

超硬鋼用드릴의 개발현황과 전망



고 성 림 (대한중석(주) 초경사업본부)

- '80 서울대학교 기계공학과 졸업
- '83 서울대학교 기계설계학과 대학원 졸업
- '89. 11 Univ. of California, Berkeley 생산공학 박사
- '90-현재 대한중석(주) 초경사업본부 공구개발팀장

1. 서 론

최근의 급속한 computer산업의 발달과 아울러 유연성 있는 생산방식(Flexible Manufacturing System)이나 공장자동화(Factory Automation)와 같은 고도의 생산방식의 발달을 추구하고 되었다. 이러한 생산방식은 고도의 정밀도를 요하는 공작기계와 자동화된 전달장치 및 조립장치로 이루어져 있으며, line화된 각 공정에서는 원가절감을 위한 신속하고 정밀도 높은 작업을 요구하고 있다. 최근에 생산되는 머시닝 센터는 고강성(高強性)의 몸체와 고속 고마력의 주축 모터 그리고 마이크론 단위의 위치 정밀도로 특징지어지는데 이로써 고속 중(重)절삭의 정밀 가공이 가능하게 되었다. 공작기계의 발달에 따라서 이에 걸맞는 성능의 공구를 요구하게 되는 것은 지극히 당연한 현상이라 할 수 있다.

점차로 고속 고이송의 절삭 조건에 적합한 공구의 개발과 함께 공구의 소재도 종래의 고속도강으로부터 고온 특성이 뛰어난 초경합금, cermet와 ceramic공구로 변하고 있다. 아직은 대부분의 공구시장이 고속도강과 초경합금으로 지배되고 있음을 표 1로 부터 알 수 있다[1]. 절삭 가공 방법에 따른 분류를 그림 1로 부터 살펴보면, 드릴 가공이 전체 절삭 가공중 25%정도로써 큰 비중을 차지하고 있다[2]. 초경합금 공구의 시장 지배율을 보면, 선삭가공의 90%, 밀링 가공의 60% 정도와 비교하여 드릴 가공의 경우 15%로서 매우 낮은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이 15%의 드릴도 대부분 Gun Drill이나 BTA Drill과 같은 깊은 구멍용이나 주철, 비철금속의 구멍 가공에 주로 사용되고 있고, 강(鋼) 가공용 트위스트 드

표 1) 공구시장 현황

* 환율 : '88-730, '89-690, '90-730 (단위 : 백만원)

구분 업종명	국내 생산			수 출			수 입			국내 시장		
	'88	'89	'90계획	'88	'89	'90계획	'88	'89	'90계획	'88	'89	'90계획
다이아몬드 공구	81,662	103,511	136,520	9,907	12,612	17,767	3,555	3,588	4,601	75,310	94,487	122,814
고속도공구강 공구	51,458	53,927	73,012	5,592	7,181	11,671	30,419	38,354	56,915	76,285	85,097	118,256
초경공구	59,639	73,266	88,136	6,045	9,920	15,471	40,906	52,965	75,416	94,500	116,311	148,411
인몰공구	15,660	17,110	19,222	1,477	1,920	2,743	10,970	114,660	21,713	25,153	29,850	38,192
수공구	23,673	30,196	38,205	21,405	15,211	17,702	16,568	22,239	32,910	18,836	37,221	53,113
천동및공기 의공구	36,066	40,586	16,160	7,947	8,781	11,148	27,449	38,857	61,661	55,568	70,662	96,976
기타공구	5,301	9,519	12,078	1,095	5,437	6,903	3,577	25,868	32,811	7,783	29,980	38,016
합 계	273,459	328,115	113,933	53,468	61,065	83,405	133,441	196,531	285,580	353,435	463,611	616,108

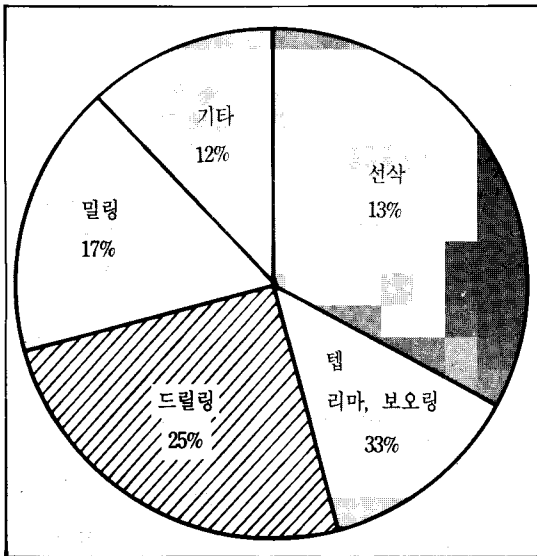


그림 1) 전체 절삭가공에서 드릴작업의 비중

릴은 대부분 고속도강 드릴에 의존하고 있는 실정이다. 이것은 드릴 외주부와 선단부의 큰 속도 차이와 선단부의 chisel edge로 인한 강에서의 원활하지 못한 칩 배출이 저속가공 특성이 약한 초경합금의 적용을 어렵게 하기 때문이다. 고속도강 드릴 공구의 강 가공은 드릴의 강성과 긴 칩으로 인해서 최근의 머시닝 센터가 요구되는

수준을 만족시켜주지 못하고 있는 실정이었다.

1980년대에 일본과 유럽에서 이에 대한 개발이 활발히 이루어져 다양한 초경합금 강용(鋼用)드릴이 현재 생산되고 있다. 표 1에서 보는바와 같이 아직도 국내 공구 시장의 수입 의존도가 높으며 대부분의 수입 공구는 부가가치가 높은 것으로서 이중에 초경강용드릴도 그 일부를 차지하고 있다. 생산방식과 공작기계의 발달에 따른 공구의 개발이 절실히 요구되고 있는시점에 초경강용드릴의 개발에 의한 국산화는 그 의미가 자못 크다 할 수 있을 것이다.

2. 초경강용 드릴의 필요성

2.1. 고속도강 드릴의 鋼가공과 초경강용 드릴의 출현

고속도강 공구의 고온특성으로 인하여 700℃ 이상에서 작업이 어렵기 때문에 낮은 절삭 속도에서만 작업이 가능하다. 그림 2에서 보는 바와 같이 700℃ 이상에서의 경도값이 급격히 떨어짐으로 고속 절삭이 어렵다. 대신 인성이 초경합금에 비해서 양호하기 때문에 강가공시 낮은 절삭속도에성 사용되고 있다. 또한 強性이 작아서 드릴

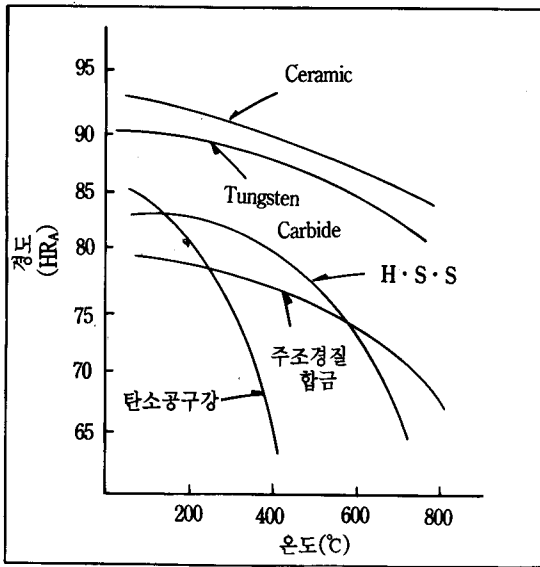


그림 2) 절삭공구 재료의 고온경도

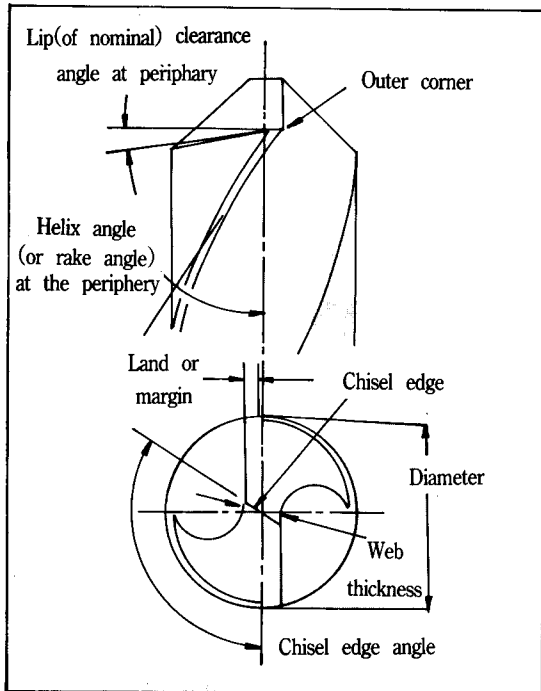


그림 3) 트위스트 드릴의 제원

작업시 피삭재의 불균일성과 드릴의 자체중심잡기 기능의 약화로 인해서 휘기 쉽기 때문에 이송량 역시 제한을 받는다. 강가공시의 작은 이송량은 칩의 두께의 감소를 의미하는데 이것은 칩의 강

성을 감소시켜서 칩의 절단을 어렵게하여 우리가 늘 접하고 있는 연속형의 긴 원추형 칩이 발생한다. 이와같은 긴 칩은 칩배출과 고속 회전을 더욱 어렵게 만든다. 더욱이 종래의 트위스트 드릴은 그림 3에 나타난 chisel edge의 영향으로 큰 음의 공구 경사각으로 큰 절삭 저항의 작용한다.

이상과 같은 고속도강 드릴의 문제점을 해결하기 위해서 1977년 Hosoi에 의해서 처음으로 chisel edge가 없는 초경강용드릴이 소개된 이래 일본의 Dijet사, Mitsubishi사, Sumitomo사 그리고 Toshiba사에서 같은 계열의 강용 드릴이 개발되어 시판되고 있으며 유럽에서는 Sandvik사에서 유사한 계열의 드릴이 개발되었고 Hertel사의 S형 선단부 연삭방법에 의한 SE드릴이 현재 시판중에 있으며, 각 제품의 특징이 그림 4에 잘 나타나 있다.

2.2. 초경 강용 드릴의 특징

이상의 각 제품들의 특징을 종합해보면 가장 우선적으로 음의 공구 경사각을 갖는 chisel edge를 제거하여 절삭 저항을 크게 감소시키고 원활한 칩 배출을 가능케 하였다. 둘째는 적절한 칩파단에 의한 원활한 칩배출을 위해서 그리고 드릴의 강성을 높이기 위한 적절한 형상의 flute모양, 세제는 강력 절삭시 발생하는 높은 열의 방출을 위한 절삭유의 내부 급유를 가능케 하였다. 네째는 PVD 코팅의 실시를 통해서 기계적, 열적 특성을 강화시켰다. 이와같은 특성을 갖는 강용드릴의 고속, 강력 절삭과 정밀 가공을 가능케 하기 위해서는 견고한 스핀들과 고마력의 주축 모타 그리고 내부급유가 가능한 CNC드릴 전용기나 머시닝 센터에서 작업이 이루어져야 한다. 생산방식의 발달에 따라서 일반 범용 공작기계의 작업이 전용기나 머시닝 센터로 옮겨지는 추세를 생각하면 이와 같은 고도의 초경 강용드릴의 출현은 필수적이라 할 수 있겠다. 이러한 공작기계와 공구의 조화로 이루어지는 생산성에 있어서의 향상은 엄청난 것이다. 표 2 에서 고속도강 공구와 초경 드릴에서의 절삭 조건대비에 의하면 약 3~7배의 생산성의 향상을 기대할 수 있음을 알수 있다.

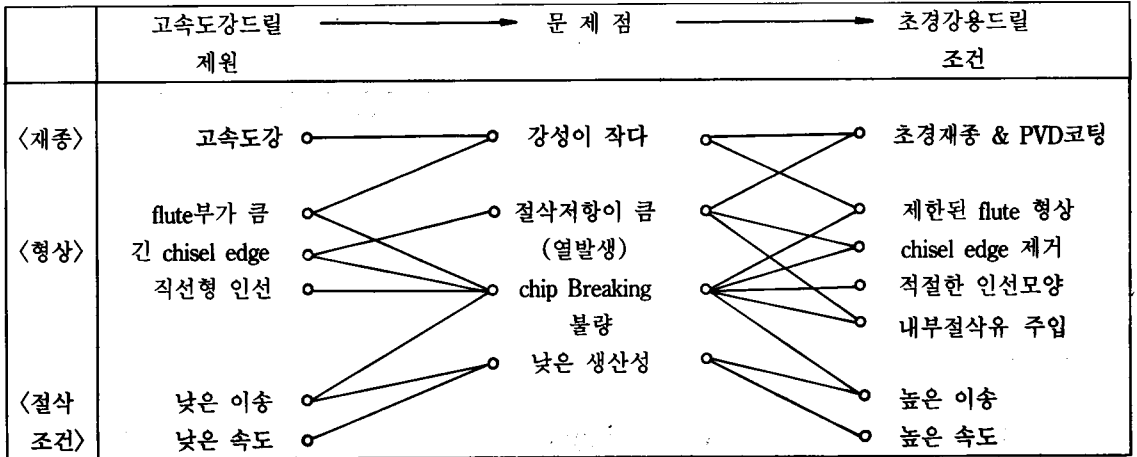
MAKER	DRILL	POINT SHAPE		CONFIGURATION	ERGRIND
		BRAZED TYPE	SOLID TYPE		
DJET	HOSOI D/R			<ol style="list-style-type: none"> 1. 최초로 CHISEL EDGE 제거한 설계 (1977년) 2. 내부 절삭유 주입 3. BRAZED TYPE 4. 직선형인선 	전용 연삭기
SANDVIK	DELTA D/R & DELTA-S D/R			<ol style="list-style-type: none"> 1. DJET 사와 기술 제휴 2. SOLID TYPE (DELTA-S D/R) 추가 - coolant hole 없음 3. 직선형인선 	전용 연삭기
MITSUBISHI	NEW POINT DRILL & ZET1 D/R			<ol style="list-style-type: none"> 1. NOTCH CENTER 형 개발 --> THRUST 부하 감소 2. SOLID TYPE (ZET1 드릴) -- coolant hole 보유 3. 직선형인선 	범용 연삭기 (brazed) & 전용 연삭기 (solid)
SUMITOMO	MULTI D/R			<ol style="list-style-type: none"> 1. CROSS THINNING에 의해 CHISEL EDGE 제거 2. S-TYPE의 인선형상 개발 3. SOLID D/R -- coolant hole 없음 	범용 연삭기
TOSHIBA	TSD D/R & DSC D/R			<ol style="list-style-type: none"> 1. 최초로 SOLID D/R에 coolant hole 개발 2. BRAZED D/R은 NEW POINT D/R과 유사. 3. S-TYPE 인선형상 (SOLID DRILL) 	범용 연삭기 (BRAZED & SOLID)
HERTEL	SE DRILL (Sculptured Edge)			<ol style="list-style-type: none"> 1. SPIRAL POINT DRILL 2. SOLID TYPE 만 있음 3. S-TYPE 인선형상 	전용 연삭기

그림 4) 기존 강용드릴의 형상 및 특성

표 2) 고속도강드릴과 초경강용드릴의 절삭조건 대비표

공구	피삭재	경도(H _B)	절삭속도 (m/min)	이송량(mm/min)		
				φ5-15	φ15-25	φ25-40
고속 도강 드릴	구조용 탄소강	140 이하	25-40	.11-26	.26-30	.30-40
		140-200	25-32	.10-22	.22-30	.30-40
		200-275	20-28	.07-20	.20-25	.30-40
		275 이하	10-20	.05-20	.20-25	.30-40
	주 철	160 이상 160 이상	20-35 15-25	.16-30 .09-25	.30-45 .25-30	.45-50 .30-36
스텐레스강		7-12	.06-18	.18-22	.22-28	
초경 강용 드릴	일반합금강	250 이하	40-90	.15-30	.20-40	.20-45
		250 이상	40-90	.10-25	.15-35	.20-40
	주 철		70-100	.20-35	.20-40	.25-50
	스텐레스강	250 전후	30-50	.10-20	.15-25	.20-30

표 3) 고속도강드릴의 문제점에 따른 초경강용드릴의 조건



그러나 실제에 있어서는 초경 강용 드릴의 초기 중심잡기와 구멍 강용 드릴의 초기 중심잡기와 구멍 정밀도의 우수성으로 인해서 센터 드릴 작업과 구멍 가공후의 리밍(Reaming)작업을 경우에 따라서는 생략할 수 있기 때문에 더높은 생산성을 얻을 수 있다. 또한 긴 공구 수명으로 잦은 공구 교환에 필요한 관리 시간을 줄일 수 있으며 안정된 수명으로 공장자동화(FA) 생산방식에서 자동공구 교환도 가능하게 한다.

3. 초경 강용 드릴의 개발

고속도강의 鋼에서의 구멍 가공시 갖는 한계성을 재종과 형상의 측면에서 언급함으로써 초경 강용 드릴의 조건들을 발견할 수 있다(표 3). 초경 재종이 드릴의 선단부에서의 저속절삭에 적합하도록 새로운 재종의 개발과 드릴의 강성을 증가시키고 절삭 저항 감소 및 칩 배출을 원활하게 하기 위한 형상의 개발이 요구된다.

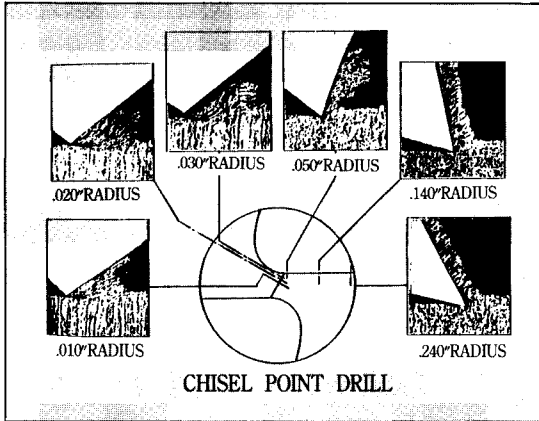


그림 5) 드릴인선의 위치에 따른 절삭의 관찰

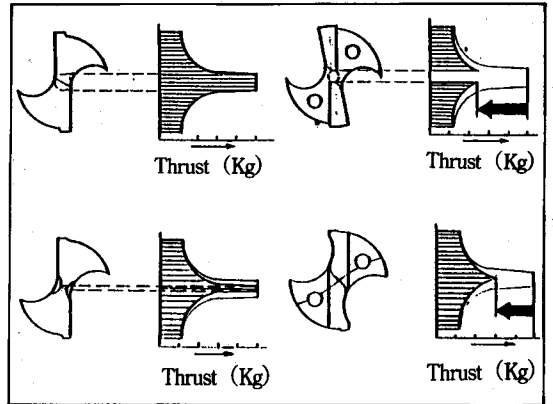


그림 7) Chisel edge형상에 따른 절삭저항

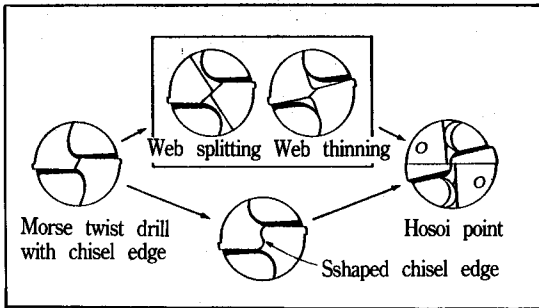


그림 6) Chisel edge의 변천과정

3.1. 형상 개발

3.1.1. Chisel Edge의 형상 결정

그림 5에서 보는 바와 같이 드릴의 선단부에서의 절삭 속도는 '0'에 가까우며 chisel edge에서의 공구 경사각이 점점 큰 음의 값을 가지면서 절삭날에 의한 절삭이 아닌 쇄기에 의한 밀어내기 식의 절삭이 이루어지기 때문에 커다란 절삭 저항이 발생한다. 또한 반경 r에 있는 공구 여유면이 이송에 의해서 간섭을 받지 않기 위한 최소의 여유각은, $\beta = \tan^{-1}(f/2\pi r)$ 로 결정되는데, 이것은 $r \rightarrow 0$ 인 선단부에는 늘 간섭을 받는 것을 의미한다. 이와같은 chisel edge에서의 어려운 상황을 개선하기 위하여 그림 6에서와 같이 chisel edge의 길이를 줄이기 위해서 web thinning이나 web splitting을 하고 음의 경사각을 줄이고 선단부 여유면의 간섭을 줄이기 위해서 S형 선단부 연삭을 하기도

한다. 그후 Hosoi에 의해서 chisel edge가 완전히 제거되고 선단부의 음의 절삭 영역이 없어짐으로써 강용드릴의 새로운 장이 열렸다[3]. 선단부의 인선을 완전히 제거한 Mitsubishi사의 New Point Drill과 Sumitomo사의 Multi Drill이 대표적인 Hosoi Drill의 계열이라 할 수 있으며 형상에 따른 절삭저항의 변화를 그림 7에서 알수있다. Chisel edge의 제거에 의한 절삭 저항의 감소효과 외에도 구멍 가공 초기 접촉시 발생하는 "walking" 현상에 의한 낮은 위치 정밀도와 구멍가공 정밀도의 향상도 생산성에 커다란 영향을 끼쳤다.

3.1.2. 원활한 Chip Breaking을 위한 형상 결정

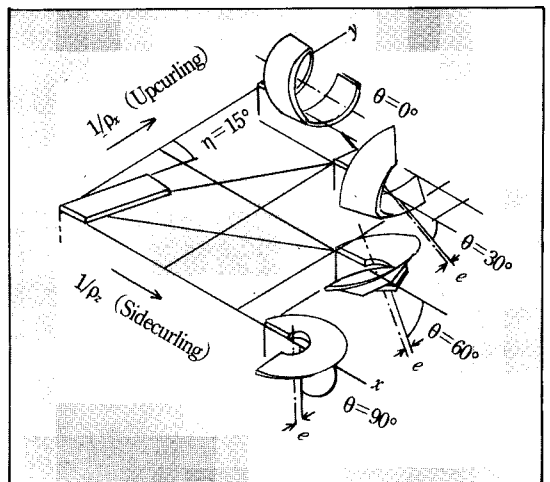


그림 8) 칩흐름각에 따른 칩형성 원리

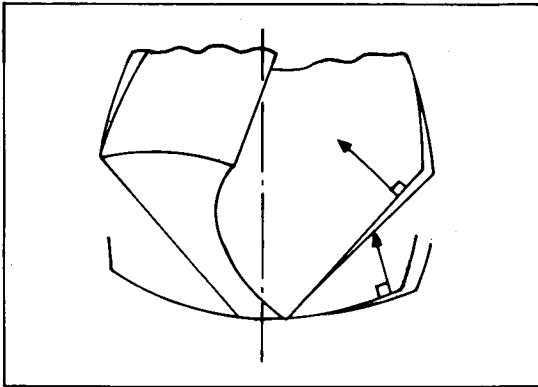


그림 9) 드릴 선단각에 따른 칩흐름각의 변화

드릴 작업에서의 칩 형성은 가공된 구멍과 드릴의 flute부 내에서의 제한된 공간에서 이루어지기 때문에 선삭의 경우와 같은 열린 공간에서의 칩 형성 기구와는 다르다. 기본적으로 칩의 형성은 그림 8에 나타난바와 같이 up curling, side curling 그리고 칩흐름각에 의해서 특징지어지고 각 curling은 피치와 반경으로 나타낼수 있다[4]. Up curling은 공구 경사각(rake angle), 구성인선의 유무 그리고 칩 브레이커와 같은 장애물에 의해서 결정되고 side curling은 인선에 따른 절삭속도의 변화에 의해서 이루어진다. 칩 흐름각은 가장 간단한 실험식인 Stabler의 식, $\eta=i$, 에 의하면 절인경사각(inclination angle)에 의해서 결정된다.

드릴 가공에 있어서는 선단각에 의해서 결정되는 개략적인 칩 흐름 방향에서의 flute 단면 형상과 helix각에 의해서 결정되는 공구 경사각

으로 up curling을 나타낼 수 있다. 그림 9에서의 보는 바와 같이 칩 흐름 방향과 각 날의 위치에 따라서 칩의 curl 형상이 큰 차이를 보이기 때문에 드릴의 선단각과 helix각이 칩의 형상 결정에 매우 중요한 역할을 한다. 드릴 작업에서 가장 두드러진 특징인 외주부로 부터 선단부로의 큰 속도차이로 side curling이 강하게 발생한다. 이때문에 통용되는 외주부로 부터 선단부로의 큰 속도차이로 side curling과 side curling의 복합적인 효과로서 긴 원추형 helical chip이 발생한다. 또 하나의 드릴가공의 칩형성시 주요한 요소중의 하나는 구멍 벽면에 의한 구속으로서 칩 배출이 간소한 형태로의 마지막 변형이 이루어진다. 이때 칩형상이 적합하지 않아 칩 배출이 원활하게 이루어지지 않으면 드릴의 성능은 크게 떨어진다. 칩의 형상별 구분에 따른 특징이 그림 10에 잘 나타나 있다[5]. 여기에서 강의 구멍 가공시 천이형 칩이 가장 바람직 하며 이와 유사한 형태의 칩 형성을 위해서 드릴의 형상 설계가 이루어져야 한다. 천이형 칩은 선단각이 큰 경우에 그림 9에서와 같이 up curling의 반경이 크기 때문에 helical 칩의 피치가 커짐으로써 반경이 작은 칩의 중심부 사이에 인장력이 발생하며 파단을 일으키고 그 상태에서 칩 형성이 계속됨으로 파단의 발달과 함께 긴 꼬리 모양을 갖게 된다. 이때 파단의 발생을 쉽게 하기 위하여 어느정도의 칩의 강성이 필요하므로 드릴의 강성이 허용하는 범위내에서 이송량이 큰 것이 유리하다. 물론 이때 발생하는 열에 대한

conical helical chip		chip이 얇을때 (Feed가 작을때) ductile한 재질	탄성변형으로 벽의 구속이 작음
helical chip with long pitch		chip이 얇지 않음 강성이 있음 ductile한 재종	벽면에 의한 구속이 있음
Transitionnal chip		chip의 강성이 큼 ductile한 재종	초기 curl이 chip의 강성과 벽의 구속으로 파단
Fan shaped & Needle Chip		Brittle한 재종	초기 구속으로 파단

그림 10) 드릴가공에서의 칩의 종류와 특징

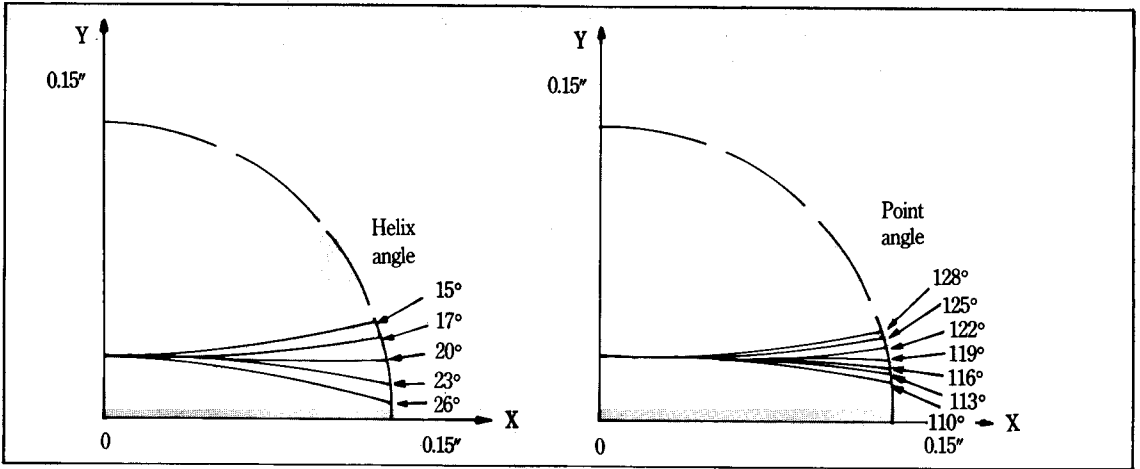


그림 11) 선단각과 helix각에 따른 인선형상의 변화

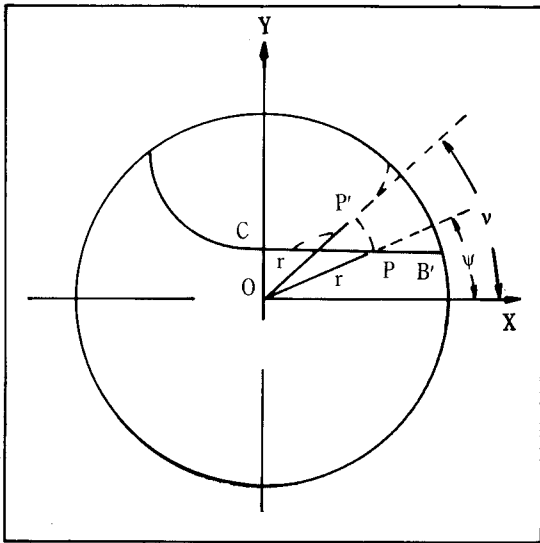


그림 12) Flute형상과 인선형상의 관계

대책과 소요 장비의 용량이 필요하다.

이상으로 앞에서 언급된 드릴 가공에서 가장 이상적인 천이형 칩을 형성하기 위해서 설계 변경에 의한 조절 가능한 형상은 드릴의 선단각, helix각 그리고 flute의 단면 형상이다. 드릴의 선단각이 표준 드릴의 118° 보다 작은 경우에는 드릴의 인선 길이가 길어지고 칩의 두께가 얇아져서 칩의 강성이 떨어지며, 인선의 모양이 그림 11에서와 같이 불룩한 모양이 되어 칩 흐름각의 영향에 의해서 칩이 더욱 얇아져서 강성이 떨어진다. 칩의 흐름도 드릴의 중심쪽으로 향하여 연

속형 helical 칩을 유도한다. 드릴의 helix 각이 크지면 칩의 유출 방향으로 곡률 반경이 작아져서 칩 파단을 어렵게 하며 그림 11에서 보는 바와 같이 불룩한 형태의 인선을 갖게 된다. 또한 칩배출 거리가 길어져서 칩 배출을 어렵게 한다. 그러나 양의 공구 경사각을 갖기 위해서는 적절한 helix각이 필요하다. Flute의 형상은 드릴의 강성과 인선의 모양을 결정한다. 그리고 드릴의 강성은 web 크기의 공구 직경과의 비로써 나타낸다.

Flute의 모양은 연삭 휠의 단면 형상과 공구 연삭기에서의 setting치수, 그리고 드릴의 helix각에 의해서 복잡하게 변하기 때문에 이에 대한 해석이 필요하다. 이렇게 결정된 flute형상과 선단부 연삭에 의한 선단각으로부터 그림 11에서와 같은 인선 형상을 예측할 수 있으며 칩의 유출각의 예측이 가능하다면 이로부터 칩 형성의 시뮬레이션이 가능하게 된다. 이미 시판되고 있는 드릴 전용 제작장비에는 이와같은 software의 일부가 내장되어서 생산의 부분적인 자동화가 이루어지고 있다. 완전한 인선 형상의 예측을 위해서는 정확한 flute형상의 예측과 선단부 연삭에 의한 여유면의 수학적 표현이 필요하며, flute 형상과 선단부 여유면의 만나는 부분을 computer를 이용하여 찾아냄으로서 인선부 형상을 결정한다. 이것을 통해서 드릴의 CAD/CAM화가 가능하게 된다[6, 7]. 그림 12에서의 점선으로 표시된 flute부의 형상과 실선으로 표시된 직선형의 인선부 형상과의 관

표 4) 초경합금 재종별 물리적 성질

ISO분류	K.T.M.C재종	경도 (HR _A)	항절력 (kg/mm ²)	압축강도 (kg/mm ²)	영율 (kg/mm ²)	열팽창계수 (X10 ⁻⁶ /°C)	열전도도 (cal/cm ² Csec)
P10	KTP10	92.8	150	460	53,000	6.5	0.07
P20	KTP20	92.2	180	480	54,000	6.0	0.08
P30	KTP25	91.7	180	480	57,000	5.5	0.10
P40	KTP40	90.1	200	470	54,000	5.5	0.12
	KTP40B	90.0	200	470	54,000	5.5	0.12
M10	KTM10	93.0	170	500	58,000	5.5	0.12
M20	KTM20	92.0	170	490	57,000	5.5	0.15
M40	KTM40	89.0	240	440	54,000	5.5	0.14
K10	KTK10	92.8	240	620	63,500	4.7	0.19
K20	KTK20	92.0	260	530	62,000	5.0	0.19
	KTK20M	92.0	260	530	62,000	5.0	0.19
K30	KTK30	90.8	280	490	58,000	5.0	0.17

표 5) 코팅재질별 특성비교

구분	초경합금	TiC	TiN	Al ₂ O ₃
피삭재와 고온반응성	大	中	小	
내산화성(°C)	500~800	1100~1200	1100~1200	
경도 (H _v)	상온(20°C)	1400~1800	3200	3000
	1100°C		200	300
열전도율 (cal/sec °C cm)	상온(20°C)	0.2~0.3	0.078	0.048
	1100°C		0.099	0.063
열팽창계수(X10 ⁻⁶ /°C)	50~60	46	26	8.5
Young율 (X10 ³ kg/mm ²)	50~60	46	26	38~53
밀도(g/cm ³)	10~15	4.92	5.39	3.97

계를 다음과 같이 나타낼 수 있다[8].

$$r = y_p / \sin \Psi$$

$$v = \Psi + y_p / R_0 (\tan \lambda_0) (\cot \Psi) (\cot \rho)$$

여기서 λ_0 는 helix각을, ρ 는 선단부 각도를, R_0 는 드릴의 반경을 각각 나타낸다.

3.2. 재종 및 코팅 개발

앞에서 언급한 바와 같이 고속도강 공구로부터 초경합금 공구의 변천은 그림 2에서와 같은 고온 특성의 우수성으로 인한 것이지만 드릴 선단부

에서의 저속 가공으로 인해서 결손이 발생하기 쉽다. 이러한 드릴 특유의 특성으로 인해서 고온 경도가 높은 cermet나 ceramic의 적용이 어렵다. 초경강용 드릴과 같이 강력절삭용 공구는 우수한 열적 성질을 요구하기 때문에 ISO 분류상의 열적 특성이 강한 P종을 사용한다. Co 함유량과 WC 입장의 크기에 따라 그리고 열적 특성 향상을 위해 첨가한 TiC, TaC의 양에 따라서 표 4와 같이 분류된다. WC입자의 크기가 미세할 수록 硬해지는 경향이 있으며(P10) Co양이 많아질 수록 인성이 향상되어 항절력의 값이 증가한다(P40). 증저속

가공으로서 열적 특성이 요구되지 않는 주철이나 비철금속에서는 기계적인 내마모%이 우수한 K종을 사용한다. 최근에는 일반 주철용 드릴과 엔드밀의 저속 가공의 상온 기계적 성질을 향상시킨 초미립자합금(UF종)이 개발되어 널리 사용되고 있으며 고속도강의 절삭 속도에서도 작업이 가능하다. 실제로 적용 피삭재의 경도 및 물성치에 따라서 적용 재종도 변하는 것이 이상적이지만 생산성과 경제성의 측면에서 가능한 넓은 범위의 피삭재를 포용할 수 있는 재종의 개발이 필요하다.

PVD(물리증착법)와 CVD(화학증착법)에 의한 금속이나 세라믹 박막 코팅이 최근에 절삭공구와 장식 분야에 널리 사용되고 있다. CVD는 700~1200℃의 고온 화학반응을 하며 모재에 민감하지만 PVD는 200~600℃의 저온 처리와 모재에 미치는 영향이 작기 때문에 드릴이나 엔드밀과 같이 재연삭을 하는 공구에는 주로 PVD 코팅을 한다. 가장 많이 사용되는 질화 티탄(TiN)의 경우 용점이 2900~3200℃이며 산화온도가 1100~1200로써 고온 특성이 뛰어나다. 또한 낮은 열전도율로 공구로 유입되는 열을 적게한다. 다른 코팅 재질의 특성이 표 5에 초경합금 특성과 비교되어 나타나 있다. 이와 같은 특성으로 인해서 강이나 스텐레스강과 같은 내열성과 내산화성을 요구하는 피삭재에 널리 사용되며 절삭 속도를 증대할 수 있기 때문에 높은 생산성을 기대할 수 있다. PVD에는 진공증착, 스퍼터링, 이온 프레이팅의 세가지로 구분되는데 주로 많이 사용되는 TiC나 TiN의 경질 복합막은 주로 이온 프레이팅 방식이 주류를 이루고 있다. 얻어진 박막의 물성은 공정변수인 가스압, 아크 전류 및 바이어스 전압에 의해서 결정되며 코팅 막과 모재와의 밀착력이 가장 중요한 성질의 하나로서 scratch test에 의해서 측정한다.

4. 결 론

앞에서 강조한 바처럼, 초경 강용 드릴의 출현은

생산방식과 공작기계의 발달에 따른 자연적인 현상임을 생각할 때, 극 시장은 매우 넓다고 할 수 있다. 높은 생산성과 정밀도의 외국 제품들이 점차로 고가로 국내 시장에 확산되고 있는 시점에 즈음하여 구산화를 통한 드릴 전반의 기술 축적을 확립함으로써 국가 경제의 수지개선에 기여할뿐 아니라 새로운 미래지향적 제품의 개발을 약속할 수 있다. 때마침 정부의 기술혁신에 대한 의지와 지원에 힘입어 상공부에서 지원하는 공업기반 기술개발 계획에 참여할 수 있게 된것을 다행스럽고 또한 감사하게 생각한다. 새로운 개발에 대한 확신과 의지로서 조그마한 드릴로부터 출발하여 공구 전반에서의 국제 경쟁력을 갖추고져 한다.

참 고 문 헌

- [1] 이상노, 기계기술, 1990. 10월, pp10-15
- [2] 上妻 直一, 機械と 工具, 1984. 10월, pp53-64
- [3] Fred Mason, American Machinist, 1988, Feb., pp49-52
- [4] K. Nakayama, M. Ogawa, "Basic Rules on the Form of Chip in Metal Cutting," Annals of the CIRP, vol. 27/1, 1978, pp17-21
- [5] 新井 實, 機械機術, 第38卷, 第4號, 1990. 4월, pp129-136
- [6] S. M. Wu and et. al., "A Mathematical Model of the Grinding Wheel Profile Required for a Specific Twist Drill Flute," Int. J. Mach. Tool Des. Res., vol. 22, No. 4, 1982, pp239-251
- [7] W. D. Tsai and S. M. Wu, "Computer Analysis of Drill Point Geometry," Int. J. Mach. Tool Des. Res., vol. 19, 1979., pp95-108
- [8] D. F. Galloway, "Some Experiments on the Influence of Various Factors on Drill Performance," Trans. of the ASME, Feb. 1957, pp191-231