

Drill加工에 있어서 ADI材料의 切削성에 관한 研究

조상순* 장성규 조규재 전인찬
(동아대 대학원) (조선대) (동아대)

1. 序 論

소경드릴가공은 많은 기계가공중에서도 가장 곤란한 가공의 하나이다. 그것은 기공구멍단면 이하의 공간속에서 공구강성이나 칩처리들이 고려되어야 한다는 엄격한 제한이 소경이란 형태에서 한층 어려워지기 때문이다.¹⁾ 소경의 구멍가공은 최근 전자제품, 우주항공기부품, 소형정밀부품, 섬유산업의 광섬유관련품 등에 까지 수요가 증가함에 따라 레이저가공, 전자빔가공, 전해가공과 같은 전기물리적가공법이 많이 사용되고 있지만 생산성및 가공정밀도의 관점에서 만족스러운 결과를 얻을 수 없는 실정이다.²⁾ 이에반해 기계가공인 소경드릴가공은 공구강성저하로 인해 쉽게 파손된다는 점은 있지만 가공정도가 양호하고 종횡비(Aspect Ratio)가 높은 가공이 가능하여 실용화가 가장 좋은 분야라고 할 수 있다. 이로 인해 최근에는 여기에 관한 많은 연구가 지행되고 있다.³⁾⁴⁾ 또한, 기계가공의 자동화가 진전됨에 따라서 단인공구의 대표적 공구인 바이트의 결함을 검출하는것 못지않게 드릴의 마멸이나 절손의 검출⁵⁾ 또는 예측이 중요한 문제로 부각됨에 따라 절삭저항의 이용이 증가할 것으로 생각된다.

Galloway⁶⁾ 는 비교적 폭넓은 조건하에서 절삭저항, 드릴수명, 가공정도에 관해서 논하였다. 岩田²⁾ 등은 직경 1mm이하의 미소경드릴로서 스텐레스 강판을 드릴링할 때 단계이송에 의한 토포크와 슬러스트에 관한 변화를 검토하였다. 또 소경드릴가공에서는 큰 직경의 드릴가공에서 설명되지않는 가공현상이 있다고 보고되고 있으며⁴⁾ 앞으로 이에 대한 문제점을 해결하는데 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

최근 오스템퍼처리한 구상흑연주철(ADI)는 강도가 높을 뿐만아니라 우수한 인성을 가지고 있기때문에

자동차부품 및 각종 기계구조용부품에 적용시키기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.⁷⁾⁸⁾ 그러나 이 재료는 피삭성이 나쁘기 때문에 단조강등의 타재료에 대한 대체 가능성이 높음에도 불구하고 그 적용은 아직 미흡한 실정이다. 이것은 ADI의 피삭성은 높은 경도와 잔류오스테나이트의 마르텐사이트화에 기인하는 가공변질층에 의존하기 때문이다.⁹⁾

따라서 본 연구에서는 ADI에 포함된 Si량이 드릴가공시 ADI의 피삭성에 미치는 영향을 절삭조건을 변화시켜 고찰함과 동시에 공구수명에 대하여 고찰하였다.

2. 實驗裝置 및 實驗方法

2.1 實驗裝置

본 실험에서 사용한 실험장치의 개요도를 Fig.1에 나타내었다. 실험에 사용한 드릴링머신은 Vertical type이며 절삭저항의 토포크 와 슬러스트는 강성이 높고 주파수 응답이 우수한 압전형 공구동력계(Kistler사, 9271A)로 검출하여 차-지 앰프리파이어를 통과시켜 데이터 레코더에 저장시킨 후 맨레코더에 의하여 정적성분을 기록하였다. 또한 그 신호를 오실로스코프를 사용하여 절삭저항의 형상을 분석하였다.

2.2 工具 및 試驗片

본 실험에 사용한 드릴은 직경 4mm, 선단각 118트위스트각 37°, 여유각 11°의 코발트 고속도강(SKH 9상당)드릴을 사용하였다. 그리고 시험편은 Si함유량 및 항온열처리 온도를 변화시킨 오스템퍼처리 구상흑연주철(ADI)를 사용하였으며, 오스

템퍼처리는 통상 900° C 에서 1시간 오스테나이트화 한 후 375° C에서 2시간의 항온열처리를 행했다. 2% Si재를 A1, 2.5% Si재를 A2, 3% Si재를 A3로 나타내었다. 시편은 환봉을 가공하여 칩에 고정시켰을 때 편심을 없애기 위해 $\phi 60 \times 30\text{mm}$ 씩 절단하여 외피가공후 양단면을 가공하였으며 시험편의 형상은 Fig. 2에 나타내었으며 그 화학적 성분및 기계적 성질은 Table. 1 및 Table. 2에 각각 나타내었다.

2.3 實驗方法

본 실험에서는 오스탬퍼처리 구상흑연주철(ADI)재료에 대하여 다음과 같은 실험조건에 따라 고찰하였다. 절삭속도를 (4.3, 6.1, 7.8, 10.3, (m/min)), 이송속도를 (0.05, 0.1, 0.15, 0.2(mm/rev)), 가공깊이를 15(mm)로 하는 비관통 가공이며 드릴의 들출길이는 60(mm), 절삭유를 사용하지 않은 건식절삭을 하였다. 또한, Fig. 2와 같은 시험편에 28개의 구멍을 뚫었으며 토오르크의 보정은 인디케이터 플랫폼형(Indicator flat type) 토오르크렌치(Torque wrench, Kanon, 450FK)를 사용하였다. 한편 스러스트의 보정은 로드셀(Load cell)과 동 스트레인게이지(Strain gauge)를 사용하여 측정하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1. 절삭속도의 영향

드릴가공시의 절삭속도는 드릴인선의 위치에 따라서 각각 다르기때문에 통상드릴인선의 외주부분을 주속으로 표시한다. Fig. 3은 ADI재료인 2%Si제인 A1, 2.5%Si제인 A2 및 3%Si제인 A3재료를 드릴가공하였을 때의 Torque와 Thrust의 정적성분을 나타낸 것이다. 여기에서 보는 바와같이 절삭속도가 증가함에 따라 Torque는 조금씩 증가하는 경향이 있으며 Thrust 역시 절삭속도의 증가에 따라 증가하는 경향을 보이고 있지만 Torque와 Thrust 모두 절삭속도의 영향을 크게 받지 않음을 알 수 있다. 이와같은 현상은 절삭속도가 증가하면 드릴인선이 단위시간당 공작물과 마찰을 일으키는 회수도 증가하기 때문에 드릴 인선부의 마찰열이 많이 발생하지만 한편으로 절삭속도의 증가는 공구의 마찰계수를 감소시키고 공구의 진동을 감소시키기 때문에 이들의 각 요소가 서로 작용하며 본 실험에서와 같은 결과가

나왔다고 생각된다.

한편 Fig. 3에서 A1, A2, A3재의 비교에서 A3재가 A1, A2재보다 절삭저항이 낮게 측정된것은 상대적으로 Si함유량이 많음에 따라 절삭성이 향상된 것으로 생각된다.

Fig. 4는 절삭속도의 변화에 따른 절삭저항을 3종류의 피삭재에 대해서 나타낸것이다. 즉 ADI재료인 A1, 보통주철FC20 및 SM45C간의 비교를 보이고 있다. 각 재료간의 절삭저항의 변화는 적지만 ADI재료인 A1은 SM45C (HV230) 및 FC20과의 비교에서 보다 높은 절삭저항을 보이고 있다. 이것은 ADI재료인 A1재료가 타재료보다 높은 경도를 가지고 있는데 기인하는 것으로 생각된다.

3.2 이송에 의한 절삭저항의 영향

Fig. 5는 이송의 변화에 대한 Torque와 Thrust의 정적성분을 나타낸 것이다. 이송이 증가할수록 Torque 와 Thrust의 정적성분은 직선적으로 증가하고 있는데 이와같은 현상은 이송이 증가함에 따라서 생성되는 칩의 두께가 증가하므로 칩의 단면적이 증가하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 5의 결과에서 나타난 바와 같이 Si량이 감소함에 따라서 Torque 및 Thrust가 증가하고 있으며 이것은 드릴의 강성을 저하시켜 드릴의 수명을 감소시키는 것으로 생각된다. 또한 항온열처리온도가 증가함에 따라 잔류오스테나이트량이 증가하고, 반대로 경도가 감소한다.

3.3 工具壽命

구멍가공 조건 및 피삭재와 가공구멍개수와의 관계를 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 여기에서 이송속도가 증가할수록 가공가능구멍개수는 많이 감소하고 ADI의 드릴가공에 관한 이송속도의 증가는 드릴수명을 현저히 낮게 한다는 것을 볼 수 있다. Fig. 7은 이송을 0.1mm/rev로 하고 횡축은 가공구멍개수를 종축은 절삭속도를 보인 수명선도로서 3% Si제인 A3는 2% 및 2.5% Si제의 A1 및 A2에 비해서 6~10배의 높은 수명치를 보인다. A3재가 대단히 높은 수명을 보이는 이유는 Si함유량의 높음에 따른 다수의 흑연입수가 영향을 미친다고 생각된다. 본 실험에 관한 드릴수명은 체터진동에 의한 것이 주된것이고 강성이 낮은 소경드릴가공에는 피삭재의

이질조직과 좌우칩의 균형동에서 절삭계의 불안정성이 수명에 영향을 미친 것으로 생각된다.

4. 結 論

Si함유량을 변화시킨 ADI재료의 드릴가공시 각 절삭조건에 따른 절삭저항 및 공구수명에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Si함유량의 변화에 따른 ADI재의 드릴가공에서 상대적으로 Si량이 많은 A3재가 가공성이 양호하였다.
- (2) 드릴가공에 의한 ADI의 피삭성은 특히 이송속도의 영향을 많이 받고 이송속도가 증가함에 따라 공구의 수명은 현저하게 감소하였다.
- (3) ADI의 절삭저항은 보푸루철FC20, 탄소강 SM45C 보다 대체로 Torque와 Thrust가 높게 나타났다.
- (4) Si량이 많을수록 공구수명이 증가하였다.

參考文獻

1. 이상조: "드릴링 작업의 가공정밀도 개선에 대하여", 大韓機械學 會誌 第30卷1第號, (1990), pp. 29-35
2. 岩田一明의 2인: "高速度小深穴ドリル加工の基礎的研究", 精密機械 49卷(1983), pp. 98-104
3. 백인환의 2인: "미소경드릴 머신의 성능개선과 미세드릴가공조건선정에 관한연구", 精密工學會春季學術大會論文集, (1994), pp. 140-144
4. 小野元久의 2인: "微小徑ドリル加工に関する研究", 精密工學會誌 58, (1992), pp. 79-84
5. Y. Kashimura: Study on Detection of Drill Wear and Breakage(1st Report) - Development of Monitoring System, Journal of the JSPE, Vol. 50, No. 6(1984), pp. 939 - 943.
6. D.F. Galloway : Some Experiments on the Influence of Various Factors on Drill Performance, Trans. of the ASME, Series B, Vol. 79 (1957), pp. 191 - 231.
7. 小川 誠의 2인: "ADI의ドリル加工", 精密工學會秋季學術論文集, (1993), pp. 371 - 372
8. 藤田武男의 4인: "ADI의ドリル加工における構成刃先の舉動", 精密工學會秋季學術論文集, (1993), pp. 365-366

9. U. Drauglates and H-G. Boese: Mechanical Properties and Machinability of ADI, 2nd Int. Conf. AUSTEMPERED DUCTILE IRON, (1986), p. 247

Table.1 chemical compositions of workpiece(Wt %)

Specimen	C	Si	Mn	Ni	Mo	Mg	P	Cr	S
A1	3.70	2.10	0.26	0.97	0.18	0.042	0.018	0.05	0.004
A2	3.30	2.60	0.26	1.02	0.20	0.043	0.027	0.05	0.009
A3	3.45	2.90	0.25	1.10	0.25	0.045	0.038	0.06	0.014

Table.2 Structure and hardness of specimens

Specimen	(Vol. %) of graphite	Nodule count (1/mm ²)	Mean graphite diameter (μm)	Retained austenite content (%)	Hardness (Hv)
A1	11.4	100	37	31.5	410
A2	11.2	110	35	33.6	397
A3	11.1	130	25	36.0	390

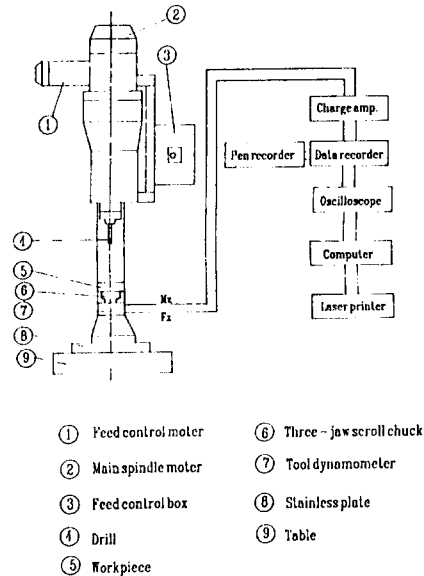


Fig. 1 Schematic diagram of experiment

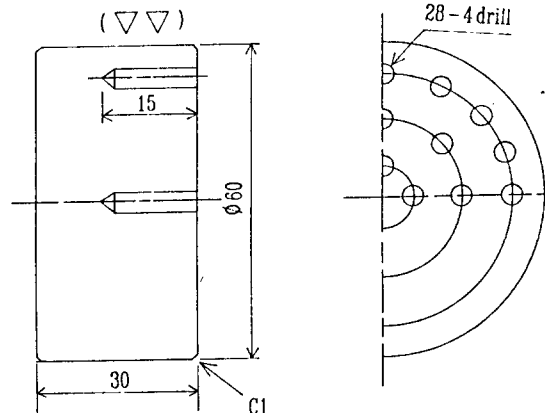
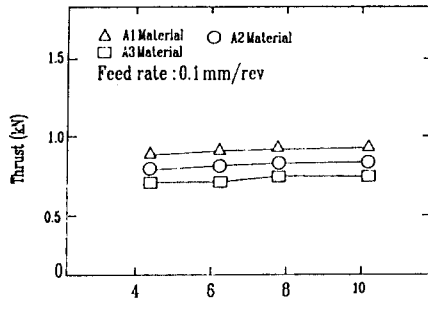
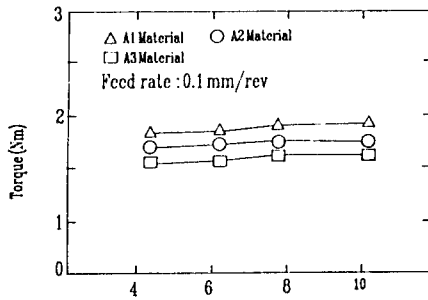


Fig. 2 Shape and dimension of test specimen

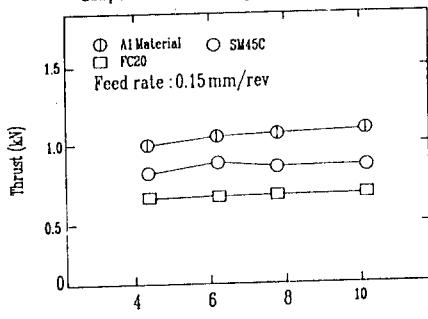


(a)

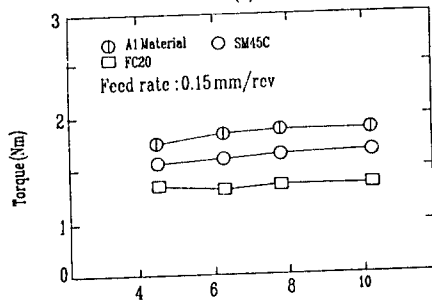


(b)

Fig. 3 Relation between cutting speed and static components of torque and thrust

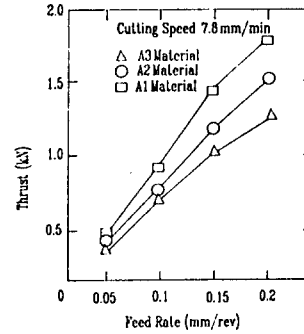


(a)

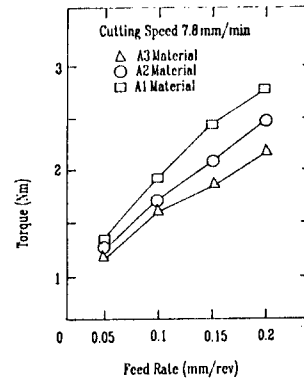


(b)

Fig. 4 Relation between cutting speed and static components of torque and thrust



(a)



(b)

Fig. 5 Relation between feed and static components of torque and thrust

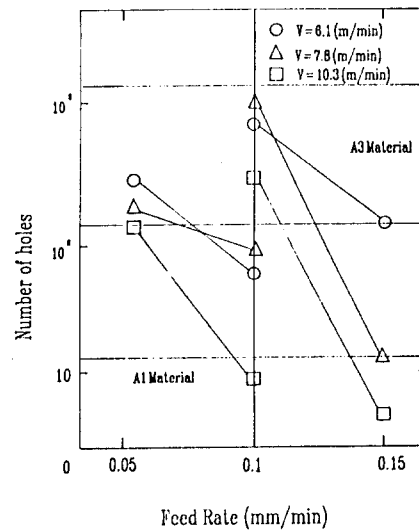


Fig. 6 Feed rate and tool life

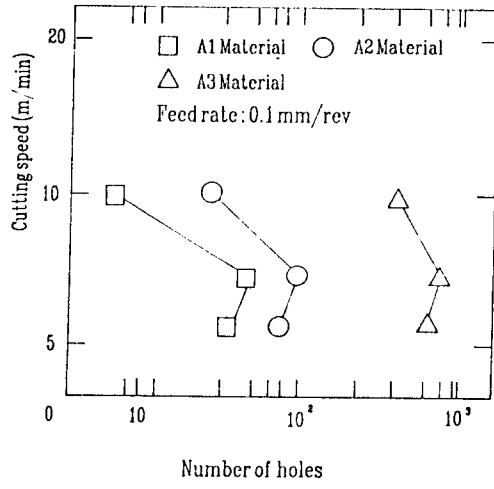


Fig. 7 Tool life curves