



論文

드릴공구 수명에 미치는 다이아몬드상 카본 피막의 효과

이구현*·김성완*·니히라노부히로**

*산업과학 기술연구소

**동경도립 기술센터 금속부

Effect of Diamond Like Carbon Coating on the Endurancer of Drill

Ku-Hyun Lee*, Sung-Wan Kim*, Nobuhiro Nihira**

*Korea Institute of Machinery & Metals, Changwon, Korea

**Tokyo Metropolitan center, Tokyo, Japan.

1. 서 론

탄소 동소체의 하나인 다이아몬드는 고경도, 고탄성, 저열팽창, 고열전도도 등 다른 물질로서는 얻을 수 없는 많은 우수한 특성을 가지고 있다.

따라서 다이아몬드 피막을 얻을 수 있으면 광범위한 분야에 응용이 기대되어 여러가지 피막제조기술의 실용화 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 열전자에 의해서 벤젠(C_6H_6)을 이온화하여 가속시켜 기관에 피막을 제조함으로써 저온에서 카본 피막을 생성시킬 수 있었다.

타 방법에 비해 매우 경제적인 이 방법에 의해 얻어진 피막은 고경도와 낮은 마찰계수 등 다이아몬드와 유사한 특성을 가지고 있어 다이아몬드상 카본피막(i-C막)으로서 많은 분야에 응용이 기대되고 있다. 본 연구에서는 가공 정도가 높고 요구되고 있는 절삭공구의 하나인 드릴에 코팅처리하여 구멍 가공시의 마모상황 및 절삭저항을 측정하여 내구성에 미치는 i-C막의 효과를 검토하였다.

2. 실험방법

시험에 사용한 드릴로서는 마모상황을 용이하게 관찰코저 날끝의 형상이 단순한 시판의 SKH 51 재 센터드

릴(ϕ 3mm)이었다. 그림 1의 장치에 의해 표 1의 조건에서 피막처리한 i-C피막의 추정피막 두께는 약 0.8 μm 이다. 비교 시험용으로 TiN 코팅한 것과 코팅하지 않은 것을 사용했다.

피삭재로서는 마모형태를 고려하여 응착마모가 주로 일어나는 SUS 304와 긁힘 마모가 주로 일어나는 CFRP 응착 및 긁힘이 복합된 마모형태를 가지고 Al-Si (AC 3A)를 사용했다. 기준을 삼기 위해서 가공이 쉬

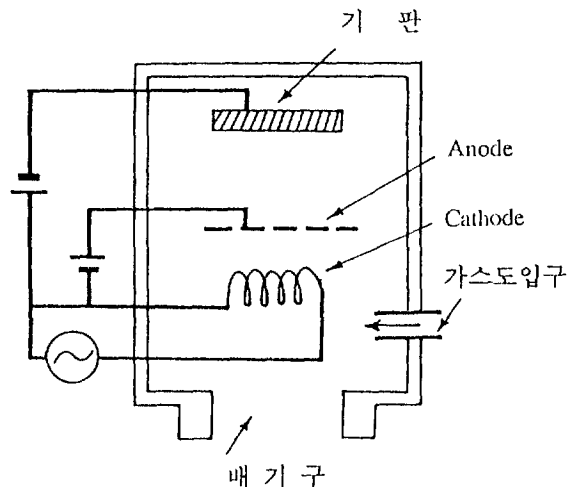


그림 1. i-C막 생성장치 개요

표 1. i-C코팅처리조건

가스 압력	4.5×10 ⁻⁴ Torr
기관 전압	1300 V
기관 전류	11 mA
아노드 전압	75 V
아노드 전류	140 mA
캐소드 전류	16.2 A

운 판두께 6mm의 S45C 소재를 선택, 피삭재로 사용했다. 구멍 가공은 NC 밀링에서 무윤활 상태로 행했다.

이때 가공조건으로는 회전수는 1600 rpm, 이송속도 0.05 mm/Rev, 절입 깊이는 5mm로 일정하게 했다. 마모폭의 측정은 공구현미경에 의해서 행하였다. 가공중의 절삭저항의 변화는 Z축 방향의 이송 분력을 이용하여 수정압전식 절삭동력계에 의해서 측정했다. 일부 피삭재에 대해서는 피가공면을 SEM으로 관찰, 그 표면상황으로부터 i-C막의 효과를 확인했다.

3. 실험 및 고찰

3.1. 마모상황

그림 2에 각 재료의 구멍 가공시의 가공 구멍수와 마모폭의 관계를 나타내었다. 가공이 쉬운 S45C 뿐만이 아니고 가공이 어려운 SUS 304에 대해서도 i-C피막은 현저한 효과가 나타났다.

코팅처리하지 않은 드릴을 사용한 경우는 가공초기 단계에서 마모가 심하게 일어나 30개 정도 구멍가공을 한후 사용을 할 수 없게 되었다.

그러나 피막처리한 드릴은 50개 가공 후에도 마모폭은 작고 또 충분히 사용가능한 상태였다.

특히 i-C막을 코팅한 것은 50개 가공시 까지 급격한 마모폭의 증가는 볼 수 없다. 이것은 탄소의 특성인 윤활작용이 기여하고 있는 것으로 생각된다. 각 드릴의 최종가공 후의 마모상황을 사진 1에 보이고 있는데 i-C피막을 코팅한 것은 거의 마모가 되지 않았고 코팅처리하지 않은 공구는 윤착이 심하게 일어난 것을 볼 수 있다. 위의 결과로부터 i-C피막은 윤착방지와 동시에 윤활효과 및 치절부의 마모를 억제하는 효과가 있음을 확

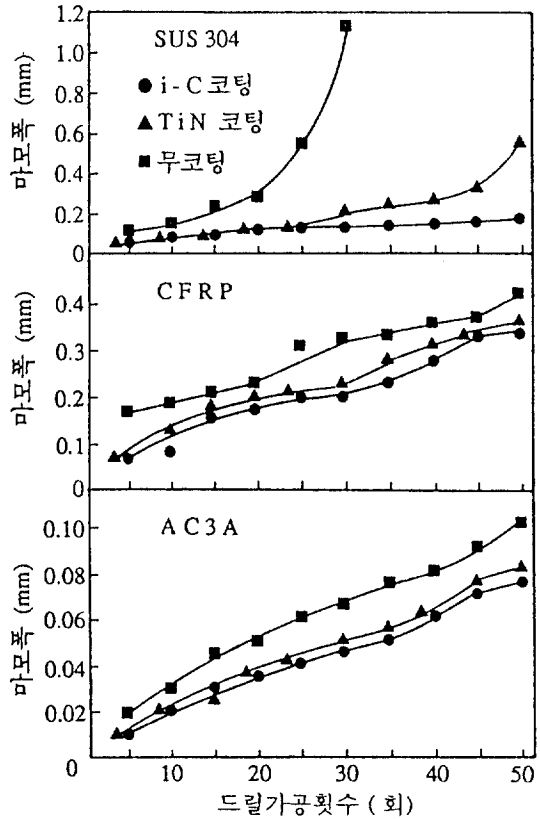


그림 2. 각 재료를 드릴가공시 드릴 가공횟수와 마모폭 관계



i-C 코팅 (50회) TiN 코팅 (50회) 무코팅 (30회)

사진 1. SUS 304의 구멍 가공한 드릴의 선단부 SEM사진

인할 수 있었다.

CFRP는 연질의 수지외에 경질의 탄소섬유가 존재하고 있기 때문에 일반 금속의 가공형태와는 다르고, 특이한 마모현상을 가지는 것으로 심한 긁힘 마모를 일으키는 소재이다. 가공중에 탄소섬유에 의한 심한 긁힘 마모가 예상되었다. 그림 2에서 볼 수 있는것과 같이 어느정도 코팅효과는 확인되었지만 큰 내구성 향상은 기대할 수 없다. 그러나 이때의 마모부를 SEM에 의해

서 관찰한 결과에 의하면 탄소섬유에 의해 코팅층이 떨어져 나감을 볼 수 있어 향후 i-C 피막의 밀착력을 향상시킬 수 있으면 충분히 내구성의 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 응착마모와 굽힘 마모가 공존하는 것으로 생각되는 AC 3A 경우는 CFRP를 가공한때 보다도 코팅 효과가 확인되었다. 그러나 i-C피막과 TiN피막과의 사이에는 큰 차이가 없었다.

3.2. 절삭저항

가공정도에 미치는 영향을 조사하기 위해 가공중 절삭저항을 측정하였다. 그림 3은 SUS 304, AC 3A 및 CFRP를 구멍가공할 때의 가공구멍개수와 절삭저항의 관계를 보이고 있는데 사용한 재료에 대해서 i-C피막이 효과적임을 알 수 있다. SUS 304에 대해서는 30개 정도 구멍까지는 i-C피막과 TiN 피막 사이에 큰 차이는 확인되지 않았지만 30회를 초과하면 TiN피막을 코팅한

것은 절삭저항이 크게 변화되었다. AC 3A에 대해서는 코팅 효과는 확인되지만 코팅하지 않은 것이 약간 변동이 큰 정도였다. 또 i-C피막과 TiN피막과의 사이에는 차이가 없었다.

이상과 같이 SUS 304 및 AC 3A의 가공시에 있어서 절삭저항의 변동은 앞의 마모 변화조사 결과와도 잘 일치하고 있고 CFRP에 관해서는 특이한 현상을 볼 수 있었다. 즉 CFRP 마모에 대해서는 코팅의 효과는 별로 없었지만 절삭저항에 대해서는 특히 i-C 피막의 효과가 큼을 알 수 있다.

이 경우 i-C 피막처리하지 않은 다른 공구는 가공구멍의 수 증가와 함께 절삭저항이 점차 상승하고 있지만 i-C피막을 코팅한 것은 대체로 일정한 낮은 값을 갖고 있었다. 이것은 i-C피막의 윤활효과에 의한 것으로 사려되며 CFRP의 가공에 관해서는 가공정도의 향상의 관점에서는 유리할 것으로 생각된다.

그림 4는 CFRP를 구멍가공 중의 절삭저항변동을 나타내는 것으로 여기에서도 i-C막의 명확한 효과를 볼 수 있다. TiN피막을 코팅한 것과 코팅하지 않은 것은 구멍가공시 개시하여 종료하기까지의 절삭저항은 계속하여 변화하고, 미끄럼 현상을 보이고 있으나, i-C피막을 처리한 경우 기록지의 종축 감도를 다른 드릴의 2배

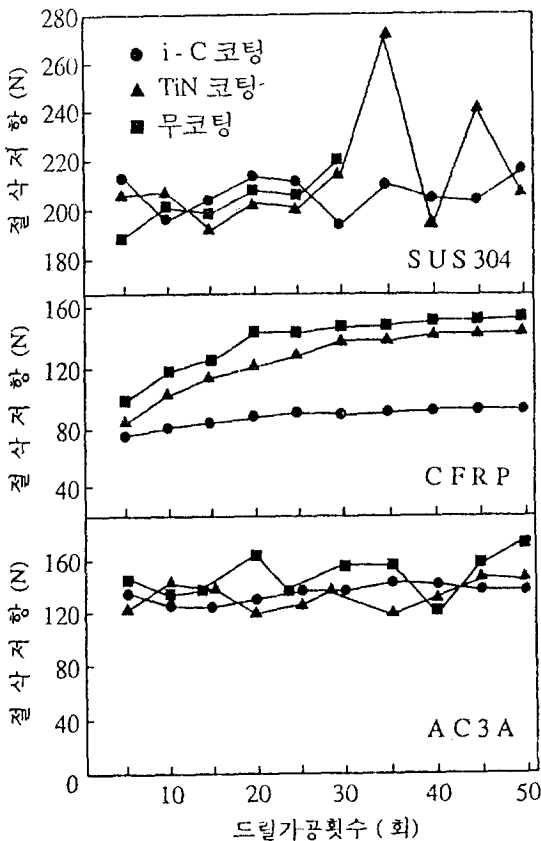


그림 3. 각 재료를 드릴가공시의 드릴가공횟수와 절삭저항 관계

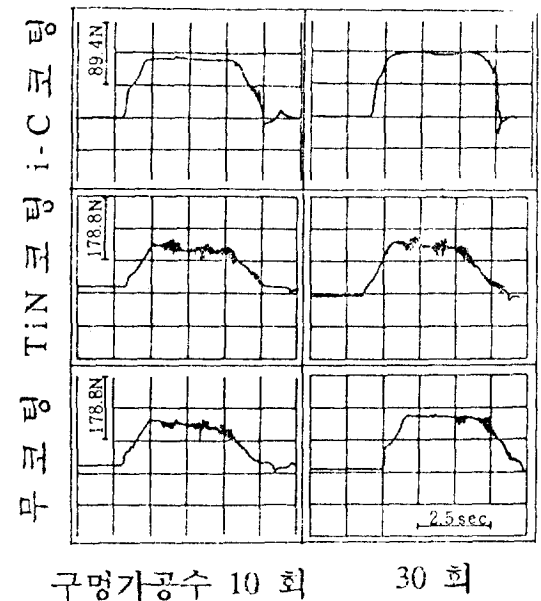


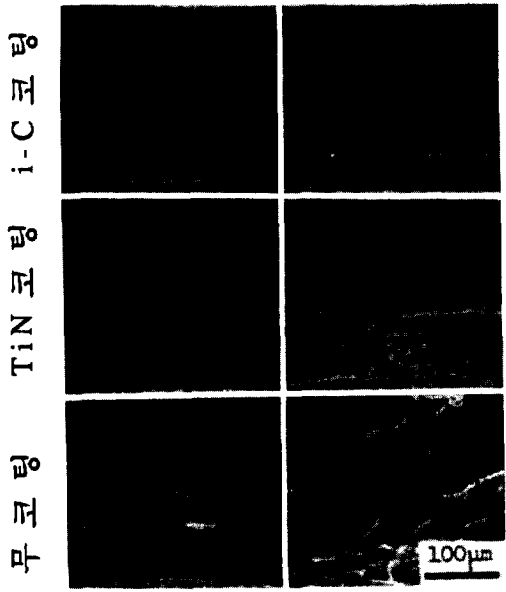
그림 4. CFRP를 구멍가공중 절삭저항 변화

로 하였음에도 불구하고 거의 일정하며 가공중에 거의 절삭저항의 변동없이 안정함을 알 수 있었다.

3.3. 피가공면의 표면상황

사진 2에 SUS 304의 피가공면의 SEM 관찰사진을 보이고 있는데 i-C코팅이 윤택효과가 현저함을 알 수 있다.

코팅하지 않은 드릴에 의해서 가공된 면은 15 개정도 가공후 벌써 용착 및 균열현상이 관찰되었지만 i-C피막을 처리한 드릴에 의해서 가공된 면은 25 개 구멍가공후에 있어서도 가공흔적만 볼 수 있다. 30 개 이상 가공하면 코팅하지 않은 드릴에 의해서 가공된 면은 심하게 용착이 일어남을 볼 수 있다. 앞서의 마모폭이 급상승하는 결과와 잘 일치하고 있다. 그러나 i-C피막을 코팅한 드릴로 가공된 면은 50 개 구멍을 가공한 후에 있어서도 가공흔적이 주체이고, 극히 적은 플럼 마모 흔적을 볼 수 있는 이때의 TiN피막을 코팅한 드릴에서는 가공면에 용착부분이 넓게 되어 있거나 일부 보이지만 비교적 양호한 상황을 나타냈다.



구멍가공수 25 회 (15회) 50 회 (30회)

사진 2. 구멍 가공후 SUS 304 피가공면(()무코팅경우)

S 45C의 가공면에서도 i-C막의 효과가 나타났다. 이 경우에 특징적인 것은 가공중에 있어서 드릴에 칩이 부착되는 것으로 이 칩의 부착상태는 가공중에 현저한 차로 나타난다. 코팅하지 않은 드릴과 TiN 코팅 처리한 드릴에서는 부착량이 많고 코팅의 배출이 곤란하였다. 이 칩의 부착원인은 가공 중에 마찰열에 의해서 공구 혹은 칩이 자성을 가지는 것으로 생각된다. 이와 같은 드릴로 가공하면 항상 칩으로 덮힌 드릴로 가공하는 것 같이 되어 이때 가공경화된 칩이 피가공면에 강하게 작용하여 2차 용착현상이 생김을 알 수 있었다.

AC 3A의 가공면에 관해서는 뚜렷한 코팅의 효과는 나타나지 않았다. AC 3A의 경우 Si 함유량이 많기 때문에 가공중에 부서진 Si가 피가공면에 강하게 작용하여 전반적으로 플럼마모가 관찰되었다. 피막처리하지 않은 드릴로 가공된 면은 가공흔적을 빈틈없이 전부 칠한 것과 같은 큰 흔적이 관찰되었는데 이것은 드릴에 의한 용착 Al에 의한 것으로 생각된다.

4. 결 론

공구에 의해서 강을 가공할시 그 접촉부는 발열에 의해서 고온에 달하기 때문에 카본계의 다이아몬드는 강과 간단하게 반응하므로 공구로서의 사용에 적합하지 않은 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 얻어진 i-C피막은 강의 가공에 대하여서도 현저한 효과가 얻어졌다.

특히 SUS와 같은 난가공재에도 특히 유효한 것으로 판명되었다. 다이아몬드 공구는 다이아몬드 가공 중에 강과의 접촉부가 고온에 달하면 반응이 생기는 것은 당연하다. 그러나 본 실험결과에서 밝혀진 바와 같이 i-C막을 코팅한 공구에서 i-C막은 2차적인 저해 역할을 담당하고 있는 것이다.

예를들면 SUS 304를 가공한 경우 i-C피막의 윤택작용에 의해 가공중의 승온이 방해되고 있기 때문에 피가공재의 가공경화 진행이 완화되고 가공을 용이하게 하고 있는 것으로 생각된다. 또 강한 플럼 마모를 수반할 때는 현상에서는 그다지 내마모성 향상은 기대할 수 없는 것이지만 이 경우는 모재의 선정문제와 i-C피막의 밀착성 문제 등 향후 검토되어야 된다.

특히 광범위 응용을 생각한 경우 i-C피막의 적절한 생성방법과 생성조건의 선정 등은 완성된 것은 아니고 피막의 특성조차 명확하지 않다. 향후 이런 것이 해명되면 i-C피막의 효과는 여러분야에서 응용될 것이다.