

SNCM616 합금강을 이용한 진원도와 치수정밀도 분석

Roundness and Dimensional Accuracy Analysis using SNCM616 Alloy Still

최철웅¹, 김진수², 신미정^{2*}

Chul-Woong Choi¹, Jin-Su Kim², Mi-Jung Shin^{2*}

〈Abstract〉

In this study, it was aimed to find the optimal cutting conditions by measuring and analyzing the dimensional accuracy of SNCM 616 alloy steel, which is commonly used in industry, by precision hole machining using Ø25 mm and 8-blade reamer in CNC-HBM to be. As a result of the roundness and dimensional accuracy, it was found that the spindle speed had a significant effect on the dimensional tolerance value. Optimum cutting conditions are spindle speed 25 rpm and feed rate 20 mm / min.

Keywords : dimensional accuracy, Reamer Machining, Boring Machining

1 주저자 대명하이텍,과장

2 2저자 한국폴리텍7대학 컴퓨터응용기계과

3* 2저자,교신저자 한국폴리텍7대학 컴퓨터응용기계과

E-mail : lifevoyage@naver.com

1 Dea-Myoung HITEC

2 College of Computer Application Mechanical, Korea Polytechnic UNIV

3* College of Computer Application Mechanical, Korea Polytechnic UNIV

1. 서론

절삭가공에서 가공 정밀도에 직접적 영향을 미치는 주요 인자로는 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이 등이 있다. 일반적으로 이송속도를 증가시키면 형상 오차가 커지게 되고 주축의 회전수를 증가시키면, 공구 수명이 짧아지는 결과를 초래한다.[1-8]

최근의 추세는 다품종 소량생산의 확대와 고도제품에 대한 수요 증가에 의해 전문가공 및 정밀가공의 필요성이 더욱 커지고 있다. 이에 따라 공작물의 정밀 측정 또한 중요하다.[9]

특히 금속을 가공함에 있어서 드릴링, 리밍, 보링, 탭핑 등과 같은 홀(Hole) 작업들은 모든 가공 공정들의 1/3 가량을 구성한다고하며 거의 모든 가공공정에 포함될 수밖에 없는 공정으로 생산성에도 많은 영향을 주고 있다.[10,11]

홀(Hole)가공방법 중에서 드릴가공의 이상적인 결과는 원하는 위치에 원하는 치수의 구멍이 수직으로 뚫리는 것이다. 그러나 실제로는 드릴 선단부의 비대칭성, 회전축의 편심, 횡방향 진동 등에 의하여 가공정밀도가 떨어지지만 그럼에도 불구하고 드릴가공은 구멍을 내기 위한 주요 기계작업이다. 모든 금속의 절삭 작업 중 드릴가공은 전체의 30%를 차지하고 있을 만큼 매우 중요한 작업이다. 특히 트위스트 드릴은 원동형의 구멍과 기존 구멍의 크기를 넓히는데 가장 폭넓게 사용되고 있다.[12,13]

최근 절삭가공의 추세는 높은 압력으로 다듬질양이 많은 공작을 한 후 연삭을 하지 않고 보링, 리밍과 같은 전가공에서 곧바로 호닝으로 정밀 다듬질을 실시하는 방법이 성행하고 있다.[14]

고 경도강의 구멍 가공을 고속으로 가공시 진동(Vibration)에 의해 흔들림 또는 마찰열 등

을 발생시켜 제품의 진직도, 표면거칠기, 원통도 등의 불량으로 제품 불량률을 증가 시키고 있다.[6,9,15]

본 연구는 산업현장에서 터빈로타(Rotor), 크랭크축, 피스톤핀, 방탄강판 등에 일반적으로 사용되는 SNCM 616 합금강을 CNC HBM(Horizontal Boring Machine)에서 $\varnothing 25$ mm, 길이가 268 mm 리머공구를 사용하여 홀(Hole)을 정밀하게 가공 후 진원도 및 치수정밀도를 측정하고 분석하여 최적의 절삭조건을 제시하는데 목적이 있다.

2. 실험장치 및 재료

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 가공장비는 HBM으로 Forest Siret에서 생산한 840C 모델이며, 가공방법은 Fig. 1에 도시하였으며, Fig. 2는 실험 가공장비이며, 세부 사양은 Table 1에 나타내었다.

진원도 측정은 자이스(Zeiss) 브릿기 타입의 3차원 측정기를 이용하여 자동 측정을 실시하였다. 진원도 측정을 위한 측정 장비는 측정범위가 1 m^3 에 가까운 $900 \times 1500 \times 700$ mm 이고 Fig. 3에 나타내었으며, 세부사양은 Table 2와 같다.

치수 정밀도를 측정하기 위한 장비는 Fig. 4이고 사양은 Hexagon사의 CNC 정밀 비접촉 측정용 기기인 SVM 4030 DCC Standard이며, 3축 CNC 제어시스템으로 비접촉 CNC 시스템에서 컴퓨터로 측정하였다. 치수측정 장비의 세부사양은 Table 3과 같고 가공된 시편의 치수 정밀도 측정 위치는 Fig. 5에 나타내었다.

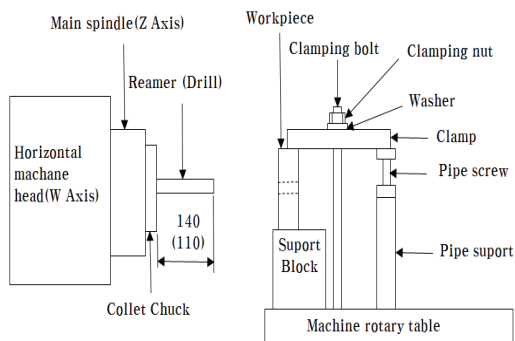


Fig. 1 Schematic diagram of experimental



Fig. 4 Dimension-measuring device



Fig. 2 HBM Machining Equipment

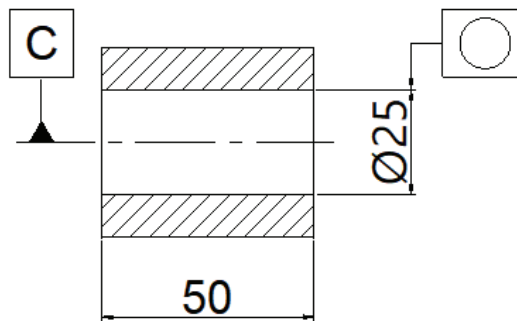


Fig. 5 Measuring position



Fig. 3 3D measuring metrology

Table 1. Machining Center specification

Item	Specification	
Manufacturer	Forest Siret	
Model	840C	
Table size [mm]	1600×2000	
Main spindle speed [rpm]	630	
Main spindle taper	BT No. 40	
Stroke [mm]	X-axis	8000
	Y-axis	3200
	Z-axis	1050
	Z-axis	800

Table 2. 3D measuring device Specification

Item	Specification
Manufacturer	Zeiss corporation (Germany)
Model	Zeiss XENOS
Driving method	Linear drive
Length measurement error	$0.3 + L/1000 \mu\text{m}$
Dimension(mm)	900×1500×700

Table 3. Specifications of the non-contact measuring instrument

Item	Specification	
Machine type	SVM 4030 DCC Standard	
Strokes(mm)	400×300×200	
External dimension(mm)	866×903×1015	
Weight(kg)	280	
Max.Part weight	16Kg	
Accuracy	XY axis	$3.0+L/150$
	Z axis	$6+L/150$
Speed	80mm/s	
Scale	Resolution $1 \mu\text{m}$	
CCD	High-precision industrial color CCD	
Light source	Rim light	- Green LED, luminance controlled by software - White LED, luminance controlled by software
Optical system	Manual zoom lens	
Software	VMS 6.0	
Motion control	High-precision control card	
Working environment	$20 \pm 2^\circ \text{C}$, Humidity 45%~75%	
Power source	$220\text{v} \pm 10\%$ 50Hz, Reliable grounding is required (less than 4Ω)	

2.2 절삭공구

본 실험에 사용된 절삭공구는 외경 $\varnothing 24.0$, 초경드릴(Carbide twist drill)과 외경이 각각 $\varnothing 24.5$, $\varnothing 25.0 \text{ mm}$ 의 고속도강(SKH51) 리머를 사용하였다. Fig. 5은 이지원사의 드릴과 유림정밀사의 리머를 사용하였고 Table 3, 4은 드릴공구와 리머공구의 형상과 치수를 나타내었다.



(a) Carbide Twist Drill



(b) Reamer (SKH51)

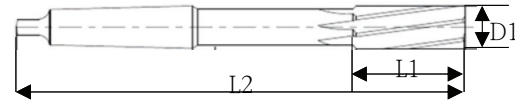
Fig. 6 Twist Drill and Reamer tools

Table 4. Dimension and shape of drill(mm)

Carbide Twist Drill				
material		Carbide-TIN Coating		
D2	d	L1	L2	angle
24	32	170	110	140°

Table 5. Dimension and shape of reamer(mm)

MT.Shank SP FL Chucking Reamer		
material	SKH51	
number of flutes	8	
D1	L1	L2
24.5, 25.0	68	268



3. 실험방법 및 고찰

3.1 실험방법

연구 실험을 위해 준비된 SNCM616 합금강의 화학성분은 Table 6과 같다. 150×150×50 mm의 소재 20개를 준비하였으며, 소재의 가공 전·후의 시편은 Fig. 7과 같다. 먼저 소재를 Fig. 1과 같이 고정하고 $\varnothing 24.0$ 드릴을 장착하여 Fig. 8과 같이 소재를 관통하여 가공하였다. 가공시 수용성 절삭유를 사용하였으며, 절삭유의 혼합비율은 20 : 1로 희석하였고 절삭유 타입은 Table 7과 같다. 드릴링 작업 후 $\varnothing 24.5$ 리머를 이용하여 홀(Hole) 정밀가공 후 $\varnothing 25.0$ 리머로 한번 더 정밀가공을 한 후에 진원도와 치수 정밀도를 측정하여 분석하였다. 절삭가공 조건은 스피들 속도는 20 rpm에서 35 rpm, 이송속도는 15 mm/min에서 30 mm/min 으로 변경하였으며, 실험조건은 Table 8과 같이 결정하였다.

본 연구는 $\varnothing 25.0$ 리머를 사용하여 홀(Hole)가공 후 Fig. 5와 같이 진원도와 치수정밀도 공차를 측정하였다.

3.2 실험고찰

길이 268 mm의 긴 리머공구를 이용하여 가공 후 진원도를 측정하여 분석한 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 전체 스피들속도 영역 중에서 20 rpm과 35 rpm에서 진원도 오차가 크게 나타났다.

또한 전체 스피들 속도 영역 중에서 30 rpm에서 일정한 값이 나타났지만 25 rpm에서 진원도 24.9984로 비교적 안정적인 값이 나타남을 알 수 있었다. Fig. 9에서 치수 차이가 나타나는 이유는 리머 절삭공구의 길이가 길어 절삭저항에 의한 떨림이 발생한 것으로 생각되며, 이송속도보다는 스피들 속도에 따라 진원도에 미치는 영향이 크게 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 10에서 치수정밀도를 분석하면 스피들속도 25 rpm 과 이송속도 20 mm/min 에서 치수가 $\varnothing 25.02$ 로 치수공차가 가장 정밀하게 나타났고 스피들속도 30 rpm과 이송속도 30 mm/min 일 때 $\varnothing 25.036$ 으로 치수정밀도 오차가 가장 크게 나타남을 알 수 있었다.

이송속도의 평균값을 비교 분석하면 이송속도보다 스피들속도가 치수공차에 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다.

진원도와 치수정밀도를 측정한 결과 치수공차의 경우 일반적인 가공에서 스피들속도가 높고 이송속도가 적을 때 진원도 및 치수정밀도가 뛰어난 것으로 나타났다. 하지만 $\varnothing 25$ 의 긴 리머 공구로 SNCM 616 합금강을 구멍가공을 할 때 스피들속도가 높은 30 rpm 에서 치수공차가 많이 발생되며, 그것은 스피들속도가 높을수록 공구와 모재간의 마찰 및 진동이 발생하여 치수정밀도가 나쁘게 나타났다고 판단된다. 또한 이송속도 30 mm/min 에서 치수 정밀도가 나쁜 것은 스피들속도에 비하여 이송속도가 높아 리머에 과도한 절삭력이 전달

되어 흔들림이 발생된 것으로 판단된다. 따라서 최적의 스피indle속도는 25 rpm, 이송속도는 20 mm/min 임을 알 수 있었다.

Table 6. Chemical composition of SNCM 616 (KS D 3709)

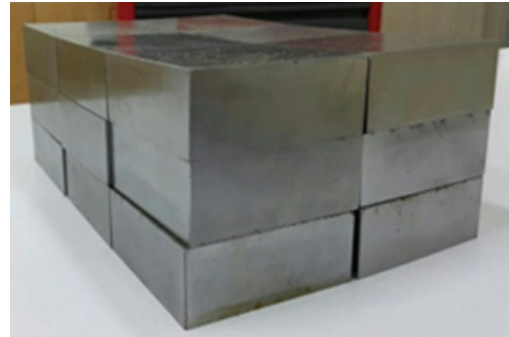
Element	New Code	Old Code
	SNCM 616 (%)	SNCM 26 (%)
C	0.13~0.20	
Si	0.15~0.35	
Mn	0.80~1.20	
P	0.30 or less	
S	0.30 or less	
Ni	2.80~3.20	
Cr	1.40~1.80	
Mo	0.40~0.60	

Table 7. Type of water soluble cutting oil

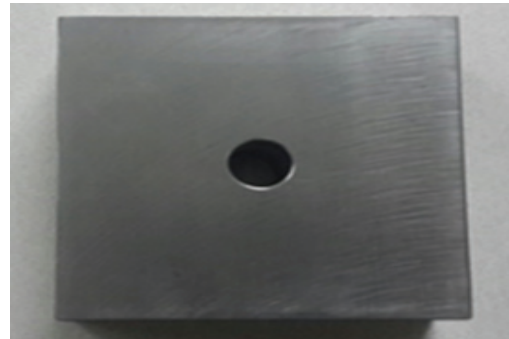
Product name	Superedge 47K (A)
Product code	465473-KR01
Manufacturer	Castrol
Producer	Bipi korea
GHS Classification	Material/uses of mixtures sharing metals-water soluble(5%)

Table 8. Experimental conditions of cutting process

Workpiece	Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth of cut (mm)
SNCM 616	20	15	50
	25	20	
	30	25	
	35	30	



(a) Previous experiments



(b) After the experiment

Fig. 7 Photograph of SNCM 616 alloy steel

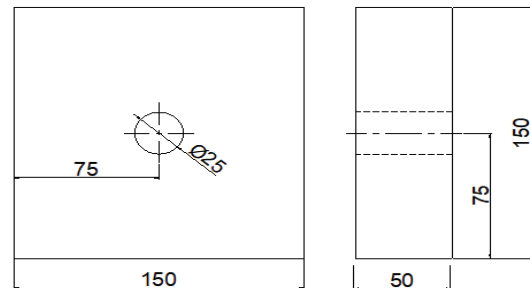


Fig. 8 Hole position and size

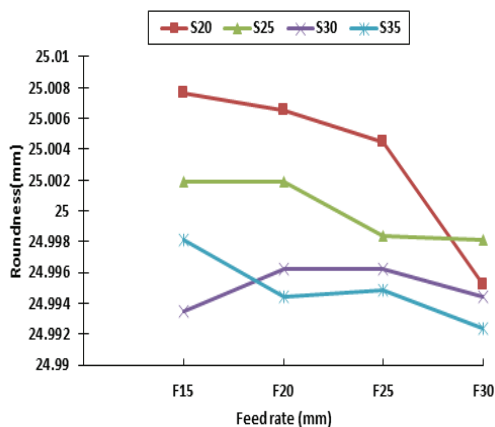


Fig. 9 Roundness measurement analysis of cutting speed of feed rate

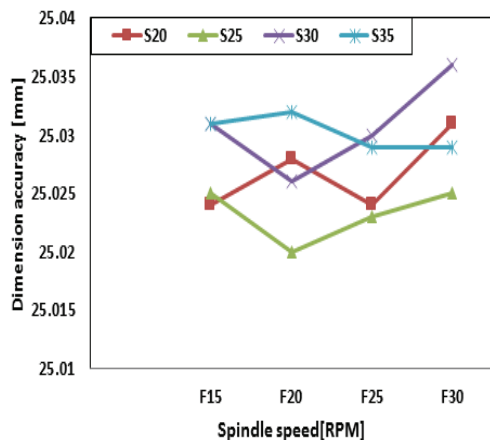


Fig. 10 Dimensional Accuracy measurement analysis of cutting speed of feed rate

4. 결론

터빈 Rotor, 크랭크축, 프로펠러축, 피스톤핀, 방탄강판 등에 사용되는 재료인 SNM 616 합금강을 CNC HBM에서 고속도강 재료의 $\varnothing 25$ mm, 길이 268 mm 리머로 구멍가공을 하였을 때 스핀들속도와 이송속도의 변화를 통해 진원도와 치

수정밀도 특성은 다음과 같은 결론을 보였다.

1. 진원도를 측정한 결과 스핀들속도 영역중에서 30 rpm에서 일정한 값이, 25 rpm 에서는 안정적인 값이 나타났다. 가장 정밀한 진원도 값 $\varnothing 24.9984$ mm의 절삭조건은 스핀들속도 25 rpm, 이송속도 25 mm/min 임을 알 수 있었다.
2. 치수정밀도를 측정한 결과 치수가 가장 정밀한 $\varnothing 25.02$ mm의 절삭가공 조건은 스핀들속도 25 rpm, 이송속도 20 mm/min 임을 알 수 있었다.
3. 진원도 및 치수정밀도에서 이송속도보다는 스핀들속도가 진원도 및 치수정밀도에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다.
4. 고속도강 $\varnothing 25$ mm, 길이 268 mm 리머로 SNM 616 합금강을 구멍 가공하였을 때 이송속도 보다는 스핀들속도가 홀(Hole)의 치수공차에 미치는 영향이 크며 최적의 절삭조건은 스핀들속도 25 rpm, 이송속도 20 mm/min 임을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Lee, Y. C., Kwak, T. S., and Kim, G. N., Lee, J. R., "High-speed Machining Technology using CNC Machining Center Equipped with Attachment Type High-Speed Spindle", J. of KSMPE, Vol. 11, No. 2, pp. 152-158, 2012.
- [2] Shin, M. J., Choi, C. W., "A Study on Dimensional Accuracy in Circular Pocket Machining of SCM415 Steel", J. of KSMPE, Vol., No., pp., 2019.
- [3] Choi, J. G., Kim, H. S. and Kim, S. C., "A Study on the Optimum Finish Allowance for Machining Accuracy Improvement in the End

- Milling Processes”, Journal of the Korean society of machine tool engineers, Vol. 13, No. 3, pp. 8-14, 2004.
- [4] Chung, M. S., “A Study on Transition of Dimension Error and Surface Precision in High Speed Machining of Al-alloy”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 9, No. 3, pp. 96-102, 2000.
- [5] Yoon, J. H., Seo, S. W., and Lee, H. C., “A Study on the Effect of Dimensional Errors and Roundness in High Speed Cylindrical Machining of Al-alloy”, Journal of the Korean society of machine tool engineers, Vol. 10, No. 5, pp. 17-27, 2000.
- [6] Kim, Y. K., “A Study on the Optimum Cutting Condition in Reamer Machining of SNCM616 Alloy Steel”, A Thesis for a Master, Kyeongsang National University, Republic of Korea, 2018.
- [7] Doo, S., Hong, J. W., and Suh, N. S., “A Study on the Cutting Force and Machining Error on the Inclined Plane in Ball-end Milling”, J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 18, No. 7, pp. 112-119, 2001.
- [8] Shin, M. J., Kim, I. S., and Kim, J. H., Kim, J. S., Kim, M. K., “Hardness Machining Characteristics using the SCM415 Still”, J. of Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 16, No. 2, pp. 44-49, 2017.
- [9] Oh, B. J., “A Study on Development of V-Reamer for high Accuracy cutting”, A Thesis for a Master, JinJu National University, Republic of Korea, 2003.
- [10] Kim, M. H., “A Study on Vision Measurement System and Dynamic Signal Analysis for Improving Hole Accuracy in Drilling.”, Doctorate Thesis, Jeonbuk University, Republic of Korea. 2009.
- [11] Kahng, C. H., Ham, I., “A study on sequential quality improvement in hole-making processes.” Annals of the CIRP Vol. 24, No. 1, pp. 27-32, 1975.
- [12] Lee, S. J., “About improvement of machining accuracy of drilling work”, J. of KSME., Vol. 30, No. 1, pp. 29-35, 1990.
- [13] Rou, H. J., “A Study on the Optimization of Drilling Operations(1): Optimization of Machining Variables for Drilling Operations”, IE interfaces, Vol. 12, No. 2, pp. 337-345 1999.
- [14] lee. S. S., kim, M. J., and Jeon, E. C., “A Study on the Tool Performance Through the Accuracy of Hole in Honing Using the Diamond Reamer”, Graduate School, Dong-A University, research works of the graduate school, Vol. 26, pp. 393-408, 2001.
- [15] Su, F., Wang, Z., and Yuan, J., Cheng, Y., “Study of thrust forces and delamination in drilling carbon-reinforced plastics (CFRPs) using a tapered drill-reamer”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 80, No. 5-8 pp. 1457-1469, 2015.