

SUS410 황상공정시간 단축을 위한 최적가공조건 도출에 관한연구

Study of optimal cutting condition for SUS410

*신유인¹, 이종민¹, 김수진¹, #송철기¹, 김윤환²

*Y. I. SHIN¹, J. M. LEE¹, S. J. KIM¹, #C. K. SONG(cksong@gnu.kr)¹, Y. H. KIM²

¹ 경상대학교 기계항공공학부, ²(주)부경

Key words : SUS410, Optimal Cutting Condition, DOE

1. 서론

최근 항공 및 기계 산업의 발달로 높은 인장강도와 큰 피로강도 등의 특성을 가지는 재료의 필요성이 대두되고 있다. SUS410은 항공 산업 및 내부식성과 내산화성이 요구되는 기계 산업에 전반적으로 사용되고 있다.

SUS410은 마르텐사이트계의 스테인리스강으로써 높은 항복점과 인장강도, 피로강도를 가지고 있으며 특히 상온에서 강자성을 보이며 고강도 구조물에 주로 이용된다. 이와 같은 SUS410의 성질적 특성 때문에 가공에 많은 어려움이 따른다.¹

본 연구에서는 대표적 난삭재인 SUS410의 생산성 향상을 위해 실험계획법(Design of experiments)를 통하여 SUS410의 가공 공정 시간을 단축시킬 수 있는 조건을 찾을 것이다.

2. 배경 및 선행조사

2.1 SUS410

SUS410은 마르텐사이트계 스테인리스강의 기본강으로써, 크롬성분을 최소 11.5% 함유하고 있다. Table 1에서는 SUS410의 화학적 성분을 나타내며 Table 2에서는 스테인리스 410계 강의 기계적 성질을 나타낸다.

Table 1 Chemical compositions SUS410

	C	Mn	Si	P	S	Cr
SUS410	Min	-	-	-	-	11.5
	Max	0.15	1.00	1.00	0.04	0.03
		Ni	Mo	Ni	N	
	Min	0.75	-	0.75		
Max						

Table 2 Mechanical properties of 410 grade stainless

Tempering Temperature (°C)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength 0.2% Proof (MPa)	Elongation (% in 50 mm)	Hardness Brinell (HB)
Annealed*	480 min	275 min	16 min	-
204	1310	1000	16	388
316	1240	960	14	325
427	1405	950	16	401
538	985	730	16	321
593	870	675	20	255
650	755	575	23	225

2.2 인서트

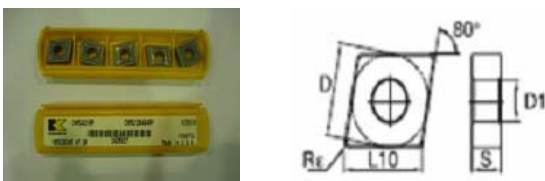


Fig. 1 Tool geometry

Table 3 Geometry of the tool

ISO catalog number	ANSI catalog number	D		L10		S		R _c		D1	
		mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch
CNMG120404RP	CNMG431RP	12.70	1/2	12.90	0.508	4.76	3/16	0.4	1/64	5.16	0.203

본 연구에서 채택된 인서트는 정밀가공업체에서 보편적으로 SUS410을 가공하기 위하여 사용되어지는 KENAMETAL사의 (CNMG120404RP)이다. Fig. 1과 Table 3에서 인서트의 형태를 나타낸다.

2.3 실험설계

SUS410의 가공시간 단축을 위해 실험계획법을 사용하였다. 본 연구에서의 가공성 평가에 사용된 제어인자(control factor)는 Vc (cutting speed, m/min), DOC (depth of cut, mm), Feed rate (mm/rev)이며 결과는 가공시간 (time, sec)이다. 실험계획법의 강건 설계는 SN비 (signal to noise ratio)를 사용한다. SN비는 목적함수 즉 특정치에 의해 그 정의가 달라지는데 본 연구에서는 망소특성(small the better)을 갖는다. 망소특성의 경우 $L(y) = kE(y^2)$ 로 표현되는 기대손실을 작게 해주기 위한 $E(y^2)$ 의 추정 값인 평균표준편차 (mean squared deviation, MSD)를 식(1)과 같이 나타낸다.

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (1)$$

MSD는 0으로부터의 평균제곱편차를 의미한다. 따라서 데시벨로 나타내는 SN비로 $10 \log(MSD)$ 로 사용할 수 있으나 SN값을 크게 하는 것이 좋은 것으로 하기 위하여 아래와 같이 사용한다.

$$SN = -\log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2)$$

여기서 n 은 측정값의 수를 y_i 는 측정된 특성 값을 나타낸다. 망소특성의 경우 기대값 $E(y^2)$ 의 최소화는 SN비의 최대화와 관계가 있다. 따라서 SN비 값이 클수록 결과는 향상된다고 할 수 있다.²

3. 실험적 연구

3.1 실험 방법

실험계획법에서 직교배열표를 사용하는 이유는 재현성과 최적조건 선정 시 안정성을 보장하고 실험의 크기를 최소화하며 실험에 많은 영향인자와 수준을 포함시킬 수 있기 때문이다. 따라서 Table 4에서와 같이 직교배열표(L₈3⁴)를 작성하여 실제 가공에 적용되고 있는 조건을 수준 2로 두고 가공 범위를 설정하였다. SUS410에 대한 1회 가공은 외경에서 내경까지 200mm를 가공하는 것으로 하였다.

Table 4의 조건으로 9회씩 2번에 걸친 실험 결과는 Table 5와 같다. 실험계획법에 따라 각 인자들의 수준에 맞추어 가공 실험을 진행하였다.³

Table 4 Factor and levels for machining

	Vc (m/min)	DOC (mm)	Feed rate (mm/rev)
1	100	1.5	0.25
2	150	2.0	0.30
3	200	2.5	0.35

Table 5 Orthogonal array table for machining test

Exp. No.	Vc (m/min)	DOC (mm)	Feed rate (mm/rev)
1	100	1.5	0.25
2	150	2.0	0.30
3	200	2.5	0.35
4	100	2.5	0.30
5	150	1.5	0.35
6	200	2	0.25
7	100	2	0.35
8	150	2.5	0.25
9	200	1.5	0.30

3.2 오차 범위(Error range)

가공 실험의 오차 요소로 NC Program, 피삭재의 센터링을 들 수 있으며 각각의 항목에 대한 오차 범위를 Table 6에서 나타내었다.

Table 6 Error range table for experiment

NC Program	Centering
0.03 mm	0.05 mm

3.3 실험결과

2회 실험을 통하여 각 실험에 대해 측정된 데이터의 평균을 구하여 데이터의 신뢰성을 확보하였다.

SN 비의 각 인자수준별 일원 표와 SN 비의 분산분석표를 작성하기 위해 각 인자의 수준별 합계(Table 8)를 구하고 이들의 합계와 평균을 구하였다. 다음으로 각 인자의 변동을 구하고 인자의 변동은 S로 표기하였다.

편차(Deviation)는 각 인자의 최대값과 최소값의 차이이다. 그리고 P.C.(Percentage contribution)는 각 인자의 변동과 인자 변동의 합의 비를 % 단위로 나타낸 것이다. 이 값은 오차항이 없기 때문에 편차가 가장 작은 인자를 오차 항으로 보고 오차항의 편차와 오차 항을 제외한 각 인자의 편차의 비를 계산하고 이를 유의수준(level of significance, LOS)이라 한다.

Table 7 Comparison of measured roughness data

	Vc (m/min)	DOC (mm)	Feed rate (mm/rev)	#1	#2
				Time(s)	Time(s)
1	100	1.5	0.25	752	754
2	150	2.0	0.30	445	453
3	200	2.5	0.35	311	311
4	100	2.5	0.30	637	650
5	150	1.5	0.35	392	392
6	200	2	0.25	406	406
7	100	2	0.35	556	556
8	150	2.5	0.25	520	520
9	200	1.5	0.30	351	351

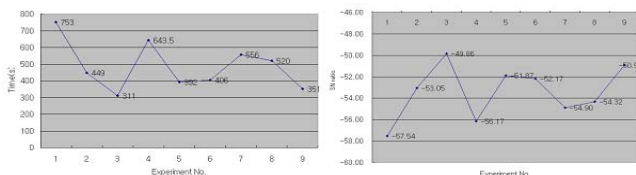


Fig. 2 Measured time and SN ratio

Table 8 Analysis of variance table about Time

	Vc (m/min)	DOC (mm)	Feed rate (mm/rev)
1	-168.6088	-160.3178	-164.0265
2	-159.2311	-160.1173	-160.1228
3	-152.9319	-160.3467	-156.6224
sum	-480.7717	-480.7717	-480.7717
Avg.	-160.2572	-160.2572	-160.2572
S	41.4876	0.0100	9.1457
Deviation	15.6769	0.1905	7.4041
P.C.(%)	67.3654	0.8185	31.8160
LOS	0.02%	0.00%	0.11%

가공시간에 대한 분산분석표에서의 유의수준은 99%에서 유의한다. 신뢰구간의 폭(confidence interval)은 오차항의 T-분포표를 참고하여 구하였다.

4. 결론

본 연구의 결과는 SUS410의 가공시간적인 관점에서 볼 수 있다. 상기의 데이터를 토대로 최적의 절삭 조건이 되는 인자의 수준을 Table 9에서 보여준다.

Table 9 Optimal cutting condition through the machining

Condition	SN ratio for Time	Optimal condition
Vc2DOC2Feed2	-52.99	Standard
Vc3DOC2Feed3	-49.72	Time

1. 시간에 대한 최적 가공 조건은 Vc3DOC2Feed3이다. 즉 Vc=200(m/min), DOC=2.0(mm), Feed rate=0.35(mm/rev)이다.
2. DOC의 경우 공정 시간적인 측면에서는 영향을 미치지 않는다.

이러한 실험결과를 토대로 2차 가공실험을 통한 본 연구의 검증시험 및 각 조건에 대한 공구의 마모도 분석이 요구되어지며, 이를 통하여 연구에서 얻어진 최적의 절삭조건이 실제 가공공정에 적용 가능 여부를 판단하게 될 것이다.

후기

본 연구는 경상대학교 2단계 BK21 사업과 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. A. Kumar Dubey, V. Yadava, 2007, 'Simultaneous optimization of Multiple Quality Characteristics in Laser Beam Cutting Using Taguchi Method', International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.8, No.4, pp.10~15
2. H.J. Kang, H.J Kim, W.S. Chu, S.H. Ahn, 2006, 'Fabrication and Characterization of Micro parts by Mechanical Micro Machining: Precision and Cost Estimation', Korea society for precision Engineering, Vol. 23, No.4, pp. 91-98, 2006
3. Y.I. SHIN, J.C. YEO, W.S. CHU, C.Y. AHN, S.H, AHN, C.K. SONG, 2008, 'Experimental study of optimal cutting condition in INCONEL718', Korea society for precision Engineering, pp.349~350