

SCM415강에 대한 캄드릴링 특성연구

김진수*[#]

*한국폴리텍대학 컴퓨터응용기계과

A Study on the Characteristics of Chamdrilling for SCM415 Steel

Jin-su Kim*[#]

*College of Computer Application Mechanical, Korea Polytechnic UNIV.

(Received 06 January 2021; received in revised form 24 March 2021; accepted 30 March 2021)

ABSTRACT

This study analyzes machining characteristics and presents optimal cutting conditions by measuring the surface roughness, dimensional accuracy, and dimension straightness based on the feed rate after processing the inner diameter hole of SCM415 steel using an automatic CNC(Computerized Numerical Control) lathe. The testing material was cut using an 11.8 mm-diameter Chamdrill after mounting the 32 mm-diameter round bar on an automatic CNC lathe. The cut depth was set at 3 mm, and the cutting speed was fixed at 1500 rpm. The surface roughness, dimensional accuracy, and dimension straightness of 15 testings were measured by changing the feed rate to 0.05, 0.1, and 0.15 mm/rev, respectively. It was difficult to process more than 15 tests during the machining due to noise or break. Additionally, the optimum cutting of SCM415 steel showed excellent surface roughness in the 10th and 11th of testing at cutting speed and feed speed of 1500 rpm and 0.05 mm/rev, respectively. The dimensional accuracy was measured in three dimensions after drilling, which showed good results with an average range of 0.0138-0.0208 mm. Moreover, the lower the feed speed, the higher the accuracy. Additionally, the measurement results of the dimensional straightness showed that the straightness is the best at the 1th and 2th cutting regardless of the feed speed.

Key Words : Chamdrill(캄드릴), Surface Roughness(표면거칠기), Automatic CNC Lathe(자동CNC선반), Dimensional Straightness(치수 직진도), Dimensional Accuracy(치수정확도), SCM415

1. 서 론

드릴 가공은 재료에 일정한 구멍을 뚫기 위한 기계공작의 한 과정이다. 모든 금속의 절삭 작업 중에서도 드릴 가공은 전체의 약 30%를 차지하고 있을 만큼 매우 중요한 작업이다^[1]. 과거의 드릴

가공은 드릴의 강성 및 동적 대칭성에 한계가 있었기 때문에 대부분 높은 정밀도를 필요로 하지 않는 구멍의 가공이나 예비구멍 가공 용도로 많이 사용되어 왔다^[2]. 하지만 최근 산업현장에서는 생산성 및 경제성이 요구되는 높은 정밀도의 가공을 필요로 하고 있으며, 고경도 공구 재료에 대한 연구개발이 진행되어 왔으나, 취성파괴뿐만 아니라 관리 및 고비용으로 인해 일반 피삭재 가공시에는 고속도강(High speed steel: HSS)이 널리 사용되고

Corresponding Author : smj1437@kopo.ac.kr
Tel: +82-52-290-1573, Fax: +82-52-290-1519

있다^[2], 본 실험에 사용된 공구는 표준 트위스트 고속도강 드릴로 구멍 가공 깊이가 직경의 5배 이하이므로 구멍 가공 공정에 적합하다. 이 때, 구멍 가공 깊이가 직경의 3배 이상인 경우 칩 배출을 원활히 하고 공구를 냉각시키기 위하여 펙 드릴링(peck drilling)을 실시하도록 권장하고 있다^[3,4].

드릴의 경사각과 트위스트 드릴의 역할이 전체 기계가공 시간의 20 % ~ 25 %를 차지하는 것으로 평가되고 있는데, 절삭홀의 가공시 칩 배출이 얼마나 용이한가에 따라서는 공구의 마모 및 수명을 결정하게 되므로 공구의 선택은 소재만큼이나 중요하다^[1]. 또한 절삭가공에서 가공 정밀도에 직접적 영향을 미치는 주요 요인으로서 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이 등이 있는데, 일반적으로 이송속도를 증가시키면 형상 오차가 커지게 되고 주축의 회전수를 증가시키면, 공구 수명이 짧아지는 결과를 초래한다^[4-14].

따라서 본 연구는 산업현장에서 사용되고 있는 CNC(자동선반기계를 이용하여 SCM415강의 내경홀을 가공한 후, 이송속도에 따른 표면거칠기, 치수 정확도 및 치수 직진도를 측정하여 가공 특성에 대해 분석하고 최적의 절삭 조건을 제시하는데 목적이 있다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치 및 재료

본 실험에 사용된 가공 장비는 (주)한화에서 제조된 자동선반 장비로서 모델명은 XD38 II이며, Fig. 1에 실험 장비를 Table 1에 자동선반의 사양을 나타내었다.

실험에 사용된 표면거칠기 측정장비(Mitutoyo Co., Surftester SJ-210)는 Fig. 2와 같고, 실제 측정 실험에 사용한 측정 장치에 대한 세부 규격은 Table 2와 같다.

기하 공차의 직진도 측정은 자이스(Zeiss) 브릿지 타입의 3차원 측정기를 이용하여 자동 측정하였다. 3차원 측정 장비는 Fig. 3에, 세부사양은 Table 3와 같다. XENOS의 측정범위는 1 m³에 가까운 900 × 1500 × 700 mm 이다. 이 측정 장치는 마찰이 발생할 수 있는 드라이브 대신 모든 축에

리니어 드라이브를 사용하여 빠른 속도와 가속도, 그리고 높은 정확성을 가졌으며 전단력(Shear force)이 없다^[12]. 그리고 가볍고 내구성이 좋으며 온도 변화에도 영향을 받지 않는 등의 정확한 결과를 산출할 수 있다^[10].

실험에 사용된 소재는 산업현장에서 많이 사용하는 소재인 SCM415이며, Ø32 mm 인 소재를 사용하였다. SCM415의 화학성분은 Table 4에 나타내었고 가공도면은 Fig. 4에 도시하였다.

시편은 15개 이상 가공시 소음이상 발생 및 파손이 발생하므로 이송속도당 시편은 15개씩 총 45개를 사용하였다.



Fig. 1 CNC automatic lathe for experiments

Table 1 Automatic Lathe specification

Item		Specification
Manufacturer		Hanwha
Model		XD38 II
Max. Turing (mm)		φ38
Max. Stroke (mm)	main	320
	sub	280
spindle speed [rpm]	main	6,500
	cross drill(main)	6,000
	sub	6,500
	back tool	6,000



Fig. 2 Photograph of surface roughness taster.

Table 2 Specifications of the non-contact measuring instrument.

Item	Specification
Manufacturer	Kosaka laboratory corporation
Model	Surfcoder-F501
Driving Method	One reciprocation
Driving speed (mm/sec)	Measurement : 0.002~10 Auto return : 2~10
Measuring values	Ra, Rz, Rmax(Ry), Pq, Pp, Rq, Rt, Rv
Cut-off values available	0.08, 0.25, 0.8, 8, 25
Dimension (mm)	600×395×593



Fig. 3 3D measuring instrument

Table 3 specification of 3D measuring instrument

Item	Specification
Manufacturer	Zeiss corporation(Germany)
Model	Zeiss XENOS
Driving Method	Linear drive
length measurement error	$0.3 + L/1000 \mu m$
Dimension(mm)	$900 \times 1,500 \times 700$

Table 4 Chemical composition of specimens

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
SCM415 (%)	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.6 ~ 0.9	0.03 or less	0.03 or less	0.9 ~ 1.2	0.25 or less	0.15 ~ 0.3	0.3 or less

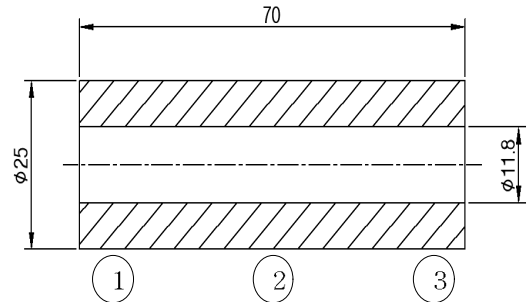


Fig. 4 Machining-drawing and measurement location

2.2 절삭공구

본 실험에 사용된 절삭공구는 드릴 공구 지름이 $\phi 11.8$ mm인 캄드릴를 이용하여 작업하였다. 이 드릴은 내부로 절삭유를 공급할 수 있으며, 내구성 및 가공 성능을 향상시켜 매우 안정적인 드릴이다. 또한 날카로운 경사각과 함께 트위스트된 절삭 홈을 가지고 있으며, 인선 끝에 절삭유를 공급하여 칩 배출이 용이 하도록 구성된 인서트 타입의 중공 드릴이다. 캄 드릴 홀더의 세부사항은 Table 5에 나타내었고, 드릴의 절삭날 부위의 세부 사항은 Table 6에 나타내었다.

Table 5 Specifications and dimensions of drill holder

Specification	DNC 115-058-16A-5D	
Dk7(Diameter Center Tolerance)	$\phi 11.8$	
Dh6(Dimension Flanged Tolerance)	$\phi 16$	
Dimensions [mm]	L1(Cutting length)	76
	L2(Blade length)	92.7
	LS(Length Shank)	45
	D3(Diameter)	20

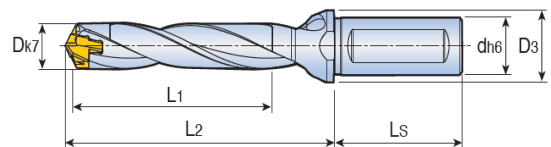
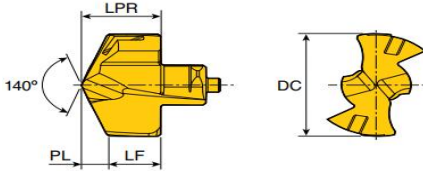


Table 6 Specifications and dimensions of drill head

Specification		ICP118IC908
Dimensions [mm]	DC(Diameter Center)	11.8
	LPR(Overall tool length)	6.6
	PL(Blade length)	1.82
	LF(length Flange)	4.78



3. 실험방법 및 고찰

3.1 실험방법

∅32 mm 환봉을 CNC자동선반에 장착한 후 센터드릴 공정을 하지 않은 상태에서 캄드릴을 이용하여 ∅11.8 mm 가공하였다. 회전수는 1500 rpm으로 고정하였으며, 1회 절삭깊이는 3 mm 씩 아래와 같이 드릴 사이클을 사용하여 가공하였다.

G97 S1500 M3

G0 X0. Z1. T0101 M8

G74 R1.

G74 Z-73. Q3. F0.05 (F0.1, F0.15)

G0 X150. M9

M30

SCM415강의 시편을 CNC자동선반을 이용하여 이송속도 0.05, 0.1, 0.15 mm/rev 로 변경하여 가공하였다. 이송속도 한 조건에서 15개의 시편을 가공하였으며 총 시편 45개를 가공하였다.

표면거칠기 측정은 Fig. 4에서 보이는 것과 같이 길이방향으로 처음과 중간, 마지막 3부분을 측정하여 평균 데이터로 분석하였다.

회전수를 1500 rpm 으로 고정했을 때, 이송속도가 0.05, 0.1, 0.15 mm/rev 일 때의 측정 결과는 각각 Table 6에서 Table 8에 표시하였다.

또한 3차원 측정기를 이용하여 절삭가공 후 치수 정확도 및 직진도를 측정한 결과는 Table 9와 Table 10 에 나타내었다.

Table 6 Surface roughness measurement results [1500 rpm, Feed rate 0.05 mm/rev]

No.	Number of measurements			Average [μm]
	1	2	3	
1	3.595	3.375	3.236	3.402
2	2.679	2.594	2.553	2.609
3	2.872	2.584	2.875	2.777
4	2.337	1.824	2.231	2.131
5	2.217	1.909	2.061	2.062
6	1.748	1.571	1.674	1.664
7	2.015	1.508	1.898	1.807
8	1.475	1.59	1.347	1.471
9	1.555	1.47	1.514	1.513
10	1.303	1.274	1.236	1.271
11	1.171	1.349	1.108	1.209
12	1.418	1.599	1.404	1.474
13	1.388	1.219	1.369	1.325
14	1.423	1.46	1.377	1.420
15	1.824	1.807	1.838	1.823

Table 7 Surface roughness measurement results [1500 rpm, Feed rate 0.1 mm/rev]

No.	Number of measurements			Average [μm]
	1	2	3	
1	3.427	3.662	3.555	3.548
2	3.069	2.988	2.861	2.973
3	3.027	2.923	2.905	2.952
4	2.442	2.065	2.526	2.344
5	2.455	2.095	2.317	2.289
6	1.798	1.761	1.853	1.804
7	2.014	1.929	2.104	2.016
8	2.233	1.823	1.771	1.942
9	1.463	1.723	1.778	1.655
10	1.525	1.408	1.419	1.451
11	1.576	1.512	1.386	1.491
12	1.584	1.623	1.512	1.573
13	1.548	1.529	1.577	1.551
14	1.659	1.661	1.501	1.607
15	1.772	1.778	1.886	1.812

Table 8 Surface roughness measurement results
[1500 rpm, Feed rate 0.15 mm/rev]

No.	Number of measurements			Average [μm]
	1	2	3	
1	3.817	4.3	4.065	4.061
2	2.969	2.929	2.901	2.933
3	3.227	2.908	3.104	3.080
4	2.521	2.154	2.579	2.418
5	2.579	2.23	2.439	2.416
6	1.922	1.902	1.972	1.932
7	2.138	1.664	2.227	2.010
8	2.354	1.938	1.695	1.996
9	1.587	1.848	1.892	1.776
10	1.652	1.573	1.535	1.587
11	1.884	1.647	1.406	1.646
12	1.708	1.828	1.633	1.723
13	1.673	1.425	1.598	1.565
14	1.773	1.796	1.625	1.731
15	1.896	1.905	2.006	1.936

Table 9 Measurement results of dimensional accuracy

No.	Measured data [mm]		
	F0.05	F0.1	F0.15
1	11.8101	11.8123	11.8131
2	11.8102	11.8122	11.8113
3	11.8111	11.8115	11.8166
4	11.8113	11.8131	11.8212
5	11.8122	11.8133	11.8204
6	11.812	11.8117	11.8218
7	11.8112	11.8118	11.8214
8	11.8129	11.8179	11.8182
9	11.8138	11.8183	11.8192
10	11.8152	11.8181	11.8192
11	11.8161	11.8191	11.8202
12	11.8159	11.8259	11.826
13	11.8167	11.8226	11.8236
14	11.8176	11.8278	11.8269
15	11.8211	11.8311	11.8334
Average	11.8138	11.8177	11.8208

Table 10 Measurement Results of Dimension Straightness

No.	Measured data [mm]		
	F0.05	F0.1	F0.15
1	0.0071	0.0075	0.0086
2	0.0072	0.0073	0.0072
3	0.0073	0.0074	0.0097
4	0.0074	0.0086	0.0136
5	0.0079	0.0088	0.0124
6	0.0078	0.0085	0.0185
7	0.0106	0.0116	0.0197
8	0.0134	0.0123	0.0177
9	0.0143	0.0144	0.0154
10	0.0142	0.0141	0.0153
11	0.0148	0.0143	0.0183
12	0.0149	0.0156	0.0184
13	0.0166	0.0165	0.0184
14	0.0169	0.0184	0.0194
15	0.0199	0.0205	0.0215
Average	0.0120	0.0124	0.0156

3.2 실험고찰

절삭유를 공급하는 중공 캄드릴을 이용하여, 절삭깊이를 3 mm로 설정하고 회전속도를 1500 rpm으로 고정하였다. 이때 이송속도를 0.05, 0.1, 0.15 mm/rev로 변경했을 때의 표면거칠기를 측정하였다. 각 이송속도의 조건에서, 하나의 시편당 측정 위치에 따라 표면거칠기 값을 시편당 시편번호에 따른 전체 평균치를 이용하여 Fig. 5에 표시하였다.

Fig. 5에서는 시편당 측정 평균값 그래프에서 보여주듯이, 이송속도 0.05 mm/rev에서는 10번째 시편과 11번째 시편에서 각각 1.271 μm , 1.209 μm 로 가장 이상적인 가공치수가 나타났다. 이송속도 0.1 mm/rev에서는 10번째 시편에서 1.451 μm 로 가장 이상적인 가공치수가 나타났으며, 이송속도 0.15 mm/rev에서는 10번째부터 13번째 시편에서 각각 1.587, 1.646, 1.723, 1.565 μm 로 가장 이상적인 가공치수가 나타났다. 처음 절삭시 표면거칠기는 대체적으로 높은값이 나타났다가 계속된 절삭으로 일정량 마모가 일어날 때 표면거칠기는 우수하였다가 다시 상승함을 알수 있었다.

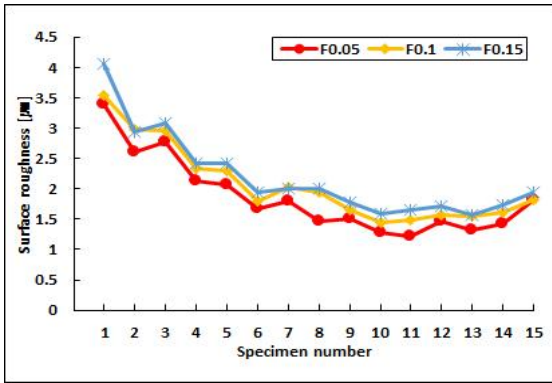


Fig. 5 Surface roughness graph according to feed rate[Average value]

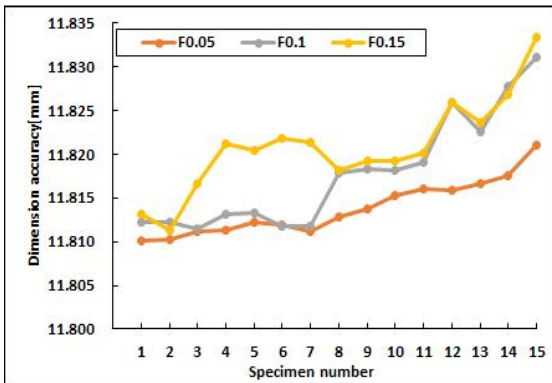


Fig. 6 Dimensional accuracy graph according to feed rate

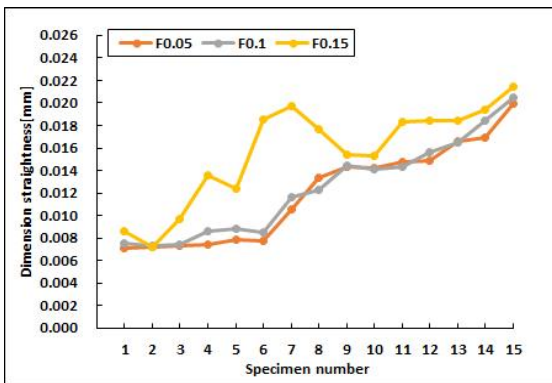


Fig. 7 Dimension straightness graph according to feed rate

또한 3차원 측정기를 이용하여 치수정확도와 직진도를 측정하였다. 각 이송속도의 조건에서, 시편번호에 따른 치수정확도와 직진도의 data를 각각 Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다.

치수정확도 값을 나타낸 Fig. 6에서 보여주듯이, 이송속도 0.05 mm/rev인 경우 평균적으로 11.8138 mm, F0.1 mm/rev인 경우에는 11.8177 mm, 그리고 F0.15 mm/rev인 경우는 11.8208 mm 로 측정되었다. 이는 실제치수인 $\phi 11.8$ mm 보다 크게 가공되었다는 것을 알 수 있으며, 평균값은 매우 양호한 값을 보인다.

또한 Fig. 7에서 나타내듯이, 치수 직진도 역시 이송속도 0.05 mm/rev인 경우 평균적으로 0.0120 mm, 0.1 mm/rev인 경우에는 0.0124 mm, 그리고 0.15 mm/rev인 경우는 0.0156 mm 로 측정되었으며, 시편 1번에서 3번 시편까지의 직진도는 약 7/1000 mm로 이송속도에 관계없이 직진도가 가장 우수하다는 것을 알 수 있으며, 이송속도 0.05 mm/rev, 0.1 mm/rev 는 1번부터 6번 시편까지 7/1000에서 8/1000 mm로 직진도가 우수하므로 두 이송속도에서는 시편에 따른 차이값이 없음을 알 수 있었다.

즉, Fig. 6과 Fig. 7에서 보여주듯이 시험편의 가공수가 점점 늘어날수록 치수정확도 및 치수 직진도의 오차 범위가 상승하는 곡선을 그린다. 이것은 날이 가장 좋을 때 가장 이상적인 가공이 되었으며, 마모가 진행될수록 오차 범위가 커지는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 자동선반을 이용하여 SCM415강을 가공할 시, 회전속도를 1500 rpm으로 고정하고 절삭 깊이를 3 mm로 설정하였다. 드릴 사이클 코드를 이용하면서 이송속도를 각각 0.05, 0.1, 0.15 mm/rev 로 변경하여 가공 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 실험시 15개 이상 가공시 소음이상 및 구성인선으로 인한 날끝 파손 등으로 인하여 15개 이상 가공이 어렵다는 것을 알 수 있었다.
2. SCM415강의 캄드릴을 이용한 홀 가공을 하였

을 때 초기에는 표면거칠기가 높은값을 나타내었고, 계속된 절삭으로 표면거칠기가 양호하였다가 다시 상승하는 현상을 파악할 수 있었다.

3. 드릴 가공 후 치수 정확도를 3차원 측정된 결과, $\phi 11.8$ mm 보다 평균 0.0138 mm에서 0.0208 mm 정도 크게 가공되었다.
4. 치수 정확도 측정결과 이송속도가 낮을수록 정확도가 높다는 것을 알 수 있었다.
5. 치수 직진도 측정결과 이송속도에 관계없이 처음 절삭과 두번째 절삭 이송할 시 직진도가 가장 좋다는 것을 알 수 있었다.
6. 치수 직진도 측정결과 1500 rpm에서는 이송속도 0.05 또는 0.1 mm/rev중 선택하여 가공시 직진도가 우수함을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Yoo, H. J., "A Study on the Optimization of Drilling Operations(1): Optimization of Machining Variables for Drilling Operations " Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 12, No. 2, pp. 337-345, 1999.
2. Hwang C. W., "A Study on the Drilling Operation with Tungsten Carbide Insert Drill Tip by Statistical Analysis", A Thesis for a Master's degree, Polytechnic University, Republic of Korea.
3. Oh, Y. T., Kim, G. D., and Chu, C. N., "Cutting Torque Control in Drilling - Part 2: Drilling Torque Control Using Spindle Motor Current and Its Effect on Drill Flank Wear", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 18, No. 8, pp. 107-115. 2001.
4. 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", Journal of the Korean society of machine tool engineers, Vol. 11, No. 2, pp. 152-158, 2012.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Kim, Y. K., "A Study on the Optimum Cutting Condition in Reamer Machining of SNCM616 Alloy Steel", A Thesis for a Master, Kyungang National University, Republic of Korea, 2018.
10. 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.
11. Kim, J. S., Choi, C. W., and Shin, M. J., "A Study on the Squareness of Circular Pocket Machining of SCM415 Steel", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 7, pp. 42-47, 2019.
12. Choi, C. W., "A Study on Surface Roughness in Circular Pocket Machining of SCM415 Steel", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 7, pp. 77-82, 2019.
13. 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.

14. 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.