

3차원절삭 에 관한 연구 (초경DRILL의 효율성 증가)

(A Study of Three Dimension Cutting:Tipped Twist Drilling)

이영철

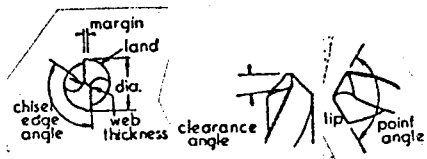
광운대학교 제어계측공학과

Abstract

Carbide-tipped twist drill of new type which is better than traditional H.S.S twist drill has been developed successfully to drill steel work-pieces with high speed. This new carbide drill consists of a characteristic feature of special shape of cutting edge, chip pocket, and flute. The special design of the chip pocket and the flute guarantees both periodic fracture and smooth transport of chips along the flute. The carbide-tipped twist drill also allows one to apply more drilling force than conventional one and produce holes with high accuracy.

붙어 변한다.따로 지적하지 않는한 헬릭스각도라 함은 drill의 원주상의 헬릭스 각도를 말한다.helex의 pitch의 길이(L)는 切削선단에 따르는 모든 점에 대하여 일정하며 따라서 어떤 점에 있어서의 δ 는 다음 식을 사용하여 결정 할수 있다.

$$\delta = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi r}{L}\right) \quad \epsilon = \tan^{-1}\left(\frac{2t}{2\pi r}\right)$$



드릴의 각부 명칭

1. 서론

현대에 이르러 생활이 편리해 짐에따라 모든것을 쉽고 간단하게 하기위해서 研究와 노력을 기울였다. 여기에 한부분을 차지한게 바로기계분야 이다. 切削 가공의 精密度 향상과 생산능률을 증대시키는데 가장적절한 요인되는 切削力 및 기타 요인들에 대하여 현재많은 研究가 진행되고 있다.3차원 切削에서의 Drill은 빠르고 용이하게 구멍을 뚫도록 설계된 공구이다. 매우정확한 Drill 도있으나 최후의 목적은 다듬가공이나 구멍의정확성 보다도 오히려 고도의 관통율로써 사용할때 긴수명을 유지할수있다.

구멍뚫기 가공은 切削가공 중에서 가장 광범위하게 해야주는 작업 중의 하나이다.현재 대부분의 구멍뚫기 작업은 高速度綱 drill 에 의하여 행하여 지고 있으나 다른가공에 비하여 속도도 느리고 시간단축도 다른가공에 비하여 상당히 늦어 시간단축에서의 문제점도 많이 지적되었다. 특히 강재는 구멍을 뚫을때 Chisel부의 날이 파괴되기가 쉬워서 성공할수 없었다.

여기서 본연구는 실제작업에 있어서 각종 시편에 대한 기본적인 切削실험과 切削저항 및 切削면적과 切削저항의 관계를 비교하였다.

또 새로운 날끝 형태를 갖는 超硬Drill이 파괴하는 일없이 높은효율의 切削性 을 목적으로 해서 실험하였다.

2. 기초사항

2-1. drill의기호 명칭(drill nomenclature)

drill의기호는다음과같다.

1. (δ): 헬릭스각도(helix angle)
2. (2p):drill선단각도(drill angle)
3. (w):web 두께(web thickness)
4. (θ):여유각(clearance angle)
5. (D):drill의직경(drill diameter)

δ 는 cutting edge위의 특수점에대한 radius(r)과더

2-2. drill의해석

drill point의 해석은 切削인선을 평단하는 반경방향의위치와 더불어 드릴의 힘이 변하므로 다른 공구보다 조금 더 복잡하다.Fig13-50에는 2개의 드릴이 표시되어있다. (a)의 그림은 드릴축에 따라 shank에서부터 선단(point)방향으로 본것을 표시한다.평면(COBDP)는 切削인선위의 C점에서의 velocity vector(V)에 수직으로 되어있다.A점은 切削인선 위에 접근 된 점이며 AB는 V에평행된다. (b)의그림은 C점에서 속도 벡터의 방향으로 본것을 표시한다. 切削인선위의 적은 길이 AC는 Fig13-18에서 선반공구에 대한 반대 부분이된다. Fig13-50(b)에있어 $\angle ACO$ 는 드릴(선단)각 (p)의 1/2과같은편 Fig13-50(c)에서 $\angle ACB$ 는(a)의 그림에서 지면에 있으므로 inclination angle과 같고 다음과 같은식으로 표시 된다.

$$i = \angle ACB = \sin^{-1}\left(\frac{w}{2r/\sin p}\right) \quad (1)$$

(c)에서표시된 AFB는 δ 와 같으며 또한 동시에 이것은 선반용 바이트 의back rake angle에해당된다.그

$$\text{러므로 } \alpha_b = \delta = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi r}{L}\right) \quad (2)$$

선반용 바이트 에대한 side cutting edge angle(Cs)에해당하는 각도는 Fig13-50(c)을 참고로 하여 다음과 같이 구할수 있다.

$$\frac{OC}{AC} = \cos P$$

$$\frac{OC}{BC} = \cos Cs$$

$$\frac{BC}{AC} = \cos i$$

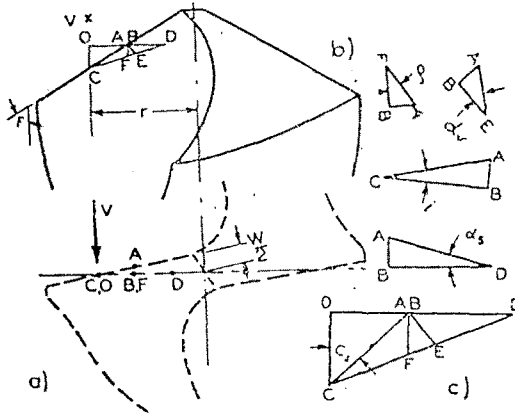


Fig 13-50. 드릴의 선단(先端)에 대한 해석
 (a) Shank에서 point에 대한 축에 따라 본 드릴의 그림
 (b) 속도 벡터(velocity vector)에 따라 생긴 드릴의 그림

$$\text{따라서 } \cos C_s = \frac{OC}{BC} = \frac{OC}{AC} = \frac{\cos P}{\cos i} \quad (6)$$

축변경사각 (α_s)에 해당하는 값은 다음과 같이 구할 수 있다. 삼각형 OCD 와 BFD의 상사형 으로부터

$$\frac{OC}{BF} = \frac{OD}{BD} = \frac{OB+BD}{BD} = 1 + \frac{OB}{BD} \quad (a)$$

$$OC = BC \cos C_s = \frac{AB}{\tan i} \cos C_s$$

$$OB = BC \sin C_s = \frac{AB}{\tan i} \sin C_s$$

$$BF = \frac{AB}{\tan \delta}$$

a)식에 대입하여

$$\frac{\frac{AB}{\tan i} \cos C_s}{\frac{AB}{\tan \delta}} = 1 + \frac{\frac{AB}{\tan i} \sin C_s}{BD} \quad (3)$$

$$\text{혹은 } \frac{AB}{BD} = \tan \alpha_s = \frac{\tan \delta}{\tan C_s} - \frac{\tan i}{\sin C_s} \quad (4)$$

(1)(2)(3)(4)식 을 사용하여 lathe tool angle(α_s) 에 해당하는 구배각(i) 및 C_s, α_s 등을 구할 수 있다.

2-2-1. web, drill point angle, helix angle 의 변화가 drill에 미치는 영향

(a) web에 대하여

web의 두께 W의 증가는 drill의 periphery에 별 영향을 주지 않는다. web 두께 W의 증가로 생기는 중요한 영향은 드릴선단 근처의 cutting edge의 강도를 크게하고 또한 rake angle을 다소 증가케한다. 강한 재질에 구멍을 뚫을 때에 drill의 선단 에서 파손이 가장 많이 생기게 됨으로 이것을 방지하기 위하여 큰 web의 두께의 값이 필요하다. 중심부가 파손되는 경향은 어떤 drill에 대하여서도 W를 증가 시켜야 된다는 결과를 가져오게 된다.

(b) drill angle point 에 대하여

drill point angle의 증가는 drill의 중심부보다 원주근방에서 영향이 더욱적이다. 만약 p가 증가하면, normal rake angle 이 그만큼 증가하는 동시에 effective rake angle 도 drill 중심부 근방에서 증가한다. 이것은 절삭각에 대하여 거의 지지를 받지 않음 으로서 drill의 선단에서 절삭을 자유롭게한다. drill의 주변부에 적은변화는 약한 강간힘을 유발하는 이외에강한 절인edge부에도 어느 정도 영향

을 준다. 적은 선단각은 알루미늄 합금과 같이 비교적 약한금속을 drilling에 적용된다. 이때에는 cutting edge을 유지하는 힘은 절삭력의 감소로 말미암아 희생될 수 있기때문이다. 일반적으로 drill은 연한금속 을 가공할때 원주에서 파손이 생기는 경향이 있고 drill의 중심에서 생기는 파손은 경한금속 을 가공할때 일어난다.

(c) helix angle 에 대하여

먼저 설명한 2 개의 값과는 달리 δ 은 drill의 원주 상에 큰영향을 준다. δ 의 증가는 drill의 축주변에서 δn 및 δe 의 2 값을 크게 증가시키는 동시에 중심부에서도 양자를 약간증가시킨다. 그리하여 δ 의 증가는 특히drill의 원주에서 만은 절삭인선을 횡단하는 모든 면을 지지하지않아 절삭을 자유롭게 하는결과를 초래한다 적은선단각과 얇은web를 가진 큰 δ 은 약한재질에 사용되며 고온합금 및 스테인레스 강철 같은 강한재질에는 반대로 적은 헬릭스각도가 사용된다.

drill의 절삭력

drill 가공 역학의 견지에서 볼때, 드릴링하는 힘은 2개의 중요한양, 회전력, 즉torque(M)와thrust(F_a)로 구별된다. drill의 torque는 단위 체적당의 u의 향으로서 아래와 같이 표시할수 있다.

$$M = \frac{tuD}{4}$$

여기에서 $2t$ 는 feed rate이며, 모든양은 in-lb-sec의 단위로 표시되어 있다. drill을 회전시키는데 필요한 馬力은

$$HP = 2\pi M / 396,000 = 3.96 \times 10^{-6} u n t D$$

단N는 drill의 매분회전수(r.p.m)이다.

3. 실험장치 및 방법

3-1. 실험재료

- 1) DRILLING MACHINE-- 高速度綱 DRILL, 단MARGINE DRILL
- 2) MOBILMET 25
- 3) 피삭재 -- SB41, SM45C
- 4) 절삭금정지 장치

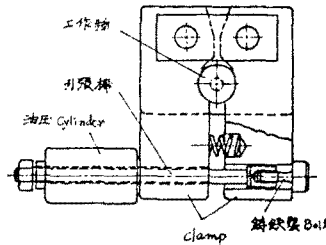


그림 2. 절삭 정지 장치

3-2. 실험방법

超硬Drill을 사용하여 구멍을 뚫을때 특히 절삭 Chip의 생성, 절단 및 배출의사항을 설명하기 위해서는 그림1에서 보는바와 같이 금정지장치에 의해실험이 되었다.

사용된재료로는 SM41, SM45재를 직경 40mm, 높이 40mm이며 공작물이 Clamp사이에 단단이 보 되어있다. 보른력은 引張棒 과 청동제Bolt를 油壓Cylinder로 잡아당기는 것에의하여 생긴다. 구멍뚫기가 개시되고 구멍깊이가 약20mm되었을때 油壓Cylinder의 압력을 급격히 상승시켜 청동제Bolt를 인장파단 시킨다. 이순간공작물이 분리되어 Drill과 함께돌기시작한다. 이때에主軸回轉數는1000rpm, 이송0.4mm/rev 회전각 2.3이며, 가속시간이 짧고구멍뚫기가 급정지된다. 또한구멍뚫을 관찰해보면 drill중심부근 에서도 정상적인 절삭이 행하여 지고 있는것 을 알수있다. 또 고속입태와 빠른이송일때 drill 외주측구멍 및 구멍뚫부근 의 구멍벽면에는광택이있고곳에는 형성인선에 의한과 절삭이 일어나고 있지않다고 관측되었다. 그러나중심측의다듬질면에는 광택이 없이 형성인선 예의한 급유한 탈락편을 부착하였다구멍뚫기

실험에 사용된 DRILLING MACHINE 의 주축은 15HP 의 油壓원에 이어진 加속油壓 모터에 의해 가동되며 최고 회전수는 2500rpm 이었다.

切削力 측정실험은 pipe부에 gage를 붙이고 피삭재는 직경 55mm, 봉길이 50mm로 절단해서 사용하였다. 超硬drill 의 negative 쪽은 SB41재 일때에 이송 0.4mm/rev, SM45C재 일때에는 0.2mm/rev이며 어느실험에서도 Mobilmet25 를 약 1/min으로 공급했다. Fig3은 切削力의 측정결과의 일부를 나타낸것이다. 그림에서 각plot들은 각각의 가공조건으로 6회의 실험을 되풀이해서 그평균치를 보였다. 그림에서 나타난바와 같이 切削力 과 이송양간의 직선관계가 성립되고 超硬Drill 의 切削力이 高速度鋼Drill 일때보다 상당히 크다. 또한 SM45C 일때의 결과가 나타나지 않으나 SM41일때와 거의 같다. 또한 단margin형 과 複margin형 사이에서 切削力 차이가 알기어려웠다.

특히 切削Torque 의 결과에서 양type의 margin 에 있어서 Punish Torque 큰차이가 없었다. 超硬 drill 쪽이 切削力이 큰인인 으로서는 비틀림각이 적고, 切削Chip 을 cut하여 단 배출될때에 흠뿔 구멍벽에서 강한 구속을 받아서 단의 energy를 필요로 했다는 것을 생각할수있다. 超硬Drill 일때에는 切削Chip이 딱히는 것이없고 Smooth 하게 배출되므로 切削力은 Drill의깊이와 무관하게 일정하다. 또Drill이 가공중됨때에나 진입할때 切削力이 급격히 증가한다는 것은 증명될수없다. 切削力측정실험으로 얻어진 구멍의 측정한결과를 Fig4에 나타낸다. 廣大代는 구멍의 깊이를 10, 20, 40mm 3가지로 측정하였다.

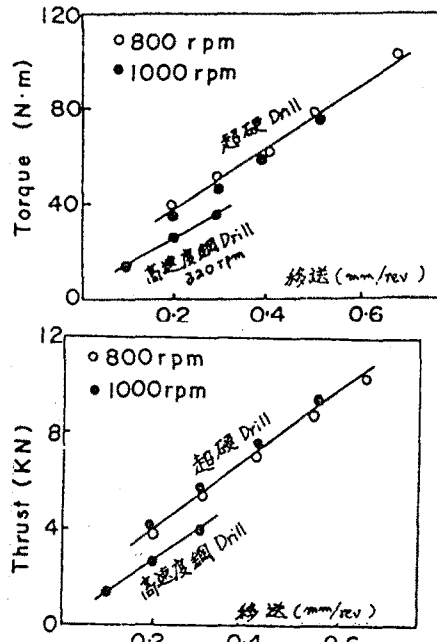


그림 3. 切削 Torque, Thrust의 測定結果

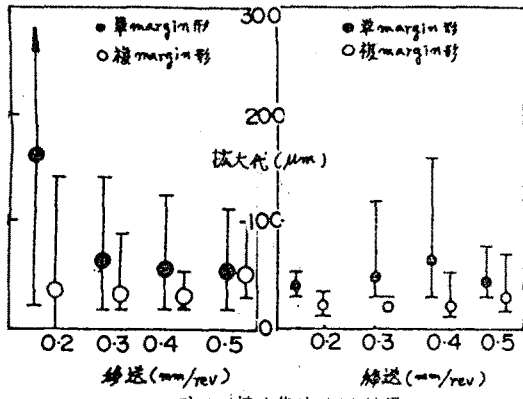
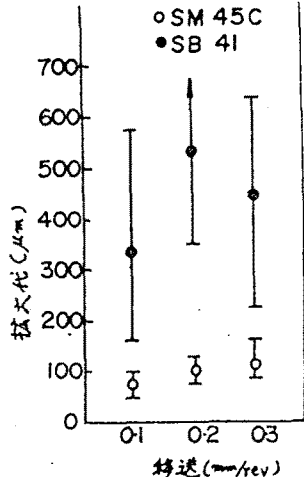


그림 4. 廣大代의 測定結果



4. 결과 및 고찰
 fig4 에서와같이 超硬drill 일때에 廣大代는 高速度鋼 drill에 비해 상당히적이고 그평균치의 대부분은 20-60 μm의 범위 에 있다. 또한 단margin형 超硬drill 일때보다도 複margin형 超硬drill쪽이 廣大代가 명확히 적어지고있다. 高速度鋼drill로 被削材 의 종류에 의한차이는 대단히크지만 超硬 drill일때보다는 큰차이는 없다. 高速度鋼에비해 超硬 drill일때가 精密度가 양호하기 위해서는 drill의강성이 높고, drill중심부근에서도 절연에 의해 切削이 진행되어 chisel부의 경사각이 생기지 않으므로 거기서 발생하는 힘이 비교적안정되고, drill의 본체및 절연의 제작精密度가 높고, 절연에 의해 切削상태가 안정될것, 때문에 drill의 진동및 步行現象이 일어나기 어렵고, drill의벽의 절연에 있어발생하는 형성인선이 안정하고있어 그것에 의한 과切削이 구멍벽측에 생기지 않는다.

5. 결론
 이상의 超硬drill의 구멍뚫기 실험과 참고문헌에서 다음과같은 결론을 얻었다.
 1) 超硬drill로서는 음이나 구멍을 뚫을시 종래의 문제시던 절연의 chipping이 방지되고 절연chip이 주기적으로 되어 지장없이 배출된다.
 2) 高速度鋼drill 보다 超硬drill의 가공구멍의 精密度가 더정밀하다.
 3) 切削Torque, Thrust는 일반적으로 高速度鋼drill보다 超硬drill이 상당히크다.

참고문헌
 1. 초정절삭 단인공구각이 절삭력에 미치는 영향에 관한 연구 (1978) 단국대학원 김석두
 2. H. Negish, K. Aoki & T. Sata, study on Tool Failure of Carbide Tools in interrupted Turning Ann. CIRP, 29, 1, (1987).
 3. 공작기계의 절삭이론 (1962) 필립 C. 쇼오
 4. 中山一雄, 小川城 : "切りくす かう見 すなね しれ トの切削性能" 精密機械, 43卷 4號, P 427(1977)
 5. 結城明泰, 長谷川嘉雄, "きりもみおける半徑力" 精密機械 43卷 12號 P 1440(1977)