

<論 文>

주철의 표면로울링에서 가압력의 영향

육 경 수* · 박 병 성** · 최 재 승***

(1987년 12월 17일 접수)

Relation between Applied Forces and Surface Characteristics on Surface Rolling in Cast Iron

Kweng Soo Yuck, Byung Sung Park and Jae Seung Choi

Key Words : Surface Roughness(표면조도), Surface Rolling(표면로울링), Surface Rolling Tool(표면로울링 기구), Cutting Feed(절삭시의 이송), Rolling Feed(로울링시의 이송), Applied Force(가압력)

Abstract

Surface rolling is one of the plastic deformation processes, which improves surface roughness and increases hardness. The surface rolling tool used in this experiment was specially designed by author for surface rolling on cast iron. The cutting feeds were 0.10mm/rev. and 0.30mm/rev. The applied forces of rolling were in the range of 10kgf to 30kgf with 5kgf differences. The results obtained are as follows. (1) In general the good surface roughness can be obtained with the applied force 25kgf according to surface roughness of the previous turning. (2) The hardness is mainly increased at the first rolling process and is more increased with the increasing applied forces. (3) The reduction of the diameter heavily depends on the original surface roughness. That is, the larger surface roughness is, the larger is the reduction of diameter.

1. 서 론

공작물의 표면을 매끄럽게 다듬질하는 방법에는 크게 두가지로 나눌 수 있다.

연삭, 래핑, 호우닝, 슈우퍼피니싱과 같이 미소량 깎아내는 절삭가공법과 표면로울링, 버어니싱⁽¹⁾과 같은 공작물 표면의凸부를 압괴하여 凹부를 메우는 소성가공법이 있다. 특히 표면로울링은 로울러나 강구로 가압이송하여 가공물 표면을 탄성한도를 넘어선 소성역까지 변형시켜 양호한 표면조도와 경도의 증가 및 피로한도를 향상시킬수 있는 우수한

가공방법이다^(2,3).

60~70여년전에 독일에서 처음으로 Bühler⁽⁴⁾가 표면로울링 가공시에 재료내부에 발생하는 잔류응력에 대하여 연구한 이래로 Iwasche⁽⁵⁾는 공작기계 주철 안내면의 표면로울링에 관한 연구를 하였으며 현재에는 철도차륜의 축경가공, 포신의 내면가공, 레이디얼 드릴링 머시인의 컬럼가공⁽⁶⁾ 등에 응용되고 있다.

기존의 국내연구논문이 주로 연강을 연구재료로 하여 표면조도변화^(7,8), 가압력변화^(9,10), 강구지름변화⁽¹¹⁾, 절삭시 이송의 변화⁽¹²⁾, 가공물 지름변화⁽¹³⁾, 재질변화⁽¹⁴⁾, 로울링 이송방향변화⁽¹⁵⁾, 로울링 회수변화⁽¹⁶⁾, 역방향 이송변화⁽¹⁷⁾에 따른 표면로울링에 관한 연구등이 있으나 회주철에 관한 연구는 거의 없다.

* 정희원, 인하대학교 공과대학 기계공학과

** 정희원, 울산공업전문대학 기계과

*** 인하대학교 대학원

따라서 본 실험에서는 대구중공업(주)의 대형선반 베드면 재질과 동일한 회수철(KS D4301 GC 30)⁽¹⁸⁾시편을 선삭가공하고 볼베어링의 레이스를 이용한 구조로 설계된 볼형 표면로울링기구를 사용하여 로울러 다듬질을 행함으로서 전가공에 따른 가압력이 표면조도에 미치는 영향을 구명하는데 목적을 두었으며 아울러 로울링 회수에 따른 표면조도, 경도 및 직경의 변화량을 실험적으로 구명하였다.

본 연구성과는 주철제품(회주철)(공작기계 본체(베드 및 컬럼), 내연기관의 실린더 블록, 실린더 라이너)의 성능(표면정밀도) 향상에 이용이 기대된다.

2. 실험

2.1 시 편

(1) 시편의 재질

본 실험에 사용한 시편의 재료는 대구중공업(주)의 대형선반 베드용 재료(회주철(KSD 4301 GC 30))를 사용하였으며 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1과 같다.

(2) 시편의 크기 및 종류

시편의 직경은 사용한 대구중공업(주) 시품인 선반 베드 제작시에 동시 주조시편용 재료($\phi 30\text{mm}$)로서 제작가능한 최대직경을 택하여 $\phi 27\text{mm}$ 로 하였다.

시편가공에 있어서 정밀도를 유지하기 위하여 $\phi 28\text{mm}$ 로 황삭가공한 후 절삭깊이 0.5mm로 하여 $\phi 27\text{mm}$ 로 마무리 가공을 하였다.

사용한 바이트는 초경 바이트팁을 공구고정구에 장착하고 세팅각을 90°로 유지시켜 절삭시의 동일성을 기했다.

시편의 길이는 굽힘영향을 고려하여, 6회 로울링⁽¹⁶⁾을 실시하고 측정할 수 있는 거리로 총길이를

143mm로 하였으며, 각 구간의 길이는 표면조도를 정확하게 측정할 수 있는 적당한 길이인 13mm로 하였다.

전 가공상태에 따른 로울링영향에 대한 검토를 위하여 시편을 절삭시 이송 0.1mm/rev.와 0.3 mm/rev.의 표면조도인 2 그룹⁽¹²⁾으로 구분하고, 가압력을 연강일때의 적정가압력 20kgf⁽¹¹⁾을 참고로 하여 예비실험을 통해서 결정된 10kgf~30kgf 까지 5종의 가압력변화를 실시하기 위해 5개씩 10개의 시편을 제작하였다.

시편의 크기는 Fig. 1과 같으며 시편의 종류는 Table 2와 같다.

(3) 시편의 측정

각 시편의 생크부에 기준선을 그어 측정의 기준으로 잡았다.

표면조도측정은 기준선 연장선상에서 실시하였다.

또한 경도는 각 구간마다 기준선을 기준으로 90°씩 회전시켜 4지점의 경도를 측정한 후 평균치로 그 부위의 경도를 정하였으며 직경은 각 구간마다 H-H선을 X방향으로, H-H선에 수직인 V-V선을 Y방향으로 하여 두곳을 측정하여 X축과 Y축 직경을 합해서 평균치를 구하였으며 이때 X축 직경과 Y축 직경은 거의 동일했다.

2.2 표면로울링 기구

표면로울링 기구는 가압체로서 로울러 대신 강구를 사용하고, 본 실험에 사용된 강구의 크기는

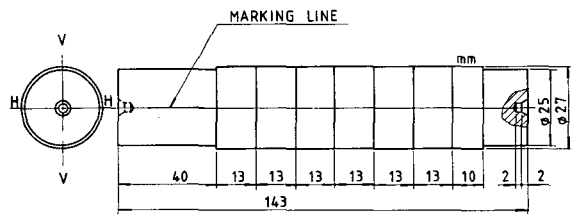


Fig. 1 Dimension of specimen

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of specimen

Chemical composition (%)					Mechanical properties	
C	Mn	Si	P	S	Tensile strength (kgf/mm ²)	Hardness (HB)
2.97	1.70	0.90	0.048	0.103	32.1	223

Table 2 Specimens

Applied force (kgf)	10	15	20	25	30
Cutting feed (mm/rev.)					
0.1	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
0.3	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5

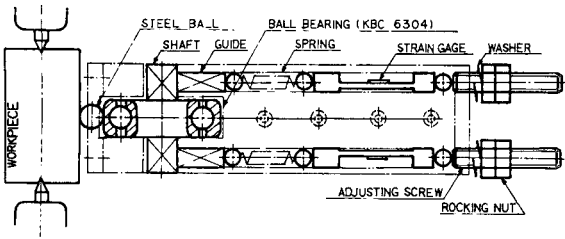


Fig. 2 Surface rolling tool & sensing element

φ9.525mm로서 “한국종합기계(주), 베어링볼(STB2), 압쇄하중 4660kgf, HRC 60.5~64.0, 표면조도 0.01~0.02μm Ra”을 사용하였으며 스프링을 삽입하여 가압력을 조정하고 원할성을 기하기 위하여 볼베어링의 레이스를 이용한 구조로 설계된 불형 표면로울링 기구⁽¹¹⁾을 사용하였다.

표면로울링 기구는 Fig. 2와 같다.

2.3 표면로울링 가공

(1) 표면로울링 기구의 보정

보정의 목적은 로울링시 가압력을 알기 위해 기구의 홀더 내부에 센서의 변형과 가압력과의 관계를 구하여 간접적으로 로울링시 가압력을 측정하고 그 일정한 가압력으로 로울링하고자 하는데 있다.

양측의 감응부에서 먼저 왼쪽의 감응부를 조정나사로 조절하고 다음 오른쪽 감응부를 조절하여 거의 변형량이 같도록 조절하고 선반의 공구대에 장착한 후 테이블 바이스에 고정하여 인장시험기(Tensilon, Cap 10 Ton, UTM-10, Baldwin, Japan)의 테이블 위에 장치하고 압축 로드셀(load cell)이 장착된 크로스헤드를 일정한 속도(0.5mm/rev.)로 하강시켜 표면로울링 기구의 홀더내부에 센서의 변형과 압축로드셀에서 감지되는 가압력과의 관계를 X-Y기록계를 사용하여 보정표를 작성하였다.

Fig. 3은 보정의 계통도이다.

(2) 표면로울링 조건

로울링 속도는 직경 25~60mm인 공작물에 대하여 권장된 로울링속도 250r.p.m.⁽⁶⁾을 참고하여 실험에 사용한 선반의 사용가능 회전수 150, 220, 300에서 250r.p.m.에 가장 근접한 220r.p.m.(18.66m/min.)을 택하였다.

로울링시 이송은 0.1mm/rev.⁽⁶⁾으로 일정하게 하

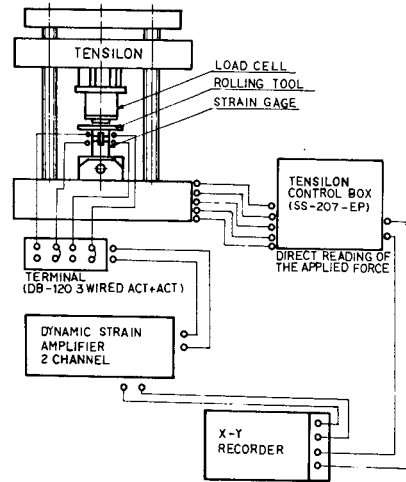


Fig. 3 Schematic diagram of measuring system for surface rolling tool

였다.

(3) 표면로울링 방법

표면로울링 가공은 시편양쪽의 센터와 돌리개를 이용하여 공작물을 선반의 공작위치에 설치하고 표면로울링기구 홀더를 고정시킨 공구대를 이송시켜 회전하는 공작물의 조정구간에 로울링기구의 강구를 접촉시켜 로울링하였다.

가압력의 측정은 기구홀더 내부에 있는 센서를 작용토록 하였으며 스트레인 증폭기를 통해 들어오는 변형량이 X-Y기록계에서 가압력에 해당하는 변형량이 될때까지 횡이송을 서서히 주어 그 양에 이룰때 표면로울링기구로 하여금 고정된 왕복대를 자동이송시켜 로울링을 실시하였다.

로울링 실시방법은 Fig. 4와 같다.

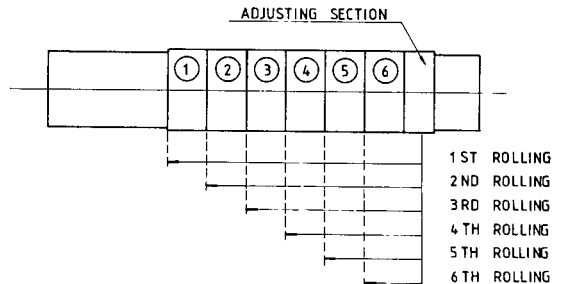


Fig. 4 Number of rolling processes

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 표면조도의 변화

로울러 다듬질시 전가공에 따른 가압력이 표면조도에 미치는 변화는 Fig. 5와 6에 나타내었다.

Fig. 5은 전가공의 표면조도가 1.5 μ mRa(절삭시 이송 0.1mm/rev. 롤링시 이송 0.1mm/rev.)일때 롤링 회수에 따른 가압력과 표면조도와의 관계를 도시한 것이다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 표면조도는 롤링 회수에 따라 다음과 같이 향상된다.

(1) 1회 표면로울링의 경우

20kgf일때 0.52 μ mRa로 되었고, 30kgf일때 0.53 μ mRa로, 25kgf일때 0.58 μ mRa로, 10kgf일때 0.79 μ mRa로, 15kgf일때 1.11 μ mRa로 향상되었다.

(2) 2회 표면로울링의 경우

25kgf일때 0.35 μ mRa로 되었고, 30kgf일때 0.45 μ mRa로, 20kgf일때 0.55 μ mRa로, 15kgf일때 0.59 μ mRa로, 10kgf일때 0.59 μ mRa로 향상되었다.

(3) 3회 표면로울링의 경우

25kgf일때 0.36 μ mRa로 되었고, 20kgf일때 0.45 μ mRa로, 15kgf일때 0.55 μ mRa로, 30kgf일때 0.58 μ mRa로, 10kgf일때 0.76 μ mRa로 향상되었다.

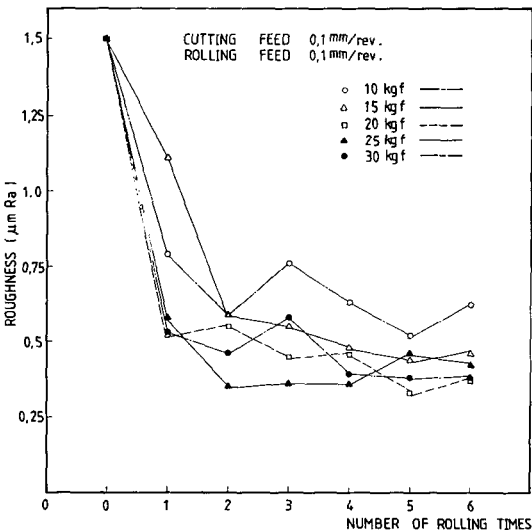


Fig. 5 Roughness variation against number of rolling processes

(4) 4회 표면로울링의 경우

25kgf일때 0.36 μ mRa로, 30kgf일때 0.39 μ mRa로, 20kgf일때 0.46 μ mRa로, 15kgf일때 0.48 μ mRa로, 10kgf일때 0.63 μ mRa로 향상되었다.

(5) 5회 표면로울링의 경우

20kgf일때 0.33 μ mRa로 되었고, 30kgf일때 0.38 μ mRa로, 15kgf일때 0.44 μ mRa로, 25kgf일때 0.46 μ mRa로, 10kgf일때 0.52 μ mRa로 향상되었다.

절삭시 이송이 0.1mm/rev.일때 가압력 25kgf일때의 표면조도는 2차 로울링후 0.35 μ mRa로 전가공직후의 표면조도보다 현저하게 향상되었음을 알 수 있었다.

Fig. 6은 전가공의 표면조도가 8.73 μ mRa(절삭시 이송 0.3 μ mRa, 로울링시 이송 0.1mm/rev.)일때 로울링 회수에 따른 가압력과 표면조도와의 관계를 도시한 것이다.

그림에서 알 수 있는 바와같이 표면 조도는 로울링 회수에 따라 다음과 같이 향상된다.

(1) 1회 표면로울링의 경우

30kgf일때 1.18 μ mRa로 되었고, 25kgf일때 1.37 μ mRa로, 20kgf일때 1.78 μ mRa로, 15kgf일때 2.34 μ mRa로, 10kgf일때 3.13 μ mRa로 향상되었다.

(2) 2회 표면로울링의 경우

25kgf일때 1.24 μ mRa로 되었고, 30kgf일때

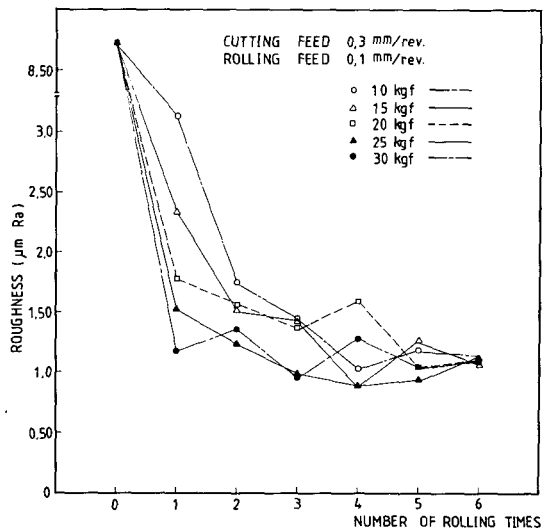


Fig. 6 Roughness variation against number of rolling processes

1.37 μmRa 로, 15kgf일때 1.52 μmRa 로, 20kgf일때 1.56 μmRa 로, 10kgf일때 1.76 μmRa 로 향상되었다.

(3) 3회 표면로울링의 경우

30kgf일때 0.96 μmRa 로 되었고, 25kgf일때 0.99 μmRa 로, 20kgf일때 1.38 μmRa 로, 15kgf일때 1.44 μmRa 로, 10kgf일때 1.45 μmRa 로 향상되었다.

(4) 4회 표면로울링의 경우

25kgf일때 0.88 μmRa 로 되었고, 15kgf일때 0.89 μmRa 로, 10kgf일때 1.03 μmRa 로, 30kgf일때 1.28 μmRa 로, 20kgf일때 1.60 μmRa 로 향상되었다.

(5) 5회 표면로울링의 경우

25kgf일때 0.94 μmRa 로 되었고, 30kgf일때 1.05 μmRa 로, 20kgf일때 1.06 μmRa 로, 10kgf일때 1.19 μmRa 로, 15kgf일때 1.26 μmRa 로 향상되었다.

절삭시 이송이 0.3mm/rev.일때 가압력 25kgf일때의 표면조도는 4차 로울링후 0.88 μmRa 로 전가공직후의 표면조도가 향상되었다.

본 실험에서 제작한 장치를 이용하는 경우 Fig. 5와 6에서 알 수 있는 바와 같이 전가공에 따른 가압력이 표면조도에 미치는 영향을 일반적으로 분석하여 볼 때, 대체적으로 가압력 25kgf에서 양호한 표면조도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

그리고 로울링 회수에 따르는 표면조도의 향상에 있어서 이송이 0.3mm/rev.인 것이 로울링 후의 표면조도가 절삭시 이송이 0.1mm/rev.인 것의 표면조도보다 불균일하게 되는 것은 절삭시 이송량이 3배(0.3/0.1)로 거칠기 때문에 나타나는 현상으로 풀이 된다.

절삭시 이송이 0.1mm/rev.이거나 0.3mm/rev.인 경우 공회 1회 로울링에서 표면조도가 급격히 좋아진다 (약 80%).

또한 가압력이 일정하고 절삭시 이송이 다른 경우를 비교하여 보면 전가공 상태의 표면조도가 양호하면 로울링 후의 표면조도도 좋아진다.

절삭시 이송이 0.3mm/rev.인 시편을 1회 로울링한 후의 표면조도는 절삭시 이송 0.1mm/rev.의 로울링가공전 표면조도와 비슷하다.

이는 전가공 상태가 로울링 후의 표면조도에 영향을 미치기 때문이다.

3.2 경도의 변화

경도변화는 1회 로울링에서 가장 큰 폭으로 증가하여 그 후는 거의 일정하게 된다. 이는 1회 로울링시 가공이 거의 이루어지기 때문이다.

경도의 변화는 전가공상태와는 상관없이 가압력이 증가함에 따라 크게 나타난다.

Fig. 7과 Fig. 8은 로울링회수에 따른 경도변화이다.

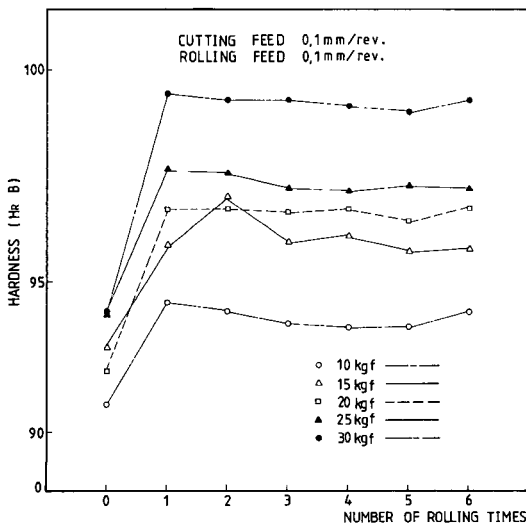


Fig. 7 Hardness variation against number of rolling processes

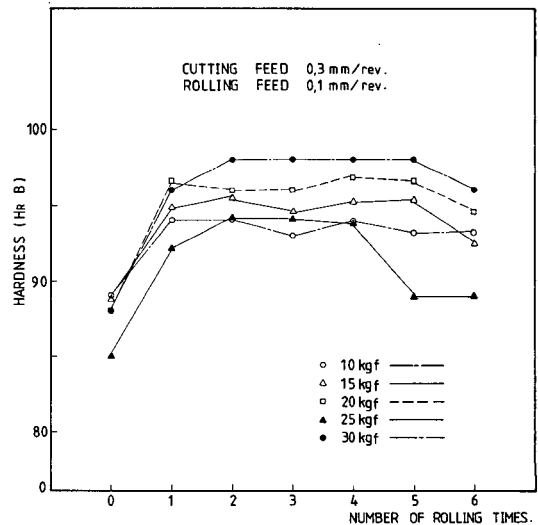


Fig. 8 Hardness variation against number of rolling processes

(Fig. 8에서 가압력 25kgf 시편에 있어 4회 로울링후의 경도가 저하한 것은 경도측정 부위의 결함으로 간주된다.)

3.3 직경감소

Fig. 9은 로울러다듬질시 전가공상태에 따라 대체적으로 양호한 표면조도를 얻을 수 있는 가압력 25kgf일 경우의 로울링 회수에 따른 직경감소량의 관계를 도시한 것이다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 전가공 상태에 따른 직경감소량은 1회 로울링에서 거의 완료되며 2회 이후로는 약간의 변화가 일어나거나 일정한 경향을 보이고 있다.

직경의 감소는 표면의凹凸부를 가압체로 압괴함으로써 형성된다고 볼 수 있다. 따라서 직경감소량은 전가공상태의 표면조도값에 크게 의존하므로 절삭시 이송을 작게해야 감소량이 적게 된다.

4. 결 론

본 실험연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 실험에서 제작한 장치를 이용하는 경우 전가공상태에 따른 가압력과 표면조도의 관계에서는 일반적으로 분석하여 볼 때 가압력 25kgf에서 양호한 표면조도를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.
- (2) 경도의 증가는 1회 로울링에서 거의 완료되며 가압력이 클수록 증가하였다.
- (3) 직경감소량을 전가공상태에 좌우되며 전가공의 표면조도가 크면 감소량은 크고 전가공의 표면조도가 작으면 감소량이 작았다.

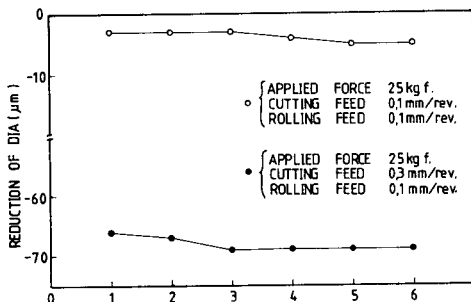


Fig. 9 Reduction of diameter against number of rolling processes

참 고 문 헌

- (1) 육평수, 1974, "버니싱에 의한 구멍 내면가공에 관한 연구", 대한기계학회지, 제14권, 제4호, pp. 305~313.
- (2)隈部淳一郎, 1980, "기계공작법 표면가공", 하권, 실교출판부, 동경, pp. 897~898.
- (3)김영진, 김재홍편저, 1985, 정밀공작법, 대광서림, 서울, pp. 275~282, 59~60.
- (4)Bühler, H., 1934, "Eigenspannungen in Prägepolierten Stahlstangen", Archiv Eisenhüttenwesen 8, pp. 515~516.
- (5)Iwascheff, W., 1949, "Glattwalzen der gußeisernen Führungen für Werkzeugmaschinen", W.U.M. 39, pp. 233~236.
- (6)Metals Hand Book, 1974, American Society for Metals, Vol. 3, New York, pp. 105~106.
- (7)이동주, 1978, "연강재에 대한 표면 로울링에 있어서의 표면조도에 관하여", 인하대학원, 석사학위논문.
- (8)최홍식, 1981, "연강에서의 표면로울링과 표면조도 변화에 관하여", 인하대학원, 석사학위논문.
- (9)민경화, 1983, "연강에서의 표면로울링의 가압력과 표면정밀도와와의 관계", 인하대학원, 석사학위논문.
- (10)이동주, 1986, "표면로울링에 있어서의 표면변화에 관한 연구", 인하대학원, 박사학위논문.
- (11)김영중, 1983, "표면로울링에서 볼의 지름이 표면조도에 미치는 영향", 인하대학원, 석사학위논문.
- (12)이원식, 1983, "표면로울링에서 절삭 및 로울링의 이송속도가 표면조도에 미치는 영향", 인하대학원, 석사학위논문.
- (13)조용무, 1984, "표면로울링에서 가공물의 지름변화가 표면정밀도에 미치는 영향", 인하대학원, 석사학위논문.
- (14)이용철, 1984, "표면로울링에 있어서 재료의 변화가 표면조도에 미치는 영향", 인하대학원, 석사학위논문.
- (15)신현국, 1986, "표면로울링에 있어서 로울링의 이송방향이 표면조도에 미치는 영향", 인하대학원, 석사학위논문.

- (16) 언철성, 1986, “연강의 표면로울링 회수에 따르는 표면정밀도의 변화”, 인하대학원, 석사학위논문.
- (17) 최병권, 1987, “연강의 표면로울링에서 역방향 이송과 표면정밀도의 관계에 관하여”, 인하대학원, 석사학위논문.
- (18) 일본 주물협회편, 1979, 주물편람, 환선(주)동경, pp. 1635~1636.
- (19) 강명순, 손명환 공저, 1981, 최신기계공작법 문운당, 서울, pp. 375~377.