이 줄었으며 1000스트로크에서 2~3개의 펀치가 절손되므로 예비펀치를 준비하여 절손시마다 교체하고 있다.

Fig.7은 Fig.3의 스트립 레이아웃에 의하여 퍼퍼레이팅 가공된 Fig.1의 제품으로써 연구 개발을 성공적으로 완료케 한 스크립이다[6].

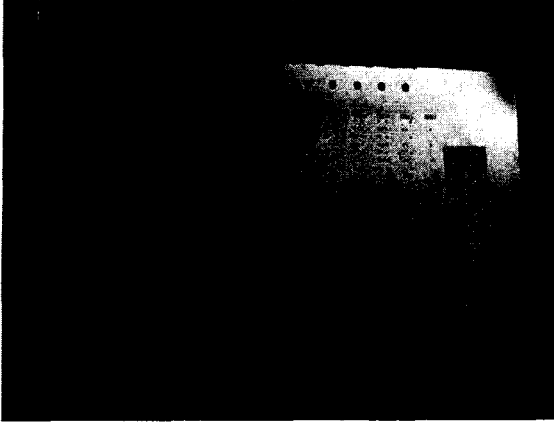


Fig.7 퍼퍼레이팅 가공후의 제품

- [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

5. 결론

(1) 네일파일 소재를 SK5에서 SUS304로 교체하므로 도금비용을 없애고 발생되던 러스트를 100% 방지 할 수 있다

(2) 구멍뚫기가공을 에칭에서 금형에 의한 퍼퍼레이팅 가공으로 바꾸게 되므로 가공비를 80%(에칭가공비 50원, 금형에 의한 가공비 10원) 이상 절감할 수 있고 종래의 30% 불량률을 완전히 해소시켜 제조원가 상승을 막을 수 있다.

(3) 구멍뚫기 가공시간을 줄일 수 있어 생산량을 약 480% 증가시킬 수 있다.(에칭가공시 생산량 : 5,000EA/8시간, 퍼퍼레이팅 가공시 생산량 : 24,000EA/8시간)

6. 후기

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. 기전연구소. 1993