

온도 변화에 따른 드릴가공의 절삭력 변화와 가공정밀도 평가

이상천*(부산대 대학원), 정우섭((주)테크맥), 백인환(부산대)

Evaluation of Cutting force and Surface accuracy on Drilling process by Temperature variation

S. C. Lee * (Graduate School, Pusan National University), W. S. Jung (Tech Mac, Inc.),
I. H. Paik (Pusan National University)

ABSTRACT

These days, most of new materials, which is in use widely as cutting process materials have a characteristic in common. That is hard cutting. So, it happens that hardness by cutting temperature. And hardness on cutting process has an effect on tool wear or life shortness of tools. To solve these problems hot-machining is proposed. When a material is heated, organization of material is soften. So cutting process becomes easy. When such a hot-machining method applies on drilling process and then heated material is processed, cutting force is less than usual drilling process cutting force.

In this paper, when a material is heated, cutting force on drilling process is measured. It is decided that the best suitable temperature area. And it suggest that the better hot-machining condition as surface accuracy is measured.

Key Words : Hot-machining(고온 절삭), Drilling process(드릴 가공), Cutting force(절삭력), Surface accuracy(가공 정밀도)

1. 서론

최근 고도로 고성능화 된 공작기계와 개선 및 개량된 공구에 의하여 강력화, 고도화 그리고 고정밀의 능률화 된 절삭가공이 여러 산업 분야에서 다양하게 요구되어지고 있으며, 또한 보다 경제적인 절삭에 대한 연구의 필요성이 상당한 비중을 차지하고 있다. 특히, 드릴 가공은 기계가공 중의 약 1/3을 차지하는 중요한 가공이며 또한 탁상용 드릴링 머신에서부터 범용 선반 및 밀링 그리고 머시닝센터에 이르기까지 다양한 형태로 작업이 이루어지고 있다. 그러나 오늘날의 가공소재로 폭 넓게 사용되고 있는 신소재의 대부분은 공통적으로 난삭재라는 특성의 가지고 있어 절삭가공에 있어서 발생하는 절삭 온도에 의해 가공경화현상이 발생되며 공구의 마멸이나 수명 단축을 초래하는 요인이 된다.

오늘날 고정도, 고품위를 요구하는 부품이 증가하고 있으며, 또한 고강도, 고강력, 내열, 내마모 등

의 특성을 가지는 고성능 부품을 사용하는 추세가 증가되고 있는 실정에서 종래의 드릴 가공에서 경취성의 재료를 가공하기 위해서는 값비싼 고경도의 절삭공구를 사용하여야 하며 적절한 절삭 조건을 선정하기 위하여 세심한 배려가 필요하게 된다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 공작물을 가열하여 가공이 쉬운 상태로 하여 절삭을 하는 고온 절삭(hot-machining)이 등장하였다. 공작물을 가열하면 공작물의 조직이 연화되어 가공이 용이하게 된다. 이러한 고온 가공기술을 드릴가공에 적용하여 가열된 공작물을 가공하면 기존의 드릴 작업 보다 절삭 저항이 줄어들게 되어 동력 절감 및 공구 수명향상의 효과를 가져온다. 또한 가공시간을 단축시키고 능률 가공을 실현할 수 있다.

본 논문에서는 상온에서와 고온 가열 시 드릴에서 발생하는 절삭력을 비교하고 가공 정밀도를 비교함으로써 가장 적합한 온도 구간을 살펴보고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

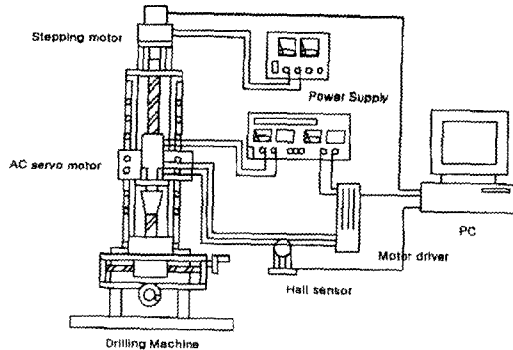


Fig. 1 Experimental Setup

전체적인 실험장치 구조를 Fig. 1에서 나타내었다. 실험에 사용된 드릴링 머신은 직접 개발한 것으로서 이송 축은 스텝핑 모터를 사용하여 이송 속도 제어가 가능하게 하였다. 본 실험에서는 이송 속도를 0.8mm/sec로 일정하게 유지하고 절입 깊이는 20mm로 하였다. 주축은 AC 서보 모터를 이용하여 주축 속도를 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm으로 변환하여 실험을 하였다. 또 사용된 드릴 공구는 초경 드릴으로 직경 5mm, 7mm, 10mm를 사용하여 각각의 주축 속도 및 드릴 직경에 대한 절삭력을 비교하였다. 실험에 사용된 소재는 S20C 기계 구조용 탄소강으로 전기 가열로에서 가열되어 각각의 온도 변화에 따른 절삭력의 변화를 알아보았다. 절삭력은 홀 센서를 이용하여 모터에 공급되는 U, V, W의 3상 전류 값 중 V상의 전류 값을 측정하였다.

그리고 가공 정밀도를 평가하기 위하여 접촉식 표면 조도 측정기를 사용하여 상온에서의 가공 정밀도와 최적 온도에서의 가공 정밀도를 서로 비교하였다.

2.2 주축 모터의 전류측정

공작물에 드릴 가공이 이루어지게 되면 주축에 절삭 저항이 발생하게 되고, 이 저항을 이겨내면서 초기의 절삭 조건을 유지하기 위해서는 보다 많은 전류가 흘러야 한다. 따라서 절삭 토크와 주축 모터에 공급되는 전류는 서로 상관관계가 존재하게 되고, 주축 모터에 공급되는 전류를 측정함으로써 절삭력을 비교할 수 있다. 모터에 공급되는 U, V, W의 3상 전류 값 중에서 V상의 전류에 홀 센서(hall effect

current sensor)를 설치하였다. 홀 센서는 전류 전선 주변의 자장을 측정하여 전류의 세기를 측정하는 방식으로 제측전류 I에 비례한 자속을 홀 소자로 검출하여 증폭·출력한다. 그 원리는 Fig. 2에 나타내었다.

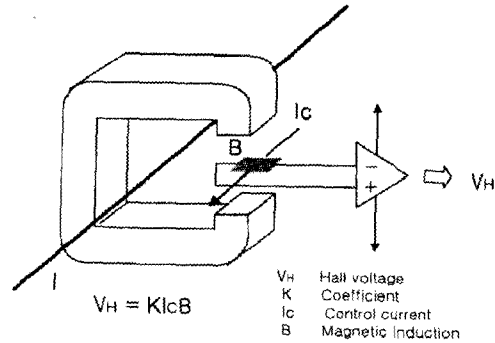


Fig. 2 Principle of Hall sensor

2.3 온도 측정

전기 가열로에서 상온에서부터 300℃까지 가열된 소재는 열전대에 의한 온도계를 사용하여 측정하였다. 실험에 사용된 전기 가열로의 그림이 Fig. 3에 나타나 있다.

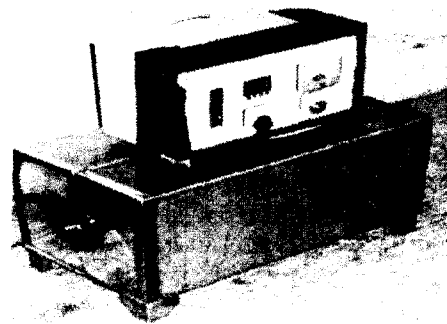


Fig. 3 Electric furnace

2.4 표면 거칠기 측정

상온에서 가공된 소재와 가열 시 절삭력이 최소가 되는 온도 범위에서의 가공 정밀도를 평가하기 위하여 표면 거칠기를 살펴보았다. 측정된 값은 중심선 평균 거칠기 R_a , 최대 높이 거칠기 R_{max} 의 값으로 나타내었다.

3. 결과

3.1 절삭력 변화

S20C 탄소강을 상온에서부터 300℃까지 순차적으로 가열하여 드릴 가공 시 발생하는 절삭력의 변화를 살펴보았다. 이송 속도를 0.8mm/sec로 일정하게 유지하고 직경 5mm, 7mm, 10mm의 초경 드릴 공구를 사용하여 주축 회전 속도를 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm으로 변화시켰을 때 모터에 공급되는 3상 전류 중 V상의 전류를 홀 센서로 측정하여 전압으로 변환된 값을 Fig. 4에 나타내었다.

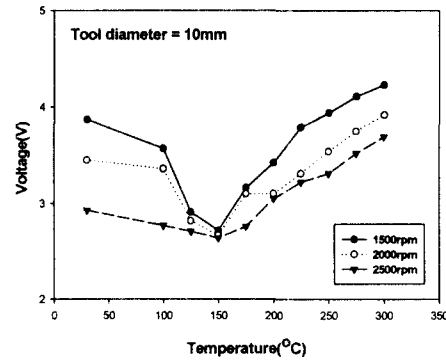
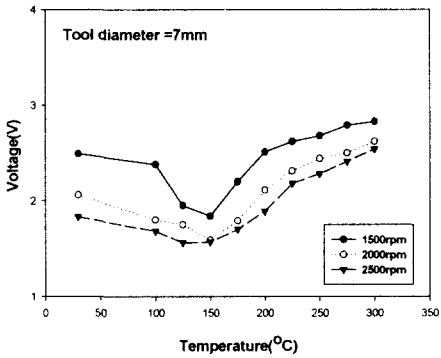
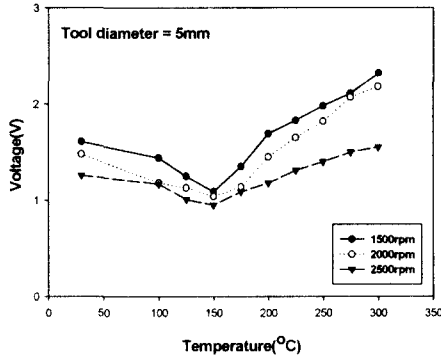


Fig. 4 Cutting force change by Temperature variation

Fig. 4를 보면 각 드릴 직경에 대한 절삭력의 변화는 유사하게 나타난다. 그리고 주축 회전속도가 증가함에 따라 절삭력이 감소함을 알 수 있다. 또한, 온도를 증가시킬 때 발생하는 절삭력은 상온에서 150℃ 부근까지는 감소한다. 이것은 소재로 사용된 S20C가 가열됨에 따라 점차적으로 연성이 증가하여 150℃ 부근에서 절삭력이 최소가 됨을 나타낸다. 하지만 그 이후부터는 계속 절삭력이 증가하게 되는데 이것은 탄소강의 일반적인 성질로 설명된다. 일반적인 탄소강의 고온에서의 기계적 성질의 변화는 탄소량에 따라 다소의 상위는 있으나 온도가 상승할 때 인장 강도 및 경도는 감소하다가, 다시 증가하기 시작하여 300℃ 부근에서는 그 값이 최대가 되어 오히려 상온에서 보다 더 강한 특성을 지닌다. 이것을 청열취성(Blue shortness)라고 한다. 이 온도 부근에서는 상온에서 보다 취약한 성질을 가지며 따라서 이 온도 부근에서는 기계적인 가공을 피하는 것이 좋다.



3.2 가공 정밀도 평가

절삭력 변화에 대한 실험에서 상온에서보다 150℃ 부근에서 더 작은 절삭력이 발생하는 것을 알았다. 이번 실험에서는 상온에서와 150℃ 부근에서 가공된 소재의 표면 거칠기를 비교함으로써 상호간의 가공 정밀도를 살펴보았다.

Fig. 5에서 상온에서와 150℃ 부근에서의 표면 거칠기를 비교하여 막대 그래프로 나타내었다. 그래프에서 알 수 있듯이 각각의 드릴 직경에 대하여 Ra, Rmax 값 모두 150℃ 부근에서 더 작은 값을 가졌다. 이것은 상온에서보다 150℃ 부근에서의 가공이 더

효율적이라는 것을 의미한다. 특히 드릴 공구 직경이 작을수록, 주축 회전 속도가 빠를수록 가공 정밀도가 더 우수하다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 좀 더 효율적인 가공을 위해 고온 절삭 기법을 도입하고 그 특성을 알아보기 위해 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] 드릴 직경 변화 및 온도 변화에 대한 절삭력의 변화를 살펴보았다.
- [2] 온도가 증가함에 따라 절삭력이 감소하여 150℃ 부근에서 절삭력이 최소가 됨을 보였다.
- [3] 300℃ 부근에서는 청열취성으로 인하여 기계적인 가공을 피하는 것이 좋다.
- [4] 표면 거칠기를 비교함으로써 상온에서보다 150℃ 부근에서의 가공 정밀도가 더 나은 것을 알았다.

참고문헌

1. 김강석, 김정석, 이득우, "고온드릴가공에서의 가공특성해석에 관한 연구" 한국정밀공학회 99년도 춘계학술대회논문집, pp. 1006~1009, 1999
2. 정우섭, "미세드릴가공 시스템의 개발 및 지능제어" 부산대학교 공학박사 학위논문, pp. 71~73, 1996
3. 오영탁, 김기대, 주종남, "절삭공정 모니터링을 위한 이송모터와 주축모터 전류" 한국정밀공학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp. 555~559, 2001
4. 孫明煥, "切削加工論" 文運堂 pp. 255~264, 1995
5. 日本鐵鋼協會, "鋼의 熱處理" 改訂5版 pp. 159~165, 1985

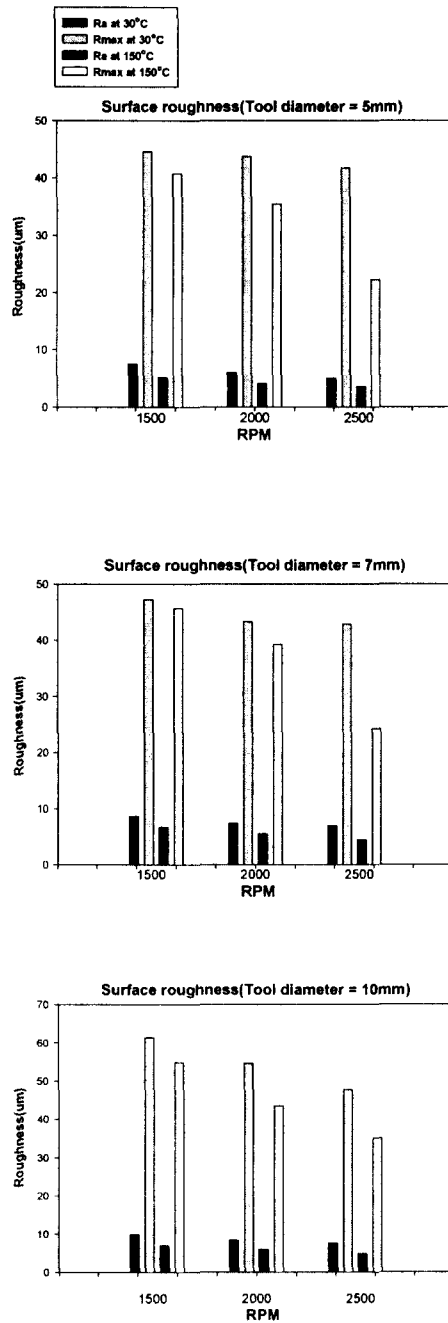


Fig. 5 Surface roughness