

# 인코넬 718을 이용한 항공기 부품의 최적 절삭가공 조건에 관한 연구

## A Study on the Optimum Cutting Conditions for Aircraft part using Inconel 718

\*# 차진훈<sup>1</sup>, 한상보<sup>2</sup>

\*#Jinhoon Cha(hiturbo@kyungnam.ac.kr)<sup>1</sup>, Sangbo Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>경남대학교 기계자동화공학부

Key words : Inconel 718, Cutting Condition, Compressor case, Aircraft part

### 1. 서론

항공·우주산업과 같은 첨단 분야에서는 고정도, 고신뢰성, 고강도 및 우수한 내열성, 내부식성, 내마모성 등을 요구하는 부품 수요가 급속도로 증가하는 실정이고, 특히 항공기 엔진 부품은 안정적이고 우수한 성능 구현을 위하여 보다 다양한 조건을 요구한다.

이러한 다양한 요구조건을 만족시키는 부품의 생산을 위해 다양한 소재들이 개발되어 사용되고 있으나 대부분의 소재는 절삭성이 떨어지는 난삭재라는 공통점이 있다.

이러한 난삭재 소재중 Inconel 718 합금강의 경우 절삭 가공시 발생하는 높은 절삭온도로 가공경화가 발생하여 공구의 수명 단축을 초래하고, 생산 부품에 큰 열 변형이 발생하기도 한다.

이와 같은 문제점을 해결을 위하여 절삭공구의 변경으로 가공성을 개선하거나, 난삭재 가공법인 고속가공법을 이용한 가공 특성을 분석하거나 동일계열 합금소재의 가공 특성을 통해 가공성을 유추하기도 하였다.<sup>[1][4]</sup>

본 연구에서는 Inconel 718 합금강의 최적의 절삭가공 조건 도출을 위하여 Inconel 718 합금강의 절삭 가공시의 특성 분석을 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이를 변수로 선정하여, 변수들의 변화에 따른 절삭력의 변화를 알아보고, 표면 거칠기의 측정 및 분석을 통해 난삭재인 Inconel 718합금강의 최적의 가공 조건을 선정하고자 한다.

### 2. Inconel 718 소재 특성

Ni 합금강인 Inconel계열 합금강은 내열성이 우수하고, 경도 및 강도의 우수성과 합금 조성비의 조절로 다양한 특성을 가지는 제품들 생산이 가능함으로 인해서, 고가이고 난삭재라는 결점이 있음에도 불구하고 수요가 증가하고 있다.

이러한 Inconel계열 합금강중, Inconel 718 합금강은 화학적 조성이 Ni를 기반으로, 18% 정도의 크롬, 18%의 철, 1%의 티탄, 1% 이하의 알루미늄·망간·규소로 이루어져 있고, 신장·인장강도·항복점등 여러 기계적 성질이 600℃ 정도까지 대부분 변화하지 않는 등의 우수한 기계적 성질을 가지고 있고, 유기물·염류용액에 대해서도 부식이 발생하지 않으며, 특히 900℃ 이상의 산화기류 내에서도 산화하지 않고, 황을 함유한 대기에도 침지되지 않는 장점을 가지고 있어, 고온의 산화 연소 가스를 방출해야 하는 항공기 엔진 부품으로 사용 빈도가 증가하고 있다.

Table 1 Chemical composition of Inconel 718 alloy (Wt%)

Element	Wt(%)	Element	Wt(%)
Ni	Bal.	Si	0.07
Fe	18.20	Co	0.35
Cr	17.75	C	0.02
Mo	3.00	Ti	1.02
Nb	5.21	Mn	0.07
Ta		Al	0.423

Table 2 Material properties of Inconel 718 alloy

Ultimate tensile strength	550 - 790 [MPa]
Yield strength (0.2% offset)	550 - 790 [MPa]
Elongation in 50mm	12 [%]
Elastic modules (Tension)	211 [GPa]

Table 1은 연구에 사용된 Inconel 718 합금강의 합금 성분 조성비를 나타내고, Table 2는 기계적인 특성을 나타내고 있다.

### 3. 최적 가공조건 선정 실험

Inconel 718 합금강의 가공 특성을 알아보기 위한 실험은 절삭속도는 100m/min을 시작으로 20m/min씩 증가시켜 160m/min까지로, 이송속도는 0.2mm/rev, 0.5mm/rev, 0.7mm/rev로, 절삭 깊이는 0.2mm, 0.3mm, 0.5mm, 1.0mm로 절삭조건을 선정하였다.

절삭 속도의 선정은 기존의 Inconel 계열 합금강관련 연구<sup>[1][4]</sup>를 바탕으로 선정 하였고, 절삭력 측정은 KISTLER 9257B 변형율식 공구동력계를 이용하였으며, 공구동력계에서 검출된 절삭력 신호를 증폭시킨 후 A/D변환기로 디지털화 하였다.

일반적으로 평균 거칠기( $R_a$ )는 이송 속도( $f$ ), 공구 노우즈 반경( $r$ )로 정의 할 경우  $R_a = f^2/8r$ 로 계산된다.<sup>[5][6]</sup> 따라서 절삭인서트의 노우즈 반경이 표면 거칠기에 미치는 영향을 최소화 하기 위하여 가공시 마다 새로운 인서트를 사용하여 동일한 실험 조건을 유지하였다. 실험에 사용된 인서트는 초경합금 인서트(CNMA 1204)와 공구 홀더(PCLNR/L 2525M-12)이고, 절삭유의 공급을 배제한 건절삭으로 실험을 실시하였으며, 자세한 실험 조건은 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Cutting conditions

Cutting speed	100,120,140,160 (m/min)
Feed rate	0.2, 0.5, 0.7(mm/rev)
Depth of cut	0.2, 0.3, 0.5, 1.0(mm)
Tool holder	PCLNR/L 2525M-12
Insert	CNMA 1204
Nose radius	0.8mm
Cutting fluid	none

Table 4 Cutting forces(N) corresponding to various cutting conditions

Cutting speed (m/min)	Feed rate (mm/rev)	Depth (mm)			
		0.2	0.3	0.5	1.0
100	0.2	1130.21	1508.97	2443.87	5127.49
	0.5	1879.11	2635.85	4163.56	8299.65
	0.7	2588.79	3813.54	5510.67	10891.5
120	0.2	765.18	1156.7	1867.63	1885.19
	0.5	1390.37	2068.93	3477.35	3464.5
	0.7	1765.7	2875.41	4428.92	5161.83
140	0.2	942.35	1360.25	2107.09	3813.54
	0.5	1557.53	2380.2	3792.06	5942.9
	0.7	2623.29	3507.86	5372.05	8315.05
160	0.2	842.68	942.35	1416.66	4263.92
	0.5	1499.16	1655.83	2722.57	7122.26
	0.7	2443.87	2709.52	3476.57	9535.03

Table 4는 가공 조건별로 획득한 절삭력의 크기를 보여주고 있는데 절삭력은 절삭 속도가 120m/min에서 다른 가공 조건에 상관없이 절삭력이 상대적으로 작음을 알 수 있고, 절삭속도가 낮은 100m/min에서 크게 발생함을 알 수 있었는데, 이는 가공속도 120m/min정도부터 고속가공의 특성이 나타난 것으로 사료된다.

일반적인 절삭가공시 나타나는 특징인 절삭깊이와 이송속도

가 증가하면 절삭력의 크기도 증가함을 알 수 있다. 즉, 이송 속도가 커질 경우 절삭속도의 크기에 상관없이 절삭력이 커짐을 알 수 있고, 절삭 깊이의 경우 0.2mm와 0.3mm에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 1.0mm에서는 대폭적으로 증가함을 알 수 있다.

또한 절삭력은 절삭 속도가 동일 할 경우 이송 속도보다는 절삭 깊이의 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 가공 조건에 따른 표면 거칠기

절삭 조건에 따른 표면 거칠기 측정을 위하여 접촉식 표면 거칠기 측정기를 사용하였고, 축침의 이동 속도가 0.5mm/sec 이므로 4mm의 기준길이에서 거칠기 값들을 획득하였으며, 0.8mm의 cut off 값을 가지도록 설정하여 측정하였다.

가장 우수한 표면 거칠기 값은 낮은 가공속도, 적은 이송속도 및 절삭깊이가 적을 경우이고, 이는 공작물과 가공 툴 사이의 적은 마찰력으로 가공이 이루어짐으로 가능 하다고 생각 할 수 있다. 절삭력의 경우 가공 속도가 120m/min에서 대체적으로 적은 절삭력을 가졌으나 표면 거칠기에는 그 영향이 미미한 것으로 나타났다.

절삭속도 140m/min일때 이송 속도와 절삭 깊이에 따른 표면 거칠기가 Fig. 1에 주어지 있다. 이송 속도와 절삭 깊이가 커질수록 표면 거칠기가 불량해 짐을 알 수 있고, 이송 속도보다는 절삭 깊이의 변화가 표면 거칠기에 미치는 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다. 절삭 깊이가 0.2mm와 0.3mm사이에는 표면 거칠기가 거의 같은 수준을 가짐을 알 수 있고, 절삭 깊이가 0.5mm이상일 경우에는 표면 거칠기가 급속히 불량해 짐을 알 수 있다

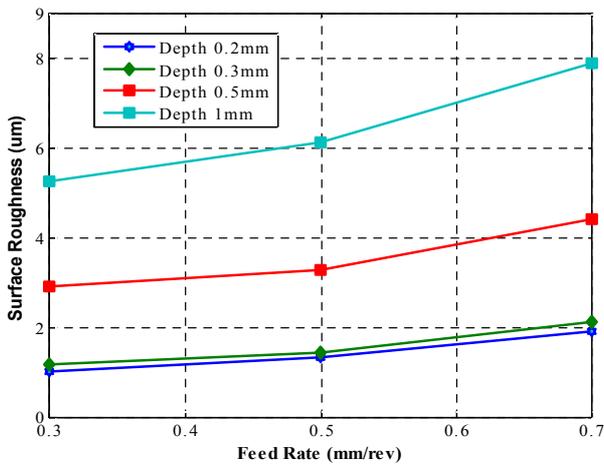


Fig. 1 Surface roughness with respect to cutting condition (Cutting speed 140m/min)

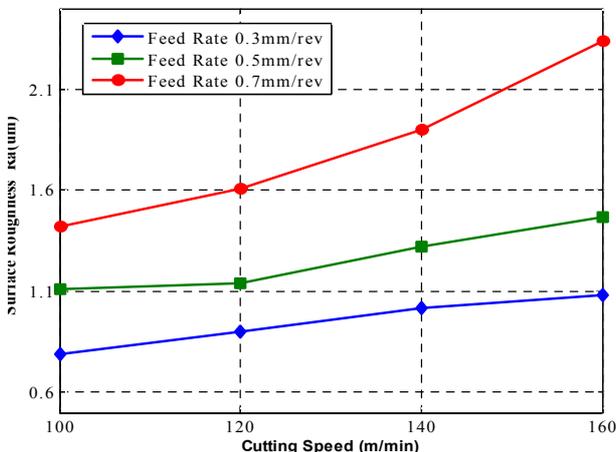


Fig. 2 Surface roughness with respect to cutting condition (Depth of cut 0.2mm)

우수한 표면 거칠기 확보를 위하여 가장 작은 절삭 깊이 0.2mm일 때 절삭 속도 및 이송 속도에 대한 결과가 Fig. 2에 주어지 있다. 역시 이송속도가 크고 절삭속도가 빠를 경우 표면 거칠기가 불량해 짐을 알 수 있고, 0.7mm/rev의 이송속도를 가지는 경우에는 절삭속도의 증가가 미치는 영향이 크다.

#### 5. 결론

고가의 난삭재료 항공기 엔진 부품 소재로 사용 되어지는 Inconel 718 합금강의 최적 절삭조건을 찾기 위해 초경합금 인서트를 이용한 절삭 실험을 통해 가공속도, 이송속도, 절삭 깊이에 따른 절삭력의 측정과 공작물의 표면 거칠기 측정으로 다음의 결론을 알 수 있다.

(1) Inconel 718 합금강은 절삭 속도(100, 120, 140 및 160m/min) 중, 120m/min에서 다른 절삭 속도들보다 절삭력들이 상대적으로 적게 나타났고, 절삭속도 100m/min에서 절삭 깊이에 관계없이 절삭력이 전반적으로 크게 나타났다.

(2) Inconel 718 합금강의 표면 거칠기는 동일 절삭 조건에서 절삭 깊이가 커질수록, 이송 속도는 증가할수록 불량하게 되고, 절삭 깊이가 표면 거칠기에 미치는 영향이 가장 크다.

(3) 낮은 이송 속도와 적은 절삭 깊이로 가공 하더라도, 절삭 속도가 증가하면, 공구와 공작물의 접촉부 마모현상으로 인한 마찰력 증가로 체터링이 발생하고, 이는 표면 거칠기를 불량하게 한다.

(4) 실제 항공기 부품 생산시 제품의 요구 정밀도에 따른 가공 조건을 선정하여, 최상의 제품생산이 가능한 조건을 찾을 수 있다.

(5) 100m/min보다 낮은 절삭속도로 가공시의 특성을 분석이 필요하고, 절삭유를 사용한 절삭 가공에서의 특성 변화연구가 지속 되어야 할 것 이다.

#### 후기

본 논문은 지식경제부의 “2008 지역공동기술개발사업”지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. 황경충, 윤종호, 최재하, 김정성, “인코넬 690 합금의 절삭성에 관한 연구,” 한국공작기계학회논문집, Vol.11, 87-94, 2002.
2. 김석원, 박희범, 이득우, 김정석, “Inconel718의 고속가공 특성 평가,” 한국정밀공학회, 춘계학술대회논문집, 182-185, 1998
3. 김진남, “Plasma 고온가공법을 이용한 Inconel 718 선삭가공에 관한 연구,” 한국정밀 공학회, 춘계학술대회논문집, 80-87, 1998
4. G. Appa Rao, M. Srinivas, D.S. Sarma, “Effect of thermomechanical working on the microstructure and mechanical properties of hot isostatically pressed superally Inconel 718,” Materials Science and Engineering A 383, 201-212, 2004.
5. 한정식, 조형찬, 정종윤, “가공면의 표면 거칠기에 관한 연구,” 한국산업경영시스템학회, 춘계학술대회논문집, 2005.
6. 장성민, 조명우, “다구찌 방법에 기초한 단면 절삭에서 절삭파 리미터 영향에 관한 연구,” 한국공작기계학회, 춘계학술대회 논문집, 111-116, 2003