



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. B24C 5/04 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년04월11일 10-0706868 2007년04월05일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2001-7014791	(65) 공개번호	10-2001-0113974
(22) 출원일자	2001년11월20일	(43) 공개일자	2001년12월28일
심사청구일자	2005년05월12일		
번역문 제출일자	2001년11월20일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/013314	(87) 국제공개번호	WO 2000/71298
국제출원일자	2000년05월15일	국제공개일자	2000년11월30일

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨,

(30) 우선권주장	09/316,786	1999년05월21일	미국(US)
	09/559,745	2000년04월27일	미국(US)

(73) 특허권자

켄나메탈 인코포레이티드
미합중국 펜실베니아 15650 라트로베 피. 오. 박스 231 테크놀러지 웨이 1600

(72) 발명자

마싸, 테드, 알.
미국, 펜실베니아15650,라트로베,53오차드드라이브

프리찌, 존, 제이.
미국, 펜실베니아15601,그린스버그,649버킹엄드라이브

시들, 데이비드, 알.
미국, 펜실베니아15601,그린스버그,1002둔던드라이브

(74) 대리인

리엔목특허법인

(56) 선행기술조사문헌

04738689	05363556 *
05439492 *	

* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 김성민

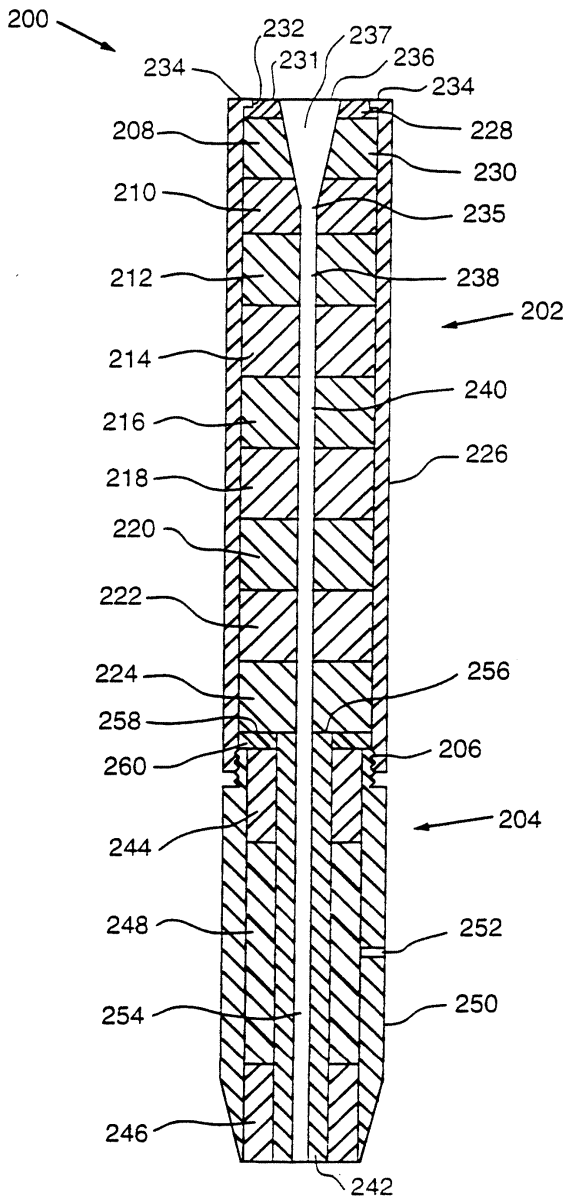
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 초강화 재료로 제조된 물품

(57) 요약

본 발명은 초강화 재료(44, 50, 60, 92, 94, 96, 97, 208-224, 230)로 안을 댄 종방향 보어(36, 238, 254)를 지니는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 90, 166, 200)를 포함하는 연마 물 분사 시스템에 관한 것이며, 그러한 시스템은 입방 질화붕소(CBN), 다이아몬드, 또는 연마 재료로서 알루미나의 경도보다 더 큰 경도를 갖는 다른 재료를 사용한다. 본 발명은 또한 초강화 재료로 안을 댄 종방향 보어를 지니는 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템의 사용방법을 포함한다. 본 발명의 실시예들 중 일부는 다수의 연결된 구성요소로 이루어지는 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 그러한 연결부는 분리가능하게 될 수 있다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1.
삭제

청구항 2.
삭제

청구항 3.
삭제

청구항 4.
삭제

청구항 5.
삭제

청구항 6.
삭제

청구항 7.
삭제

청구항 8.
삭제

청구항 9.
삭제

청구항 10.
삭제

청구항 11.
삭제

청구항 12.
삭제

청구항 13.
삭제

청구항 14.
삭제

청구항 15.
삭제

청구항 16.
삭제

청구항 17.

삭제

청구항 18.

삭제

청구항 19.

삭제

청구항 20.

삭제

청구항 21.

삭제

청구항 22.

삭제

청구항 23.

삭제

청구항 24.

삭제

청구항 25.

삭제

청구항 26.

삭제

청구항 27.

삭제

청구항 28.

삭제

청구항 29.

삭제

청구항 30.

삭제

청구항 31.

삭제

청구항 32.

삭제

청구항 33.

삭제

청구항 34.

삭제

청구항 35.

삭제

청구항 36.

삭제

청구항 37.

삭제

청구항 38.

삭제

청구항 39.

삭제

청구항 40.

삭제

청구항 41.

삭제

청구항 42.

삭제

청구항 43.

삭제

청구항 44.

삭제

청구항 45.

삭제

청구항 46.

삭제

청구항 47.

삭제

청구항 48.

삭제

청구항 49.

삭제

청구항 50.

삭제

청구항 51.

삭제

청구항 52.

삭제

청구항 53.

삭제

청구항 54.

삭제

청구항 55.

삭제

청구항 56.

삭제

청구항 57.

삭제

청구항 58.

삭제

청구항 59.

삭제

청구항 60.

삭제

청구항 61.

삭제

청구항 62.

삭제

청구항 63.

삭제

청구항 64.

삭제

청구항 65.

삭제

청구항 66.

삭제

청구항 67.

삭제

청구항 68.

삭제

청구항 69.

삭제

청구항 70.

삭제

청구항 71.

삭제

청구항 72.

삭제

청구항 73.

삭제

청구항 74.

삭제

청구항 75.

삭제

청구항 76.

삭제

청구항 77.

삭제

청구항 78.

삭제

청구항 79.

삭제

청구항 80.

삭제

청구항 81.

삭제

청구항 82.

삭제

청구항 83.

삭제

청구항 84.

삭제

청구항 85.

삭제

청구항 86.

삭제

청구항 87.

삭제

청구항 88.

삭제

청구항 89.

삭제

청구항 90.

삭제

청구항 91.

삭제

청구항 92.

삭제

청구항 93.

삭제

청구항 94.

삭제

청구항 95.

삭제

청구항 96.

삭제

청구항 97.

삭제

청구항 98.

삭제

청구항 99.

삭제

청구항 100.

삭제

청구항 101.

삭제

청구항 102.

삭제

청구항 103.

삭제

청구항 104.

삭제

청구항 105.

삭제

청구항 106.

삭제

청구항 107.

삭제

청구항 108.

삭제

청구항 109.

삭제

청구항 110.

삭제

청구항 111.

삭제

청구항 112.

삭제

청구항 113.

삭제

청구항 114.

삭제

청구항 115.

삭제

청구항 116.

삭제

청구항 117.

삭제

청구항 118.

삭제

청구항 119.

삭제

청구항 120.

삭제

청구항 121.

삭제

청구항 122.

삭제

청구항 123.

삭제

청구항 124.

삭제

청구항 125.

삭제

청구항 126.

삭제

청구항 127.

삭제

청구항 128.

삭제

청구항 129.

삭제

청구항 130.

삭제

청구항 131.

삭제

청구항 132.

삭제

청구항 133.

삭제

청구항 134.

삭제

청구항 135.

삭제

청구항 136.

삭제

청구항 137.

삭제

청구항 138.

삭제

청구항 139.

삭제

청구항 140.

삭제

청구항 141.

삭제

청구항 142.

삭제

청구항 143.

종방향 유동 통로(35)를 포함하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300)로서, 상기 유동 통로의 적어도 일부는 PCD(다결정 다이아몬드: polycrystalline diamond) 및 PCBN(다결정 입방 질화붕소: polycrystalline cubic boron nitride) 중 적어도 하나를 포함하는 소결된 모노리식 초강화 재료체(37)를 포함하는 라이닝(41)을 지니는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 144.

제143항에 있어서, 상기 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300)의 길이를 따라 실질적으로 모노리식 초강화 재료(44)를 둘러싸는 내구성 재료(45)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 145.

제144항에 있어서, 상기 내구성 재료(45)는 강을 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 146.

제144항에 있어서, 상기 내구성 재료(45)는 침탄된 텅스텐 카바이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 147.

제143항에 있어서, 상기 종방향 보어(36)를 연결하는 경사진 통로(34, 184, 237)를 더 포함하며, 상기 경사진 통로(34, 184, 237)는 상기 경사진 통로(34, 184, 237)의 표면에 증착에 의해 용착된 경질의 코팅(172)을 지니는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 148.

제143항에 있어서, 상기 유동 통로(35)는 EDM(electrical discharge machining) 기계가공에 의해 형성된 보어(36)를 포함하며, 상기 보어(36)는 상기 모노리식 초강화 재료체(37)의 종축에 실질적으로 평행하며, 직경을 지니며, 상기 보어의 길이 대 보어의 직경의 비는 20 - 400 의 범위로 되는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 149.

제148항에 있어서, 상기 증착에 의해 용착된 코팅(172)은 다이아몬드, 티타늄 니트라이드, 티타늄 카바이드, 티타늄 카보니트라이드, 티타늄 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드 및 그것들의 화합물로 이루어지는 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 150.

제143항에 있어서, 상기 초강화 재료(44)는 다결정 다이아몬드를 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 151.

제143항 또는 제150항에 있어서, 상기 유동 통로(35)는 EDM 기계가공에 의해 형성되며;

상기 초강화 재료(44)는 적어도 0.005 인치(0.13 mm)의 두께를 지니는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 152.

제149항에 있어서, 상기 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300)는 다수의 구성요소(202, 204, 302, 304)를 포함하며;

각각의 상기 다수의 구성요소(202, 204, 302, 304)는 상기 유동 통로(35)의 일부를 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 153.

제152항에 있어서, 적어도 하나의 상기 구성요소(202, 204, 302, 304)는 재킷(226, 250) 및 상기 재킷(226, 250)과 적어도 하나의 상기 내마모 재료 부재(242) 사이에 스페이싱 재료(248)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브(30, 42, 90, 166, 176, 200, 300).

청구항 154.

연마 물 분사 혼합 튜브를 생산하기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

a) PCD 및 PCBN 중 적어도 하나를 포함하는 적어도 하나의 소결된 모노리식 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)를 제공하는 단계; 및

b) 상기 적어도 하나의 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)를 통하여 중방향 보어(36)를 EDM 기계가공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 연마 물 분사 혼합 튜브를 제조하기 위한 방법.

청구항 155.

제154항에 있어서, 상기 적어도 하나의 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)는 제1의 단부를 지니며, 상기 방법은 상기 적어도 하나의 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)의 제1의 단부에 경사진 통로(34)를 EDM 기계가공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 156.

제155항에 있어서, 상기 경사진 통로(34)의 표면에 증착에 의해 경질의 코팅(172)을 용착시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 157.

제156항에 있어서, 다이아몬드, 티타늄 니트라이드, 티타늄 카바이드, 티타늄 카보니트라이드, 티타늄 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드 및 그것들의 화합물로 이루어지는 그룹으로부터 경질의 코팅(172)을 선택하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 158.

제154항에 있어서, 상기 초강화 재료(50, 60, 114, 128, 154)는 다결정 다이아몬드를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 159.

제158항에 있어서, 초강화 재료 코어(60)를 지니는 연마 물 분사 혼합 튜브 블랭크(84)를 형성하도록 내구성 재료(45)로 적어도 하나의 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)를 둘러싸는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 160.

제154항에 있어서, 적어도 하나의 초강화 재료체(50, 60, 114, 128, 154)는 다수의 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)로 이루어지며, 각각의 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)는 제1단부면(98) 및 제2 단부면(100)을 지니므로써, 제1단부면(98)과 제2단부면(100) 사이의 거리가 상기 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)의 길이를 포함하며, 상기 방법은 상기 각각의 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)의 상기 제1단부면(98) 및 제2 단부면(100) 중 적어도 하나를 상기 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)의 다른 제1단부면(98) 및 제2 단부면(100) 중 하나에 대하여 인접시킴으로써, 다수의 별개의 초강화 재료체(92, 94, 96)가 함께 연마 물 분사 블랭크(84)의 초강화 재료 코어(60)를 형성하도록 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 161.

제159항에 있어서, 상기 내구성 재료(45)는 침탄된 텅스텐 카바이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 162.

제154항에 있어서, 상기 종방향 보어(36)는 적어도 약 0.005 인치(0.13 mm)의 초강화 재료 라이닝(41)의 두께를 지니는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 다양한 용도로 사용하기 위한, 바람직하게는 고압 연마 물 분사장치에 사용되는 혼합 튜브로서 사용하도록 제조된 초강화 물품(superhard article) 및 그것의 생산 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 고압 연마 물 분사장치에 있어서, PCD(다결정 다이아몬드: polycrystalline diamond) 또는 전기 전도성 PCBN(다결정 입방 질화붕소: polycrystalline cubic boron nitride)과 같은 초강화 재료를 사용하는 혼합 튜브 및 그것의 생산방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 초강화 재료로 안을 댄 종방향 보어를 지니는 연마 물 분사 혼합 튜브를 포함하는 연마 물 분사장치에 관한 것이다.

배경기술

고압 연마 물분사(AWJ: abrasive water jet) 기계가공은, 공작물을 칩식 절삭하기 위한 연마성 입자를 충분히 지닌 높은 압력의 물의 매우 가느다란 스트림을 이용한다. AWJ 기계가공은 자동차, 항공우주, 컴퓨터, 및 유리 산업을 포함하는 다양한 산업분야에 사용되어, 다른 방법으로는 기계 가공하기 어려운 재료를 포함하는, 플라스틱, 금속, 유리, 복합재 및 세라믹과 같은 다양한 재료로부터 정밀한 부품을 생산한다. 그 AWJ 공정은 높은 정밀도의 매우 작은 절단홈(kerf)으로 기계가공하고, 흠 없고 매끄러운 에지를 발생시킴으로써, 기계가공 후의 비용이 많이 드는 에지 처리 작업에 대한 필요를 감소 또는 배제시킨다. AWJ 기계가공은 저온 작업이기 때문에, 그것은 기계가공된 부품에 열영향부(heat affected zone)를 발생시키지 않으며, 또한 열처리된 부품의 그 열처리로 인한 재료의 특성을 교란시키지 않고 그 열처리된 부품을 기계 가공하기 위해 사용될 수 있다. AWJ 기계가공 헤드는 손, 기계 또는 컴퓨터에 의해 안내될 수 있는데, AWJ 기계가공 헤드의 이동을 컴퓨터로 제어함으로써, 가장 정밀한 기계가공이 이루어진다.

일반적인 AWJ 장치에 있어서는, 강화 펌프가 사용되어, 여과된 물을 약 2,000 내지 100,000 psi(14 내지 690 MPa)의 범위로 가압한다. 그러한 높은 압력의 물이 AWJ 기계가공 헤드로 공급되며, 거기서 그것은 수 천분의 일 인치(수 백분의 일 밀리미터)정도로 작은 노즐 오리피스 직경을 통과하도록 강제됨으로써, 고속의 물 분사를 발생시킨다. 상업적 적용에 있어서는, 석류석 또는 감람석과 같은 연마 입자가, AWJ 기계가공 헤드 내의 혼합실을 통과함에 따라 고속 물 분사내로 도입된다. 그러한 연마 입자와 고속 물 분사는, AWJ 기계가공 헤드내의 혼합 튜브의 작은 직경의 종방향 보어를 통하여 함께 이동함에 따라 혼합됨으로써, 상기 혼합 튜브를 빠져나감과 동시에 거의 모든 종류의 재료의 정밀한 절삭을 할 수 있는 가능하고, 연마성의 고속 물 분사를 형성한다.

AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어는, 그것이 지니는 고속 물 분사와 연마 입자로부터의 격심한 분사 연마를 당한다. 그러나 AWJ 기계가공의 정밀도와 효율은 혼합 튜브의 종방향 보어의 마모에 의해 크게 악영향을 받는다. 비록, 종방향 보어의 직경이 대체로 0.010 내지 0.060 인치(0.25 내지 1.5 mm) 정도이고, AWJ 혼합 튜브의 전체 길이가 대체로 2 내지 4 인치(5 내지 10 cm) 정도일지라도, 종방향 보어 직경의 수 천분의 일 인치(수 백분의 일 밀리미터) 정도의 칩식은, 특히, 그 종방향 보어의 칩식이 혼합 튜브의 출구 단부 부근에서 일어날 경우에, 기계가공 효율을 크게 저하시키고, 기계가공 정밀도를 크게 열화(劣化)시킬 수 있다. AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어의 마모는 보다 긴 기계가공 시간, 보다 낮은 정밀도의 기계가공, 마모된 혼합 튜브를 교체하기 위한 비가동 시간, 및 혼합 튜브의 교체 비용을 초래한다. 이러한 문제점을 최소화하기 위하여, AWJ 혼합 튜브는 일반적으로 텅스텐 카바이드와 같은 매우 경질의 재료로 만들어진다.

과거에는, 종방향 보어의 라이닝 재료로서 화학증착(CVD: chemical vapor-deposition)된 다이아몬드를 사용함으로써, AWJ 혼합 튜브의 내마모성을 개선하고자 하였었다. 다이아몬드는 원자들 사이의 1.545 Å(0.1545 nm)의 균일한 거리를 갖는 4면체로 정렬되는, 공유결합된, 지방족 sp³ 혼성화된 탄소 원자를 포함하는 결정학적인 망상조직을 나타내는 탄소의 동

소체이며, 10의 모스 경도를 지니는 매우 경질의 재료이다. 예를 들면, 반홀저(Banholzer) 등의 미국특허 제5,363,556호는, 다이아몬드의 사용이 AWJ 혼합 튜브의 유효수명을, 통상적인 텅스텐 카바이드 혼합 튜브에 대하여 얻어진 약 2 내지 4시간으로부터, 약 20 내지 100 시간까지 연장시킬 수 있다는 것을 추정한다.

상기 반홀저 등은, 다이아몬드의 내측부재를 형성하도록 CVD에 의해 깔때기 형태의 지지부재상에 다이아몬드 층을 용착시키고, 상기 지지부재로부터 상기 내측부재를 분리시키며, 혼합 튜브의 외측부재를 형성하도록 상기 내측부재의 외측면에 다이아몬드보다 더 큰 열팽창 계수를 지니는 외측부재 재료를 용착시키며, 상기 내측부재에 크랙의 형성을 실질적으로 방지하도록 상기 내측부재상에 충분한 강도의 압축응력을 유발시키기 위해 상기 외측부재를 수축시키도록 상기 혼합 튜브를 냉각시킴으로써 AWJ 혼합 튜브를 제조하는 방법을 개시한다. 앤서니(Anthony) 등의 미국특허 제5,439,492호는, 혼합 튜브의 종방향 보어를 형성하도록 맨드릴을 기계적으로 제거한 후에 맨드릴에 CVD에 의해 또는 화학적 에칭에 의해 다이아몬드의 층을 용착시키고, 그 후, 선택적으로, 다이아몬드 필름을 지지하도록 강관을 제공함으로써 AWJ 혼합 튜브를 제조하는 것을 개시한다. 스테파닉(Stefanick) 등의 미국특허 제5,785,582호는, 종방향으로 분리되는 경질의 세라믹 재료로 만들어진 AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어의 대향 측부상에 CVD에 의해 다이아몬드 층을 용착시키고, 그 후, 그 주위에 금속 덮개를 수축끼워맞춤(shrink fit)으로써 혼합 튜브의 2개의 절반부를 함께 결합시키는 것을 개시한다.

또한, 다이아몬드와 유사한 경도를 지니는 다른 형태의 다이아몬드와 재료를 사용하기 위한 시도가 있어 왔다. 일본 실용신안 출원공개 제63-50700호는 슬리브 본체에 형성된 다수의 다이아몬드들을 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 개시한다. 각각의 다이아몬드는 다이아몬드 또는 입방정 질화붕소 등의 다결정 소결체의 노브로 이루어지는데, 그것은 초강화 합금, 고속도강, 등과 같은 인성재료의 환형 지지 스탠드 금속의 내측 주위에 고정된다. 각각의 노브는 관통 구멍을 지닌다. 그러나 상기에서 기술된 AWJ 혼합 튜브는, 다이아몬드 사이의 접합 영역에서 우선적으로 마모가 발생한다는 단점을 지니고 있다(일본 실용신안 공고 평-6-34936호 참조).

발명의 상세한 설명

본 발명의 발명자들은, CVD에 의해 용착되는 다이아몬드의 사용을 필요로 하지 않는 초강화 재료로 안을 낸 종방향 보어를 구비한 AWJ 혼합 튜브의 생산 방법을 개발하였다. 본 발명은 하나 또는 그 이상의 초강화재료 부품을 사용하는 AWJ 혼합 튜브의 제조방법을 포함한다. 본원에 사용된 용어 “초강화 재료”는 방전가공(EDM: electrical discharge machining)에 의해 기계가공될 수 있는 다결정 다이아몬드(PCD) 또는 다결정 입방 질화붕소(PCBN)를 지칭한다. PCD는 특수한 종류의 합성 다이아몬드이다. PCD는 고온과 고압에서 촉매의 존재하에 다수의 독립한 다이아몬드 결정이 상호결합된 다이아몬드 결정의 응집성 매트로 함께 소결함으로써 생성된다. 상기 촉매는 다이아몬드 결정과 혼합된 분말의 형태로 제공될 수 있거나, 또는, 그것은, 그것이 소결 공정 중 다이아몬드 결정들 사이의 공간을 통하여 침투하는 인접 요소에 포함될 수 있다. 예를들면, 촉매가 제공되는 한가지 방법은, 5 - 20 중량퍼센트의 코발트 또는 코발트-니켈 결합체를 지니는 침탄된 텅스텐 카바이드를 포함하는 기재에 다이아몬드 그릿(grit)을 배치한 후, 그러한 성분에 고온과 고압을 가함으로써, 침탄된 텅스텐 카바이드의 결합체의 일부가 다이아몬드 그릿을 침투하고, 다이아몬드를 다이아몬드 결합체로 되도록 촉진시키는 것이다. 결합체(예를들면, 코발트 또는 코발트-니켈)의 일부는 PCD에 잔류된다.

PCBN 이 AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어의 안을 대기 위한 초강화 재료로서 본 발명에 사용될 수 있는데, 그것은 EDM 기계가공되기에 충분한 전기 전도성을 갖는다. PCBN 은 PCD를 생성하기 위해 사용된 것과 유사한 방법으로 생성될 수 있다.

다른 형태의 다이아몬드에 비하여 PCD의 특별한 장점은, 그것의 전기 전도성 금속의 함유로 인하여 EDM에 의해 기계가공될 수 있다는 것이다. 본 발명은 이러한 특성의 장점을 취하며, 초강화 재료로 안을 낸 종방향 보어를 지니는 AWJ 혼합 튜브의 제조방법을 포함하는데, 상기 방법은 적어도 하나의 초강화 재료 본체를 제공하는 단계와, 그 후, AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어를 형성하도록 적어도 하나의 상기 초강화 재료 본체를 EDM 기계가공하는 단계를 포함한다. 본 발명은 EDM 기계가공에 의해 종방향 보어에 테이퍼진 통로를 제공하는 것을 포함함으로써, 고속의 물 분사와 연마 그릿의 AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어내로의 진입을 용이하게 하는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명에 따르면, 혼합 튜브의 종방향 보어를 기계가공하기 전에, 기계가공과 동시에, 또는 기계가공 후에, 예를들면, 상기 혼합 튜브가 AWJ 기계가공 헤드에 고정될 수 있거나 또는 출구 단부 테이퍼와 같은 바람직한 외부 형태를 제공하도록 초강화 재료로 코어가 형성된 AWJ 혼합 튜브의 외부 크기의 필요한 기계가공이 이루어진다.

본원에 사용된 바와 같은, AWJ 혼합 튜브의 “유동 통로”는 혼합 튜브의 일단부로부터 타단부까지 연장하는 콘duit이며, 그것을 통하여 고속 물 분사와 연마 그릿이 혼합 튜브에 진입하고, 이동하며, 그 혼합 튜브를 빠져나간다. 그 유동 통로는 종방향 보어를 포함하며, 또한 테이퍼진 통로를 포함할 수 있다. 그러나 상기 용어 “유동 통로”가 AWJ 혼합 튜브의 단일의

구성요소를 설명하는데 사용될 경우, 그 용어는 그 구성요소의 일단부로부터 타단부까지 연장하는 콘딧을 지시하며, 그것을 통하여 고속 물 분사와 연마 그릿이 그 구성요소에 진입하고, 이동하며, 그 구성요소를 빠져나간다. 본원에 사용된 용어 “구성요소”는 AWJ 혼합 튜브의 길이의 일부를 포함하는 별개의, 중공 세그먼트를 지시하며; 구성요소들은 함께 연결되어, 다중-구성요소의 AWJ 혼합 튜브를 형성한다.

본원에 사용된 용어 “유동 방향(flow-through direction)”은 AWJ 혼합 튜브를 통하여 고속 물 분사와 연마 그릿이 이동하는 방향이다.

본 발명은 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로의 적어도 일부의 안을 대는 초강화 재료를 지니는 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 그러한 AWJ 혼합 튜브는 AWJ 혼합 튜브의 테이퍼진 통로와 종방향 보어 중 적어도 하나의 적어도 일부의 안을 대는 초강화 재료를 포함한다. 일부 실시예에 있어서는, 초강화 재료가 상기 종방향 보어 및/또는 테이퍼진 통로의 전체 길이의 안을 대는다. 다른 실시예에 있어서는, 초강화 재료가 상기 종방향 보어 길이의 단지 일부분 및/또는 테이퍼진 통로의 안을 대지만, 상기 종방향 보어 길이의 나머지 및/또는 테이퍼진 통로는 다른 형태의 내마모 재료로 안이 대어진다. 그러한 다른 형태의 내마모 재료가 아닌 초강화 재료로 안이 대어진 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로의 일부 또는 부분들은, AWJ 혼합 튜브의 사용자가 사용중 침식으로부터 최상으로 보호하기를 원하는 부분들이다.

비록 본 발명은 초강화 재료로만 이루어지는 AWJ 혼합 튜브를 생산하기 위한 방법을 포함하지만, 그것은 또한 초강화 재료가, 외력으로부터의 손상에 대하여 혼합 튜브의 민감성을 감소시키거나 또는 AWJ 기계가공 헤드내로 초강화 재료의 적용을 용이하게 하도록 작용할 수 있는 내구성 재료와 함께 혼합 튜브의 길이를 따라 실질적으로 둘러싸이는 AWJ 혼합 튜브의 생산방법을 포함한다. 그 내구성 재료는 또한, AWJ 혼합 튜브가 작동 중 막힐 경우에, 그 혼합 튜브가 물 분사 배압(back pressure)에 의해 손상되는 것을 방지하도록 초강화 재료를 보강하는 작용을 한다. 본 발명은 또한 충격손상으로부터 AWJ 혼합 튜브의 민감성을 감소시키거나 또는 AWJ 기계가공 헤드내로 AWJ 혼합 튜브의 적용을 용이하게 하는 작용을 하는 적어도 하나의 재킷을 포함하는 AWJ 혼합 튜브의 생산방법을 포함한다.

그러므로, 본 발명은 또한 AWJ 혼합 튜브의 길이를 따라 적어도 하나의 초강화 재료 본체를 내구성 재료로 둘러싸는 단계를 포함한다. 완성된 AWJ 혼합 튜브의 한가지 실시예에 있어서, 그 내구성 재료는, 혼합 튜브의 테이퍼진 통로 부분이 그 내구성 재료에 적어도 부분적으로 형성되도록 혼합 튜브의 입구 단부에서 초강화 재료를 지나 연장할 것이며, 본 발명의 방법은 이러한 방식으로 혼합 튜브를 형성하는 것을 포함한다. 그 내구성 재료는 강으로 되는 것이 바람직하며, 침탄된 텅스텐 카바이드로 되는 것이 더 바람직하다. 상기 테이퍼진 통로가 상기 내구성 재료로 적어도 부분적으로 형성되고, 그 내구성 재료가 강으로 되는 경우에, 그 강은 내침식 합금강 또는 공구강으로 되는 것이 바람직하다.

침탄된 텅스텐 카바이드가 내구성 재료로 사용될 경우, 상기 본 발명의 한가지 실시예는, (1) 침탄된 텅스텐 카바이드 기체에 접합된 초강화 재료 층을 포함하는 적어도 하나의 복합체를 제공하는 단계; (2) 적어도 하나의 내구성 재료체를 제공하는 단계; (3) 초강화 재료 코어를 지니는 AWJ 혼합 튜브 블랭크를 형성하도록 적어도 하나의 상기 내구성 재료체에 적어도 하나의 상기 복합체를 접합하는 단계; (4) 상기 AWJ 혼합 튜브 블랭크의 일단부에 테이퍼진 통로를 EDM 성형하는 단계; 및 (5) 상기 AWJ 혼합 튜브 블랭크의 초강화 재료 코어를 통한 종방향 보어를 EDM 기계가공하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 AWJ 혼합 튜브 블랭크를 AWJ 물 분사 기계가공 헤드에 조화되도록 적응시키고 그렇지 않으면 AWJ 혼합 튜브의 최종 크기를 얻도록 하나 또는 그 이상의 작업으로 AWJ 혼합 튜브 블랭크의 외형을 기계가공하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 용어 “AWJ 혼합 튜브 블랭크”는, 본원에서 일체식 구조 또는 복합 구조인지에 관계없이 하나 또는 그 이상의 작업으로 AWJ 혼합 튜브가 형성될 수 있는 단일체를 지시하도록 사용되며, 또한 최종의 성형작업이 완료될 때까지 부분적으로 형성된 AWJ 혼합 튜브를 포함한다는 것을 주목하여야 한다.

상기 실시예에 있어서, 상기 내구성 재료체는 복합재료의 적어도 하나의 스트립을 수용하기에 적합한 U-자형 채널을 지니는 단일의 둥근 로드로서 제공된다. 그러나, 본 발명은 또한 내구성 재료를 다른 형상으로 제공하는 것도 포함한다. 본 발명은 또한 하나 또는 그 이상의 초강화 재료체를 둘러싸고 그 초강화 재료체에 접합될 수 있는 다수의 내구성 재료체를 제공하는 것도 포함한다. 중요한 것은, 최종적인 AWJ 혼합 튜브에서 일부 실시예의 통로 길이의 말단 부분이 초강화 재료로 안이 대어지지 않을 수 있다는 것을 제외하고, 결과로서 형성되는 AWJ 혼합 튜브 블랭크는 내부에 종방향 보어가 형성될 수 있는 초강화 재료 코어를 지니며, 상기 종방향 보어는 혼합 튜브 전체 길이를 따라 초강화 재료로 안이 대어진다는 것이다. 상기 통로 길이의 말단 부분이 초강화 재료로 안이 대어지지 않는 실시예에 있어서, 본 발명은 또한 증착, 다시 말하면, 물리증착(PVD) 및/또는 화학증착(CVD)에 의해 용착된 경질 코팅을 지니는 통로의 말단 부분에 노출된 내구성 재료를 코팅하는 것을 포함한다. 그러한 경질 코팅의 실례는, 다이아몬드, 티타늄 니트라이드, 티타늄 카바이드, 티타늄 카보니트라이드, 티타늄 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드, 및 그것들의 조합을 제한없이 포함한다.

본 발명은 또한, 외력으로부터의 손상에 대한 혼합 튜브의 민감성을 감소시키고, AWJ 기계가공 헤드내로 초강화 재료의 적용을 용이하게 하며, 또는 작동 중 AWJ 혼합 튜브가 막히는 경우에 AWJ 혼합 튜브가 물 분사 배압에 의해 손상되는 것을 방지하도록 상기 초강화 재료를 보강하는 작용을 할 수 있는 내구성 재료로 혼합 튜브의 대부분의 길이를 따라 초강화 재료가 둘러싸이는 상기 AWJ 혼합 튜브를 포함하는 초강화 재료를 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 본 발명은 또한 초강화 재료로 안을 낸 종방향 보어를 지니는 AWJ 혼합 튜브 본체 부분에 접합된 테이퍼진 통로상에 형성된 초강화 재료를 지니는 통로 부분을 포함하는 AWJ 혼합 튜브 및 그러한 AWJ 혼합 튜브의 제조방법을 포함한다.

본 발명은, 적어도 하나의 적어도 하나의 내마모 재료 부분에 EDM에 의해 형성된 유동 통로를 포함하며, 상기 유동 통로의 적어도 일부가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지니는 AWJ 혼합 튜브 및 그것의 제조방법을 포함한다. 이러한 AWJ 혼합 튜브 중에는, 다수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함하는 다중-구성요소 AWJ 혼합 튜브 뿐만 아니라 단일-구성요소 AWJ 혼합 튜브도 포함되는데, 상기 연결부는, 각각의 구성요소의 각각의 유동 통로가 상호 연통하여 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결하는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소 중 적어도 하나의 유동 통로가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 이미 설명된 바와 같이, 본원에서 사용된 용어 “구성요소”는 AWJ 혼합 튜브의 길이의 일부분을 포함하는 별개의, 중공의 세그먼트를 지시한다. 각각의 구성요소는 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로의 일부로 되는 유동 통로를 지닌다. 상기 구성요소들은 상호간에 끝과 끝을 접하여 연결되어, AWJ 혼합 튜브를 형성한다. 예를들면, 본 발명에 따른 2개의 구성요소로 되는 AWJ 혼합 튜브는 AWJ 혼합 튜브 본체 부분에 연결된 통로 부분을 지닐 수 있으며, 상기 통로 부분과 AWJ 혼합 튜브 본체 부분 각각은 하나 또는 그 이상의 내마모 부분으로 형성된 유동 통로를 지니며, 상기 통로 부분과 AWJ 혼합 튜브 본체 부분의 적어도 하나는 초강화 재료를 포함하는 그것의 유동 통로의 일부를 지닌다. 본원에 사용되는 AWJ 혼합 튜브는, 상기 구성요소와 연결부 또는 연결부들을 포함하는 AWJ 혼합 튜브가 단일체로서 처리되어 AWJ 절삭 헤드에 장전될 수 있는 일체형 유닛으로 되는 경우에 한해 적어도 하나의 연결부를 지니는 다수의 연결된 구성요소를 지니는 것으로 간주된다는 것이 이해되어야 한다.

본 발명은 또한 초강화 재료를 포함하는 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함한다. 그러한 AWJ 시스템은, 적어도 하나의 내마모 재료로 EDM에 의해 형성된 유동 통로를 포함하며, 상기 유동 통로의 적어도 일부가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지니는 AWJ 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함한다. 이러한 AWJ 시스템은 다수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함하는데, 상기 연결부는, 각각의 구성요소의 각각의 유동 통로가 상호 연통하여 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결하는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소 중 적어도 하나의 유동 통로가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 그러한 AWJ 시스템은, 석류석, 감람석, 알루미늄, 입방 질화붕소, 지르코니아, 실리콘 카바이드, 보론 카바이드, 다이아몬드, 다른 미네랄 및 세라믹, 및 그것들의 혼합물 및 조합을 제한없이 포함하는 어떠한 형태의 연마 입자도 사용한다.

본 발명은, 유동 통로의 적어도 일부가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지니는, 적어도 하나의 내마모 재료로 EDM에 의해 형성된 유동 통로를 지니는 AWJ 혼합 튜브를 제공하는 단계, 연마 입자를 제공하는 단계, AWJ 혼합 튜브로부터 연마 입자를 방출시키는 단계 및 상기 방출된 연마 입자로 공작물을 기계가공하는 단계를 포함하는 AWJ 시스템을 사용하는 방법을 포함한다. 상기와 같이 제공된 AWJ 혼합 튜브는 다수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함하는 것으로 될 수 있으며, 상기 연결부는, 각각의 구성요소의 각각의 유동 통로가 상호 연통하여 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결하는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소 중 적어도 하나의 유동 통로는 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 무제한 실시예로서, 본 발명은 또한 초강화 재료로 안을 낸 종방향 보어를 지니는 연마 물 분사 혼합 튜브를 제공하는 단계, 연마 입자를 제공하는 단계, 연마 물 분사 혼합 튜브로부터 연마 입자를 방출시키는 단계 및 상기 방출된 연마 입자로 공작물을 기계가공하는 단계를 포함하는 AWJ 시스템의 사용 방법을 포함한다.

AJW 시스템은 일반적으로 캐리어 액체로서 물을 사용하지만, 본 발명은 또한 공작물을 절삭 또는 기계가공하기 위하여 유체-운반되는 연마 입자를 사용하는 시스템의 유체 캐리어로서 작용할 수 있는 유체(기체 또는 액체)의 사용으로 그것의 방법, AWJ 혼합 튜브, 및 AWJ 시스템에의 적용을 도모한다. 그러한 유체는 AWJ 시스템의 캐리어 유체로서, 물을 전체적 또는 부분적으로 대체할 수 있는 것들을 포함한다. 그러므로, 본원에 사용된 용어 “연마 물 분사”는 캐리어 유체로서 물을 사용하는 연마 분사로 제한되지 않으며, 유체 캐리어를 지니는 모든 형태의 연마 분사를 지시한다.

본 발명은 또한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체, 및 그것을 제조하는 방법을 포함하는데, 상기 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체는 상기 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 종축에 실질적으로 평행한, EDM에 의해 형성되는 적어도 하나의 보어를 지닌다.

본 발명은 또한, 약 0.2 인치(5 mm)의 길이와 약 0.2 인치(2 mm)의 직경을 지니며, 그 종방향 중심선을 따라 직선형 또는 원뿔형 통로, 또는 직선형과 원뿔형 통로의 조합으로 되며, EDM 기계가공에 의해 형성되는 초강화 재료의 실린더를 포함한다. 그러한 초강화 재료 실린더는 초강화 재료, 또는 다른 내마모 재료에 접합된 초강화 재료의 복합물을 포함한다. 초강화 재료 실린더가 직선형 통로를, 단독으로 또는 원뿔형 통로와 함께 포함할 경우, 실린더의 길이 대 통로의 직경의 중형비는 적어도 4 대 1로 되는 것이 바람직하고, 적어도 6 대 1로 되는 것이 더 바람직하며, 적어도 10 대 1로 되는 것이 가장 바람직하다.

본원에서 개시되고 청구되는 본 발명의 여러가지 고유의 특징과 이점들이, 첨부도면을 참조하여 실시예 방식으로 설명되는 후술 명세서에서 당업자에게 자명하여질 것이다.

실시예

본 발명의 이해를 돕기 위하여, 우선, 본 발명의 실시예들 이전에 물이 캐리어 유체로서 사용되는 전형적인 AWJ 시스템과 AWJ 기계가공 헤드에 대하여 설명한다.

도1 및 도2는 각각, 일반적인 컴퓨터-안내되는 AWJ 시스템의 개략도와 일반적인 AWJ 기계가공 헤드의 단면도를 제시한다. 도1 및 도2를 참조하면, 컴퓨터-안내되는 AWJ 시스템(1)에 있어서, 물(2)은 약 65 내지 85 psi(450 내지 590 kPa)의 부스터펌프(4)에 의해 필터(6)를 통하여 강화펌프(8)내로 이동되는데, 상기 강화펌프에서 물은 2,000 내지 100,000 psi(14 내지 690 MPa)의 범위로 가압된다. 그러한 높은 압력의 물은 회전고리를 단 고압의 파이프(10)를 통하여 AWJ 기계가공 헤드(12)까지 운반되는데, 상기 AWJ 기계가공 헤드는 3개의 상호 직교하는 축(X, Y 및 Z)을 따라 분할되는 AWJ 헤드 이동기구(17)와 컴퓨터(13)에 의해 제어된다. 상기 고압의 물(2)이 AWJ 기계가공 헤드(12)의 고압의 물 저장용기(11)에 진입하여, 노즐(16)을 통하여 배출되도록 강제됨으로써, 고속의 분사(24)를 형성한다. 상기 고속의 분사(24)가 혼합실 영역(18)을 통과하며, 그 혼합실 영역내로 외측의 연마제 공급원(14)으로부터 연마 입자(15)들이 공급된다. 상기 고속의 분사(24)와 연마 입자(15)가 함께 AWJ 혼합 튜브(22)의 종방향 보어(20)를 통하여 유동하여, 연마성 물 분사(25)로서 방출된다. 상기 연마성 물 분사(25)는 흘러져 수집 탱크(27)에 수집되기 전에 기계가공 공작물(26)에 대하여 배향된다. AWJ 혼합 튜브(22)는 전체 길이(28)를 지닌다.

이제, 본 발명의 실시예들이 설명될 것이다. 그 실시예들은 몇몇 경우에 캐리어 유체로서 물을 사용하는 AWJ 시스템에 관하여 설명된다. 그러나, 그것은 설명의 편의를 위한 것이지, 본 발명이 캐리어 유체로서 물을 사용하는 AWJ 시스템으로 제한되는 것은 결코 아니라는 것이 이해되어야 한다. 도3은 혼합 튜브가 초강화 재료만으로 이루어지는 본 발명에 따라 준비된 제1의 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다. 도3을 참고하면, 제1의 AWJ 혼합 튜브(30)는 입구 단부(31), 입구 단부면(32), 경사진 통로(34), 종방향 보어(36), 출구 단부(38) 및 출구 단부면(39)을 지닌다. 작동시, 고속의 물 분사와 연마성 입자의 스트림이 통로(34)를 통하여 AWJ 혼합 튜브(30)내로 진입하며, 종방향 보어(36)를 통과하여, 출구 단부(38)에서 연마성 물 분사로서 AWJ 혼합 튜브(30)를 빠져나간다. AWJ 혼합 튜브(30)는 또한 출구 단부면(38)에 인접한 외측 테이퍼(40)를 지닌다. 외측의 테이퍼(40)는 AWJ 혼합 튜브(30)를 공작물과 근접시키는 것을 용이하게 한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 모노리식 초강화 재료체(37)는 유동 통로(35)를 따라, 초강화 재료로된 라이닝(41)을 구비한다. 유동 통로(35)는 경사진 통로(34) 및 종방향 보어(36)를 구비한다.

도4는 본 발명에 따라 준비된 제2의 AWJ 혼합 튜브의 종단면도를 제시하는데, 제2의 AWJ 혼합 튜브는, AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어(36)의 안을 댄 초강화 재료 코어(44) 및 AWJ 혼합 튜브(42)의 길이(46)를 따라 실질적으로 초강화 재료 코어(44)를 둘러싸는 내구성 재료(45)를 지닌다. 초강화 재료 코어(44)의 부분은, 경사진 통로(34)의 형성 중, 내구성 재료(45)가 입구 단부(31)에서 초강화 재료 코어(44)를 지나 연장하도록 기계가공되었다.

본 발명의 방법은 현재 사용되는 모든 형태의 AWJ 혼합 튜브와 또한 AWJ 기계가공 헤드의 설계를 형성하기 위해 사용될 수 있다. 그러므로, 그러한 설계는 본 발명에 따라 생산되는 AWJ 혼합 튜브의 크기를 결정한다. 일반적으로, 캐리어 유체로서 물이 사용되는 현재의 AWJ 혼합 튜브에 있어서, 현재의 AWJ 혼합 튜브는 2 내지 4 인치(5 내지 10 cm) 정도의 전체 길이, 0.2 내지 0.4 인치(5 내지 10 mm) 정도의 외경 및 0.010 내지 약 0.060 인치(0.25 내지 1.5 mm) 정도의 종방향 보어 직경을 갖는 원통형으로 된다. AWJ 혼합 튜브 종방향 보어는 보통 원형의 횡단면을 지니지만, 비-원형의 횡단면과 비-직선형 벽으로 된 종방향 보어 또한 본 기술분야에 공지되어 있으며, 본 발명의 범위에 포함된다. 종방향 보어가 비-원형 횡단면을 지니는 AWJ 혼합 튜브의 실례는 Rankin 등의 미국특허 제5,626,508호에 개시되어 있으며, 상기 특허는 본원에 참고로 포함된다.

PCD 및 EDM 기계가공가능한 PCBN을 형성하기 위해 EDM을 사용하는 것이 본 기술분야에 잘 공지되어 있다. 그러므로, 본 발명의 실행에 사용되는 각각의 EDM 작업에 대하여 필요한 조건이, 과도한 시험에 의하지 않고도 본 기술분야의 당업자에게 용이하게 확인될 수 있다. 본 기술분야의 당업자는 기계가공되는 특정한 공작물과 사용되는 특정한 EDM 작업에 따라 일정한 EDM 파라미터가 변한다는 것을 알 것이다.

초강화 재료로만 이루어지는 AWJ 혼합 튜브가 다음과 같은 방법에 의한 본 발명의 제1의 실시예에 따라 제조된다. 우선, 도5를 참조하면, 각각 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 크기를 발생시키기 위해 충분한 길이(52), 폭(54) 및 두께(56)를 지니는 제1의 모노리식(monolithic) 초강화 재료체(50)가 제공된다. 1인치(2.5 cm)의 길이의 AWJ 혼합 튜브를 제조하기 위해 길이(52)는 적어도 약 1인치(2.5 cm)로 된다. 길이(52)는 약 1 내지 4 인치(2.5 내지 10 cm)의 범위로 되는 것이 바람직하며, 약 1.5 내지 3인치(3.8 내지 7.6 cm)의 범위로 되는 것이 더 바람직하다. 초강화 재료체(50)의 외측 크기는 이 시기 또는 다음에 EDM에 의해 또는 레이저 절단, 다이아몬드 톱 또는 와이어 절단, 그라인딩 등과 같은 최종의 AWJ 혼합 튜브 크기를 형성하기 위한 본 기술분야의 당업자에게 공지된 다른 기술에 의해 필요에 따라 변경된다. 제1 및 제2의 단부면(58, 59)은 초강화 재료체(50)의 종축에 관하여 상호 수직하고 평행하게 제조되는 것이 바람직하다. 도5에 도시된 제1 및 제2의 단부면(58, 59)은 각각 도3의 AWJ 혼합 튜브 입구 단부면(31)과 AWJ 혼합 튜브 출구 단부면(39)에 상당한다. 그 다음에 EDM 플런저 성형이 사용되어, 제1의 단부면(58)에 도3에서 경사진 통로(34)로서 제시된 것과 같은 경사진 통로를 형성한다. 그 다음에 EDM 드릴링이 사용되어, 초강화 재료체(50)의 종축을 따라 경사진 통로의 정상으로부터 제2의 단부면(59)을 통하여, 도3에 제시된 종방향 보어(36)와 같은 종방향 보어를 형성한다.

이제, 내구성 재료로 둘러싸인 초강화 재료로 안을 댄 종방향 보어를 지니는 AWJ 혼합 튜브를 생산하기 위한 본 발명의 제2의 실시예에 따른 방법이 설명될 것이다. 도6을 참고하면, 모노리식 초강화 재료체(60)가 제공된다. 초강화 재료체(60)는 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 AWJ 혼합 튜브 종방향 보어를 둘러싸는 적어도 0.005 인치(0.13 mm), 바람직하게는 적어도 0.010 인치(0.25 mm)의 초강화 재료 두께를 제공하기에 충분한 폭(62)과 두께(64)를 지닌다. 초강화 재료체(60)는 또한 최종적인 AWJ 혼합 튜브 길이를 발생시키기 위해 충분한 길이(66)를 지닌다. 또한, 최종적인 AWJ 혼합 튜브 길이를 발생시키기 위해 충분한 길이(72, 74)를 각각 지니는 제1 및 제2의 내구성 재료체가 제공된다. 제1의 내구성 재료체(68)는 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 외측 크기를 발생시키기 위해 충분한 직경(76)을 지닌다. 제1의 내구성 재료체(68)는 접합 재료(80)와 함께 초강화 재료체(60)와 제2의 내구성 재료체(70)를 같은 범위로 수용하기에 적합한 공동(78)을 지닌다. 제1의 내구성 재료체(68), 초강화 재료체(60) 및 접합 재료(80)가 함께 조립되어 조립체(82)로 됨으로써, 초강화 재료체(60)는 조립체(82)의 종방향 중심선을 따라 제2의 내구성 재료체(70)와 접합 재료(80)가 공동(78)의 나머지 부분을 실질적으로 채우는 코어 섹션을 형성한다. 초강화 재료체(60)와 제2의 내구성 재료체(70)는 접합재료(80)를 수용하기에만 충분한 간격으로 공동(78)에 제공되는 것이 바람직하다. 충분한 양의 접합 재료(80)가 사용되어, 나중의 제작 단계와 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 현실적인 사용을 위해 필요한 충분한 강도와 균일성을 갖도록 조립체(82)를 함께 접합한다. 그 조립체(82)는 그러한 사정하에 적절한 고정수단을 사용하여 함께 접합되어, AWJ 혼합 튜브 블랭크(84)를 형성한다. 접합 재료가 납땀 재료일 경우, 접합 단계는 적절한 납땀 온도까지 조립체(82)의 온도를 상승시키고, AWJ 혼합 튜브 블랭크(84)의 물리적 완전성을 보호하는 냉각 속도로 조립체(82)를 냉각시키는 것으로 이루어진다. 접합 재료(80)가 접착제인 경우, 접착제를 경화하기 위해 필요한 단계들이 실행된다. 접합이 완료된 후, AWJ 밀링 튜브 블랭크(84)의 외측 크기는 이 시기 또는 다음에 최종의 AWJ 혼합 튜브 크기를 형성하기 위해 내구성 재료에 대하여 적절한 본 기술분야의 당업자에게 공지된 기계가공 기술에 의해 필요에 따라 변경된다. AWJ 밀링 튜브 블랭크(84)의 제1 및 제2의 단부면(86, 88)은 AWJ 혼합 튜브 블랭크(84)의 종축에 관하여 상호 평행하고 수직하게 제조되는 것이 바람직하다. 도4에 제시된 경사진 통로(34)와 같은 경사진 통로가, 바람직하게는 EDM 플런저 성형에 의해 제1의 단부면(86)에 형성된다. 그 후, EDM 드릴링이 사용되어, AWJ 밀링 튜브 블랭크(84)의 종축을 따라 경사진 통로의 정상으로부터 제2의 단부면(88)을 통하여, 도4에 제시된 종방향 보어(36)와 같은 AWJ 혼합 튜브 종방향 보어를 형성한다. 그 후, AWJ 혼합 튜브의 최종적 외측 크기를 발생시키기 위해 필요에 따라 AWJ 밀링 튜브 블랭크(84)의 최종적 기계가공이 실행될 수 있다.

본 발명의 제3의 실시예에 있어서는, 단일의 초강화 재료체 대신에 상기의 방법으로 복수의 각각의 초강화 재료체가 제공된다. 이 실시예에 있어서, 각각의 단일의 초강화 재료체는, 제1 및 제2의 단부면 사이의 거리가 단일의 초강화 재료체의 길이를 포함하도록 하는 제1 및 제2의 단부면을 지닌다. 이 실시예는 각각의 초강화 재료체의 제1 및 제2의 단부면 중 적어도 하나를 다른 초강화 재료체의 제1 및 제2의 단부면 중 하나에 대하여 인접시키는 것을 포함함으로써, 복수의 각각의 초강화 재료체들이 함께 AWJ 혼합 튜브 블랭크의 초강화 재료 코어를 형성하도록 한다. 다시 말하면, 별개의 초강화 재료체들이 끝과 끝이 접하도록 배치되어, AWJ 혼합 튜브의 초강화 재료 코어의 전체 길이를 형성한다.

도7은 본 발명의 제3의 실시예에 따라 제조된 AWJ 혼합 튜브(90)의 종단면도를 제시한다. AWJ 혼합 튜브(90)는 복수의 별개의 초강화 재료체, 제1, 제2 및 제3의 초강화 재료체(92, 94, 96)를 포함하며, 상기 초강화 재료체(92, 94, 96)는 분할된 초강화 재료 코어(97)를 함께 포함한다. 별개의 초강화 재료체들이 조립전에 제공되는 상황에 있어서, 각각의 별개의

초강화 재료체(92, 94, 96)는, 제1 및 제2의 단부면 사이의 거리가 별개의 초강화 재료체의 길이로 이루어지도록 하는 제1 및 제2의 단부면을 지닌다. 예를들면, 제2의 초강화 재료체(94)는 단부면(98, 100)들 사이의 거리가 제2의 초강화 재료체(94)의 길이(102)를 포함하도록 되는 단부면(98, 100)을 여전히 지녔다. 그러나, 경사진 통로(34)의 형성 중, 제1의 초강화 재료체(92)의 부분이 기계가공되었으며, 그것은 제공된 조건에서 그것의 제1의 면에 포함되었다. 제1의 초강화 재료체(92)의 단부면(104)이 제1의 계면(106)을 따라 제2의 초강화 재료체(94)의 단부면(98)에 인접하며, 제2의 초강화 재료체(94)의 단부면(100)이 제2의 계면(110)을 따라 제3의 초강화 재료체(96)의 단부면(108)에 인접한다. 인접한 초강화 재료체의 단부면들이, 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 작업 중 인접 계면에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하게 함께 정확하게 인접하는 것이 중요하다. 예를들면, 인접한 초강화 재료체(94, 96)의 단부면(100, 108)들은 제3의 AWJ 혼합 튜브(90)의 인접 계면(110)에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하게 함께 정확하게 인접한다. 침식 마모는, AWJ 혼합 튜브의 종방향 보어를 따라 일반적으로 발생하는 침식보다 실질적으로 더 크게 되는 편재된 침식이다. 따라서, 별개의 초강화 재료체의 각각의 단부면들은 기계가공된 및/또는 연마된 평면으로 되고, 그것의 대향면과 상호 평행하게 되며, 초강화 재료체의 종축에 대하여 수직하게 되는 것이 바람직하다.

본 발명의 제4의 실시예인 도8을 참고하면, 내구성 재료로서 침탄된 카바이드가 사용되며, 초강화 재료가 복합재료(112)로서 제공된다. 복합재료(112)는 침탄된 텅스텐 카바이드 기재(116)에 접합된 초강화 재료층(114)을 지닌다. 초강화 재료층(114)은 초강화 재료 합성 공정 중 침탄된 텅스텐 카바이드 기재(116)상에 형성되며, 복합재료(112)는 초강화 재료 합성 공정으로부터 형성된 초강화 재료-침탄된 텅스텐 카바이드 복합재료의 디스크로부터 EDM 기계가공되는 스트립으로 되는 것이 바람직하다. 복합재료(112)가 접합 재료(122)와 함께 내구성 재료체(120)의 공동내로 같은 범위로 수용됨으로써, 초강화 재료층(114)이 조립체(124)의 종방향 중심선을 따라 코어 섹션을 형성하며, 복합재료(112)의 침탄된 카바이드 기재(116)가 접합 재료(122)를 수용하기에 충분한 간격으로 공동(118)의 나머지 부분의 적어도 일부분, 바람직하게는 전부를 채운다. 접합 재료와 함께 복합재료가 수용 공동을 완전히 충전하지 않을 경우, 하나 또는 그 이상의 보충적인 내구성 재료체가 제공되어, 공동의 나머지 공간을 실질적으로 채우도록 사용될 수 있다. 그 후, 조립체(124)는 본 발명의 다른 실시예에 대하여 상기 설명된 바와 같은 단계를 사용하여 처리되는 AWJ 혼합 튜브 블랭크(126)를 형성하도록 접합된다.

내구성 재료가 사용되는 본 발명의 실시예에 대하여, 내구성 재료는, 내구성 재료로 초강화 재료체의 종방향 주위를 완성하도록 초강화 재료체와 부가의 내구성 재료를 수용하기 위한 공동을 갖는 원통형 본체의 형태로 제공되는 것으로 기술된다. 그러나, 본 발명은 또한 내구성 재료에 의해 AWJ 혼합 튜브 블랭크의 길이를 따라 실질적으로 둘러싸인 초강화 재료의 코어를 지니는 AWJ 혼합 튜브 블랭크를 형성하도록 함께 접합될 수 있는 내구성 재료와 초강화 재료체의 어떠한 형상이라도 조립하기 위한 방법을 포함한다. 그러한 방법에 대하여 본 발명에 의해 의도되는 제한은, (1) AWJ 종방향 보어가 적어도 0.005 인치(0.13 mm), 바람직하게는 적어도 0010 인치(0.25mm) 두께의 초강화 재료에 의해 둘러싸이며, (2) 초강화 재료 코어를 형성하기 위해 다수의 초강화 재료체가 사용되는 경우에, 인접한 초강화 재료의 면들이 결과적인 AWJ 혼합 튜브의 작동 중 인접 계면에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하게 함께 정확하게 인접하도록 만들어진다. 이는 바람직하다.

예를들면, 본 발명의 제5의 실시예에 있어서, 내구성 재료의 대부분은 초강화 재료체를 수용하기 위한 공동을 지니는 원통형 본체의 형태로 제공되지는 않지만, 내구성 재료와 초강화 재료의 복합재료의 부분으로서 제공된다. 도9A를 참조하면, 초강화 재료체(128)가 형성되어, 복합재료 디스크(134)의 침탄된 텅스텐 기재(132)의 그루브(130)에 접합된다. 복합재료 디스크(134)가 바람직하게는 EDM 기계가공에 의해 복합재료 스트립(136)과 같은 스트립으로 분할하는데, 각각의 스트립은 내구성 재료(138)인 침탄된 텅스텐 카바이드에 의해 3개의 측부상에 둘러싸인 초강화 재료체(128)를 지닌다. 침탄된 텅스텐 카바이드의 내구성 재료 폐쇄체(140)가 제공되어, 조립체(146)를 형성하도록 접합 재료(144)와 함께 복합재료 스트립(136)의 면(142) 위에 배치된다. 그 후, 내구성 재료 폐쇄체(140)는 복합재료 스트립(136)에 접합되어, 본 발명의 다른 실시예에 대하여 상기 언급된 단계들을 사용하여 AWJ 혼합 튜브로 처리되는 AWJ 혼합 튜브 블랭크(148)를 형성한다.

도10을 참고하여 제6의 실시예에서 본 발명에 따라 사용될 수 있는 내구성 재료와 초강화 재료체의 가능한 형태의 다른 실시예로서, 공동(152)을 지니는 u 자형 내구성 재료체(150)가 제공된다. 초강화 재료체(154)가 복합재료체(156)의 일부로서 제공된다. 복합재료체(156)는 침탄된 텅스텐 카바이드 기재(158)상에 형성되어 그것에 접합된 초강화 재료체(154)를 포함한다. 복합재료체(156)가 접합 재료(160)와 함께 u 자형 내구성 재료체(150)의 공동(152)내로 같은 범위로 수용됨으로써, 초강화 재료체(154)가 조립체(162)의 종방향 중심선을 따라 코어 섹션을 형성하며, 복합재료체(140)의 침탄된 텅스텐 카바이드 기재(158)가 접합 재료(160)를 수용하기에 충분한 간격으로 공동(152)의 나머지 부분의 적어도 일부분, 바람직하게는 전부를 채운다. 그 후, 조립체(162)는 접합되어, 본 발명의 다른 실시예에 대하여 상기 언급된 단계들을 사용하여 처리되는 AWJ 혼합 튜브 블랭크(164)를 형성한다.

내구성 재료의 일부가 경사진 통로에 노출되도록 하는 방식으로 AWJ 혼합 튜브에 경사진 통로가 형성되는 본 발명의 몇몇 실시예에 있어서, 본 발명은 증착에 의해, 다시 말하면, 물리적 증착(PVD) 및/또는 화학적 증착(CVD)에 의해 경질의 코팅을 노출된 내구성 재료에 용착시키는 단계를 선택적으로 포함한다. 그러한 경질의 코팅의 실례는, 다이아몬드, 티타늄 니

트라이드, 티타늄 카바이드, 티타늄 카보니트라이드, 티타늄 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드 및 그것들의 화합물을 제한없이 포함한다. 그 경질의 코팅은, 그 코팅이 없을 경우, AWJ 혼합 튜브 통로로 진입하는 고속의 물 분사와 연마 입자에 의해 침식에 노출될 수 있는 하부의 내구성 재료를 보호한다. 그 경질의 코팅은 하나 또는 그 이상의 층으로 이루어질 수 있으며, 노출된 내구성 재료상으로 직접적으로 가하여 지거나 또는 경질 코팅의 부착력 또는 내구성을 증진시키도록 용착된 다른 재료의 하나 또는 그 이상의 중간층상에 가해질 수 있다.

예를들면, 도11A 및 도11B는 각각 CVD 다이아몬드 코팅이 통로의 노출된 내구성 재료상으로 직접 용착되기 전과 용착된 후의 본 발명의 제7의 실시예에 따른 방법에 의해 준비된 AWJ 혼합 튜브의 입구 부분을 제시한다. 도11A를 참고하면, 본 실시예에 있어서, AWJ 혼합 튜브(166)는 통로가 형성되는 본 발명의 다른 실시예에 대하여 상기 언급된 단계들을 사용하여 준비된다. 이 경우에 있어서, 통로(34)의 형성은 AWJ 혼합 튜브(166)의 입구 단부(31)에 가장 인접한 초강화 재료 코어(44)의 일부분을 제거하며, 그것은 내구성 재료(45)가 초강화 재료 코어면(170)에 인접한 통로(34)의 내측에 노출된 면(168)을 지니도록 한다. 도11B를 참고하면, 통로(34)가 형성된 후, 다이아몬드 코팅(172)이 통로(34)의 내구성 재료 노출된 면(168)상의 하나 또는 그 이상의 층에 CVD에 의해 가하여진다. 다이아몬드 코팅(172)은 또한 초강화 재료 코어면(170)의 적어도 일부분에 걸쳐 연장함으로써, 내구성 재료 노출된 면(168)과 초강화 재료 코어면(170) 사이의 접합점이 CVD 다이아몬드 코팅(172)에 의해 덮이도록 되는 것이 바람직하다. CVD에 의해 경질 코팅을 용착시키기 위한 기술은 본 기술분야에 잘 공지되어 있으며, 이러한 단계에서 CVD 경질 코팅을 용착시키기 위해 필요한 조건은 과도한 시험에 의하지 않고도 본 기술분야의 당업자에 의해 용이하게 확인될 수 있다.

본 발명의 실시예들은, 유동 통로의 적어도 일부가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지니는, EDM에 의해 적어도 하나의 내마모성 재료편으로 형성된 유동 통로를 포함하는 AWJ 혼합 튜브와, 그것의 제조 방법을 포함한다. 초강화 재료 라이닝의 두께는 적어도 약 0.005 인치(0.13 mm)로 되는 것이 바람직하며, 적어도 약 0.010 인치(0.25 mm)로 되는 것이 더 바람직하다. 실시예들 중에는, 복수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함하는 다중-구성요소 AWJ 혼합 튜브뿐만 아니라 단일 구성요소 AWJ 혼합 튜브도 포함되는데, 상기 연결부는 각각의 별개의 구성요소의 유동 통로가 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하기 위해 각각의 다른 구성요소의 유동 통로와 연통하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결시키는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소의 적어도 하나의 유동 통로가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 예를들면, 본 발명은 AWJ 혼합 튜브 본체편에 연결된 통로편을 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 본 발명은 또한 연결된 출구 섹션을 지니는 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 본원에 사용된 바와 같은, AWJ 혼합 튜브는 적어도 하나의 연결부를 지니는 다수의 연결된 구성요소를 지니도록 되며, 만약 그리고 그 경우에 한해, 그러한 구성요소들과 연결부를 포함하는 AWJ 혼합 튜브가, 단일의 부재로서 AWJ 절삭 헤드내에 배치되어 사용될 수 있는 일체형 유닛으로 된다는 것이 이해되어야 한다.

분리가능한 연결부를 포함하는 실시예에 있어서, 분리가능한 연결부에 의해 연결되는 AWJ 혼합 튜브 구성 부품의 적어도 하나는 장래에 다시 사용할 수 있도록 되는 것이 바람직하다. 본 발명에 의해 의도되는 바와 같이, 연결부가 제조되는 절삭가, 부가의 사용을 위해 부적절한 지점에 대하여 재사용가능한 구성요소를 손상시키지 않고 구성요소들을 분리시키도록 역으로 될 수 있는 한, 연결부는 분리가능하다. 예를들면, 분리가능한 연결부는 인접한 구성요소의 결합 단부들을 함께 나사가공, 강제 끼워맞춤, 납땜 또는 떨어지지 않게 접합함으로써 제한없이 만들어질 수 있다.

AWJ 혼합 튜브의 구성 부품들 사이에 하나 또는 그 이상의 연결부를 포함하는 본 발명의 실시예에 있어서, 각각의 연결부는, AWJ 혼합 튜브의 유동 통로가 연속적이고 막히지 않도록 되며, 또한 인접한 구성요소가 AWJ 혼합 튜브의 작동 중 그 계면에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하게 함께 정확하게 인접되도록 형성된다.

본 발명은 또한 초강화 재료로 안을 댄 중방향 보어를 지니는 AWJ 혼합 튜브가 통로 부재에 접합된 AWJ 혼합 튜브 본체 부분을 포함하는 실시예들을 포함한다. 이러한 실시예들의 통로 부재는 내구성 재료 기재의 경사진 통로상에 형성되는 초강화 재료와 내구성 재료 기재에 형성되는 경사진 통로를 지닌다. 상기 통로 부재는 또한 경사진 통로의 정상으로부터 연장하는 보어 섹션을 지니며, 초강화 재료는 또한 상기 보어 섹션에 형성되는 것이 바람직하지만, 반드시 그렇게 되어야 하는 것은 아니다. 경사진 통로와 통로 부재의 선택적 보어 섹션상의 초강화 재료의 두께는 적어도 약 0.005 인치(0.13 mm)로 되는 것이 바람직하며, 적어도 약 0.010 인치(0.25 mm)로 되는 것이 더 바람직하다. 상기 통로 부재의 초강화 재료 두께는 AWJ 혼합 튜브 본체 부분의 초강화 재료의 두께와 동일하게 되거나 또는 다르게 될 수 있다. AWJ 혼합 튜브 본체 부분은, 통로 부분의 형성을 제외하고는 초강화 재료로 안을 댄 중방향 보어를 지니는 AWJ 혼합 튜브를 제조하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 대하여 상기 언급된 단계들을 사용하여 생산된다. 상기 통로 부재와 상기 본체 부분은, 통로 부재의 경사진 통로의 중심선과 AWJ 혼합 튜브 본체 부분의 보어의 중심선이 본질적으로 동일 직선상에 있도록 함께 접합된다. 그 접합은 납땜 또는 접착제와 같은 접합재료를 사용하여 이루어질 수 있다.

도12는, AWJ 혼합 튜브가 통로 부재와 AWJ 혼합 튜브 본체 부분을 포함하는 본 발명의 제8의 실시예에 따른 AWJ 혼합 튜브의 통로 단부를 제시한다. 도12를 참고하면, AWJ 혼합 튜브(176)는 함께 접합되는 통로 부재(178)와 AWJ 혼합 튜브 본체 부재(180)를 포함한다. 통로 부재(178)는 그 위에 초강화 재료(188)가 형성되는 보어 연장부(186)와 경사진 통로(184)를 지니는 내구성 재료 기재(182)로 이루어진다. AWJ 혼합 튜브 본체 부재(180)는 내구성 재료(45), 초강화 재료 코어(44) 및 증방향 보어(36)를 포함한다. 통로 부재(178)의 초강화 재료 단부면(190)과 AWJ 혼합 튜브 본체 부재(180)의 코어 단부면(190)은 계면을 따라 상호 인접한다. 최종적인 AWJ 혼합 튜브의 작동 중, 계면(194)에서의 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하도록 단부면(190, 192)들이 서로 정확하게 인접하는 것이 중요하다.

도13은 본 발명의 제9의 실시예에 따른 AWJ 혼합 튜브를 제시한다. 이 실시예는, 본 발명에 따른 AWJ 혼합 튜브의 구성요소들을 분리가능하게 연결하기 위해 나사가공된 조인트의 사용을 제시한다. 이 실시예는 또한 본 발명에 따라 AWJ 혼합 튜브를 조립하기 위해 사용될 수 있는 부가적인 구조 형태를 제시한다.

이 실시예에 있어서, AWJ 혼합 튜브(200)는, 나사가공된 조인트(206)에서 하부 섹션(204)에 분리가능하게 연결되는 상부 섹션(202)을 포함한다. 상부 섹션(202)은 원통형의 복합재료 디스크(208) 및 하나 또는 그 이상의 초강화 재료 디스크, 다시 말하면, 원통형의 초강화 재료 디스크(210-224)들로 이루어진다. 이러한 디스크들은 상부 섹션 재킷(226)내에 봉입된다. 복합재료 디스크(208)와 초강화 재료 디스크(210)는 상부 재킷 섹션까지 반경방향으로 연장한다. 초강화 재료 디스크(210-224)들은 반경방향으로 그렇게 멀리 연장할 필요는 없으며, 그것들의 외측 주변과 상부 재킷 섹션(226) 사이에 삽입된 다른 내마모 재료를 지닐 수 있다.

각각의 초강화 재료 디스크(210-224)들은 EDM 또는 본 기술분야의 당업자에게 공지된 다른 수단에 의해 보다 큰 초강화 재료 부재로부터 절삭될 수 있거나, 또는 그것들의 최종적인 크기로, 또는 그러한 크기와 비슷하게 합성될 수 있다. 그것의 증방향 두께는 모든 초강화 재료 디스크(210-224)에 대하여 동일하게 될 필요는 없으며, 어떠한 값을 취할 수도 있지만, 각각의 초강화 재료 디스크(210-224)는 약 0.06 내지 0.2 인치(1.5 내지 5 mm)의 범위의 두께를 지니는 것이 바람직하다.

복합재료 디스크(208)는 함께 접합되는 텅스텐 카바이드 층(228)과 초강화 재료 층(230)을 포함하는데, 그 접합은 초강화 재료 층(230)의 형성 과정 중 이루어지는 것이 바람직하다. 텅스텐 카바이드 층(228)은 AWJ 혼합 튜브(200)의 입구 단부(236)상에 림(231)을 형성한다. 복합재료 디스크(208) 대신에 초강화 재료 디스크가 사용될 수 있지만, AWJ 혼합 튜브(200)의 입구단부(236)에서의 디스크는, 초강화 재료보다 더 약한 경질의 내마모 재료와 초강화 재료로 이루어지는 복합재료로 만들어지는 것이 보다 바람직하다. 그 이유는, 그러한 내마모 재료에 림(231)의 상부 섹션 재킷 쇼울더(234)를 수용하기 위한 오목부(232)와 같은 오목부를 형성하는 것이 초강화 재료에 형성하는 것보다 더 용이하기 때문이다. 상기 내마모 재료의 두께는 오목부의 형성을 허용하는 범위에서 가능한 한 얇게 되어야 한다.

경사진 통로와 보어 섹션 사이의 전이부는 복합재료 디스크와 초강화 재료 디스크 사이의 계면 또는 2개의 초강화 재료 디스크 사이의 계면으로부터 이격되게 배치되는 것이 바람직하다. 도13은 경사진 통로(237)와 상부 증방향 보어(238) 사이의 전이부(235)가 초강화 재료 디스크(210)내에 배치되고, 그 계면으로부터 이격되는 것과 같은 상기의 기호를 도시한다.

상부 섹션(202)은 복합재료 디스크(208)와 초강화 재료 디스크(210-224)를 상부 섹션 재킷(226)에 조립함으로써 형성될 수 있으며, 그 후, 경사진 통로(237)와 상부 섹션 증방향 보어(238)의 EDM 기계가공이 실시될 수 있다. 디스크(208-224)들이 함께 조립된 후 AWJ 혼합 튜브(200)의 유동 통로(240)의 상기 부분들을 EDM 기계가공하면, 유동 통로(240)를 따라 인접한 디스크들의 접합점에서의 부정합을 회피함으로써, AWJ 혼합 튜브(200)의 작동 중 상기 위치들에서의 침식을 최소화할 수 있다. 인접한 디스크의 인접한 면들이 상호간의 결합을 증진시키도록 준비되는 것이 바람직하다. 이것은, 예를들면, 상호간의 형상을 조화시키기 위해 인접한 면들을 EDM 플래닝 및/또는 기계적 연삭 또는 연마에 의해 제한없이 실시될 수 있다. 인접한 초강화 재료 디스크들의 단부면들이 결과적인 AWJ 혼합 튜브의 작동 중 인접 계면에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하도록 상호 정확하게 인접되는 것이 중요하다.

초강화 재료 디스크들을 함께 조립하는 단계는 다양한 방법으로 실행될 수 있다. 예를들면, 도13의 경우에서와 같이, 디스크(208-224)들은 상부 본체 재킷(226)내로 간단하게 삽입되거나 또는 서로에 대하여 가압될 수 있다. 그 대신에, 인접한 디스크들은, 그것들이 재킷내로 삽입되기 전 또는 삽입된 후에 접착제 또는 납땀에 의해 함께 접합될 수 있다. 소량의 개스킷 재료 또는 매우 가는 심(shim)이 인접한 초강화 재료 디스크들의 사이에 사용되어, 그것들의 결합을 개선하거나 또는 삽입 또는 강제 끼워맞춤 작업 중의 손상으로부터 초강화 재료 디스크를 보호할 수 있다. 재킷에 관한 초강화 재료 디스크의 위치를 고정하기 위하여 조립된 초강화 재료 디스크와 재킷 사이의 공간에 스페이싱 재료(spacing material)가 채워지도록 사용될 수 있다.

도13을 다시 참고하면, 하부 섹션(204)은 내마모 재료 코어(242), 제1 및 제2의 센터링 커플링(244, 246), 스페이싱 재료(248) 및 하부 섹션 재킷(250)을 포함한다. 내마모 재료 코어(242)를 포함하는 내마모 재료는 초강화 재료로 되는 것이 가장 바람직하다. 본원에 사용되는 용어 “센터링 커플링”은, 내마모 재료 부재 또는 부재들이 AWJ 혼합 튜브 보어를 적절히 정렬시키게 배치되도록 AWJ 혼합 튜브 재킷내에 하나 또는 그 이상의 내마모 재료 부재의 중심을 맞추는 작용을 하는 장치이다. 센터링 커플링은 또한, 스페이싱 재료가 내마모 재료와 재킷 사이에 삽입되는 중 내마모 재료를 적소에 중심 맞추도록 보지하는 작용을 한다. 센터링 커플링을 사용하는 실시예들에 있어서는, 하나 또는 그 이상의 센터링 커플링이 사용될 수 있다. 센터링 커플링은 관형의 형상으로 되며, 그것이 삽입되는 재킷의 내경과 정밀한 미끄럼 방식으로 끼워맞춰지는 외경, 및 그것이 내포할 내마모 재료 부재 또는 부재들과 정밀한 미끄럼 방식으로 끼워맞춰지는 내경을 지니는 것이 바람직하다. 단일의 센터링 커플링이 2개의 내마모 재료 부재와 함께 사용되며, 하나의 내마모 재료 부재의 횡단면 크기 및/또는 형상이 다른 내마모 재료 부재의 그것과 다른 경우, 센터링 커플링의 내측은 각각의 내마모 재료 부재를 꼭맞게 수용하기에 적합하게 되어야 한다. 센터링 커플링 내측과 내마모 재료 부재 또는 부재들 사이에 존재하는 어떠한 틈새도 스페이싱 재료로 채워질 수 있다.

하부 섹션(204)은 우선 내마모 재료 코어(242)의 대향 단부들 상으로 제1 및 제2의 센터링 커플링(244, 246)을 활주시킴으로써 조립될 수 있다. 이러한 조립체가 하부 섹션 재킷(250)내로 삽입된다. 그 후, 주입구(252)를 통하여 유체 형태의 공간 충전 재료(248)를 주입함으로써 공간 충전 재료(248)가 하부 섹션 재킷(250)과 내마모 재료 코어(242) 사이에 삽입된다. 스페이싱 재료(248)는 또한 내마모 재료 코어(242)와 제1 및 제2의 센터링 커플링(244, 246) 사이에 존재할 수 있는 모든 틈새 내로 유동한다. 이때 하부 섹션 증방향 보어(254)가 내마모 재료 코어(242)내로 EDM 기계가공될 수 있다.

내마모 재료 코어(242)의 상부 단부면(256)이 초강화 재료 디스크(224)의 최하부의 하부 단부면(258)과 접촉 결합할 때까지 조인트(206)에서 상부 섹션(202)과 하부 섹션(204)을 함께 나사 연결함으로써, 상부 섹션(202)과 하부 섹션(204)이 함께 연결된다. 단부면(256, 258)들은, 그것들이 AWJ 혼합 튜브(200)의 작동 중 그 계면에서 과도한 침식 마모를 회피하기에 충분하게 상호 정확하게 인접하도록 조절되는 것이 바람직하다. 선택적으로, 개스킷(260)이 상부 섹션(202)과 하부 섹션(204)의 접합부에 사용되어, 내마모 재료 코어(242) 또는 최하부의 초강화 재료 디스크(244)의 손상을 방지하도록 상기 2개의 구성요소의 과도한 조임을 회피하는 것을 돕는다.

상기에서 설명된 바와 같이, 상부 섹션(202)과 하부 섹션(204)에 각각 배치되는 유동 통로의 분리된 부분들은, AWJ 혼합 튜브(200)의 그러한 구성요소들을 함께 결합하기 전에 기계가공될 수 있다. 다른 선택은, 상부 섹션과 하부 섹션이 유동 통로(240)의 일부 또는 전부를 EDM 기계가공하도록 함께 결합된 후까지 기다리는 것이다. 전자의 접근방법은, AWJ 혼합 튜브의 사용 중 마모된 구성요소의 교체를 용이하게 하는 이점을 지니는 반면, 후자의 접근방법은 최하부 초강화 재료 디스크(224)와 내마모 재료 코어(242)의 접합부에서의 부정합의 기회를 감소시키고, 그 계면에서의 침식을 최소화시키는 이점을 지닌다.

비록, AWJ 혼합 튜브(200)의 상부 섹션(202)과 하부 섹션(204) 구성요소가 상이한 구조를 지니는 것으로 제시되어 있지만, 상기 구성요소들이 유사한 구조를 지닐 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 더욱이, 그러한 구성요소의 구조는 본 발명의 실시예에 관하여 지금까지 설명된 모든 방식 또는 그 방식의 조합에 의해 구성될 수 있다. 분리가 가능하게 함께 연결된 구성요소들을 포함하는 본 발명의 실시예들이 상당히 많은 개수의 구성요소들을 포함할 수 있으며, 그 구성요소들의 상대 길이가 어떠한 값을 취할 수도 있다는 것이 이해되어야 한다.

도14는 본 발명에 따른 AWJ 혼합 튜브의 제10의 실시예를 도시한다. 이 실시예는 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로의 중간부분에서 보어의 안을 대는 초강화 재료만이 아니라 내마모 재료의 사용을 제시한다. 도14를 참고하면, AWJ 혼합 튜브(300)는 나사가공된 조인트(306)에서 하부 섹션(304)에 분리가 가능하게 연결되는 상부 섹션(302)을 포함한다. 도13과 도14를 비교하면, AWJ 혼합 튜브(200)의 초강화 재료 디스크(216-224)들이 초강화 재료가 아닌 내마모 재료 실린더(308)로 대체되는 것을 제외하고는, AWJ 혼합 튜브(300)가 AWJ 혼합 튜브(200)와 동일하다는 것을 알 수 있다. 비록, 본 발명은, AWJ 혼합 튜브의 작동 수명을 최대화한다는 점에서 보아, 사용자에게 특별한 중요성을 갖는 적어도 유동 통로의 부분이 초강화 재료로 안이 대어지는 한, AWJ 혼합 튜브 유동 통로의 부분이 초강화 재료가 아닌 내마모 재료로 안이 대어질 수 있다는 것을 기대할 수 있지만, 초강화 재료가 아닌 내마모 재료의 사용은 연마 입자들이 기둥꼴(columnated)의 스트림으로 유동하는 유동 통로 영역으로 제한되는 것이 바람직한데, 그 이유는, 그러한 영역은 연마 입자 유동이 기둥꼴의 스트림에서 이루어지지 않는 영역보다 AWJ 혼합 튜브의 작동 중 연마 마모에 덜 종속되기 때문이다.

본 발명은 또한, 본 발명의 실시예들 중, AWJ 혼합 튜브의 증방향 보어의 안을 대는 초강화 재료를 지니는 모든 AWJ 혼합 튜브를 포함한다. 이러한 실시예에 있어서는, 바람직하게는 적어도 0.005 인치(0.13 mm), 더 바람직하게는 적어도 0.010 인치(0.25 mm)의 초강화 재료 라이닝 두께가 AWJ 혼합 튜브 증방향 보어를 둘러싼다.

본 발명은 또한, 본 발명의 실시예들 중, 초강화 재료를 포함하는 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함한다. 그러한 실시예는 EDM 에 의해 적어도 하나의 내마모 재료로 형성된 유동 통로를 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함하며, 상기 유동 통로의 적어도 일부는 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 이러한 AWJ 시스템은 다수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함하는 AWJ 혼합 튜브를 지니는 AWJ 시스템을 포함하는데, 상기 연결부는 각각의 별개의 구성요소의 유동 통로가 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하기 위해 각각의 다른 구성요소의 유동 통로와 연통하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결시키는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소의 적어도 하나의 유동 통로가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 그러한 AWJ 시스템은 도1에 도시된 종래기술의 시스템에서 서술된 것과 같은 부스터 펌프, 필터, 강화펌프, 고압 펌핑, AWJ 기계가공 헤드, AWJ 기계가공 헤드 이동 기구 및 수집 탱크를 포함한다.

초강화 재료를 포함하는 혼합 튜브를 지니는 본 발명의 AWJ 시스템은 석류석, 감람석, 알루미늄, 입방 질화붕소, 지르코니아, 실리콘 카바이드, 보론 카바이드, 다이아몬드, 다른 미네랄 및 세라믹, 및 그것들의 혼합물 및 조합을 제한없이 포함하는 어떠한 형태의 연마 입자도 사용한다. 그러한 AWJ 시스템은 석류석, 예를들면, 알루미늄, 입방 질화붕소, 다이아몬드 또는 그것들 상호간의 조합 및 다른 재료와 그것들의 혼합물 및 조합보다 더 큰 경도를 지니는 연마 입자를 사용하는 것이 바람직하다. 다이아몬드와 같은 연마 입자가 사용될 경우, 그 다이아몬드 입자는 수집 탱크로부터 회수되고, 세정되어 다시 사용될 수 있으므로, 비용면에서 효과적이다.

본 발명은, (1) 유동 통로의 적어도 일부가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지니도록 EDM 에 의해 적어도 하나의 내마모 재료로 형성된 유동 통로를 지니는 AWJ 혼합 튜브를 제공하는 단계; (2) 연마 입자를 제공하는 단계; (3) AWJ 혼합 튜브로부터 연마 입자를 방출하는 단계; 및 (4) 방출된 연마 입자로 공작물을 기계가공하는 단계를 포함하는 AWJ 시스템의 사용 방법을 포함한다. 이와같이 제공된 AWJ 혼합 튜브는 다수의 구성요소와 적어도 하나의 연결부를 포함할 수 있는데, 상기 연결부는 상기 연결부 각각의 별개의 구성요소의 유동 통로가 AWJ 혼합 튜브의 유동 통로를 형성하기 위해 각각의 다른 구성요소의 유동 통로와 연통하도록 하나의 구성요소를 다른 구성요소에 연결시키는 분리가능한 연결부로 될 수 있으며, 다수의 구성요소의 적어도 하나의 유동 통로가 초강화 재료를 포함하는 라이닝을 지닌다. 예를들면, 본 발명은, 또한, 본 발명의 실시예들 중, 초강화 재료로 안을 댄 종방향 보어를 지니는 연마성 물 분사 혼합 튜브를 제공하는 단계, 연마 입자를 제공하는 단계, 연마성 물 분사 혼합 튜브로부터 연마 입자를 방출하는 단계, 및 상기 방출된 연마 입자로 공작물을 기계가공하는 단계를 포함하는 AWJ 시스템을 사용하는 방법을 포함한다. 그러한 방법은 입방 질화붕소, 다이아몬드, 그것들과 다른 재료의 조합으로 이루어지는 그룹으로부터 연마 입자를 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 연마 입자들이 상기 그룹으로부터 그렇게 선택될 경우, 본 발명의 방법은 모스 경도계의 약 9 이상의 경도를 지니는 재료를 전체적 또는 부분적으로 포함하는 공작물을 포함하는 모든 형태의 공작물을 기계가공하는 것을 포함한다. 모스 경도계에 대한 본원에 사용된 모든 언급은, 다이아몬드가 10의 모스 경도를 지니는 고유의 모스 경도계에 관련되었다는 것을 알아야 한다. 약 9 이상의 경도를 지니는 재료의 실례는 다이아몬드와 입방 질화붕소를 제한없이 포함한다.

본 발명은, 상기 내구성 재료가, 초강화 재료에 접합될 수 있거나 또는 외력으로부터의 손상에 대한 AWJ 혼합 튜브의 민감성을 감소시키거나 또는 AWJ 기계가공 헤드내에 초강화 재료 코어 라이닝의 적용을 용이하게 할 수 있는 모든 재료로 되는 것을 도모한다. 그러한 내구성 재료는 또한 초강화 재료를 보강할 수 있음으로써, 작동 중 AWJ 혼합 튜브가 막힐 경우, AWJ 혼합 튜브가 물 분사 배압에 의해 손상되는 것을 방지하는 것이 바람직하다. 그러한 재료의 실례는, 강, 침탄된 텅스텐 카바이드, 세라믹 및 서멧을 제한없이 포함한다. 그러나, 내구성 재료 부분이 AWJ 혼합 튜브의 경사진 통로의 부분으로서 노출되는 설계의 경우와 같이, 내구성 재료가 AWJ 작업 중 고속의 물 분사와 연마 입자로부터의 침식 마모에 노출되는 AWJ 혼합 튜브 설계에 있어서는, 상기 내구성 재료가 강 또는 침탄된 텅스텐 카바이드로 되는 것이 바람직하다. 바람직한 강은, 강철 등급 4140, 4340, H13 및 A8과 같은 공구강 또는 내마모 합금을 포함한다. 바람직한 침탄된 텅스텐 카바이드 등급은 약 0 내지 20 중량 퍼센트의 결합제(예를들면, 코발트 또는 코발트-니켈 합금)를 포함하는, 더 바람직하게는 6 내지 16 중량 퍼센트의 결합제를 포함하는 등급을 포함한다.

본 발명은, 접합 재료가 본 발명의 실시 중 사용되는 특정 형태의 내구성 재료에 초강화 재료를 접합할 수 있는 모든 접합 재료로 되는 것을 도모한다. 첨부도면에서의 편의를 위해, 접합 재료는 가는 스트립의 형태로 제시되었지만, 본 발명은 또한 초강화 재료와 내구성 재료체의 접합을 용이하게 하는 모든 형태의 접합 재료의 사용을 도모한다. 더욱이, 본원에 개시된 방법들은 조립체내로 내구성 재료 및 초강화 재료체와 결합된 것으로의 접합 재료를 개시하지만, 본 발명은 또한 내구성 재료와 초강화 재료체를 초래하는 모든 수단에 의해 부가의 접합 재료가 AWJ 혼합 튜브 블랭크내로 함께 접합되는 것을 도모한다. 예를들면, 본 발명은 내구성 재료와 초강화 재료체를 조립체내로 결합시킨 후, 유체 접합 재료를 그 조립체에 침투시키는 것을 포함한다. 적절한 접합 재료의 실례는 납땜과 접착제를 포함한다. 내구성 재료로서 침탄된 텅스텐 카바이드가 사용될 경우, 접합 재료는 경납 합금(brazing alloy)으로 되는 것이 바람직하다. 적절한 경납 합금의 실례는, 캐나다 엠9뎀블유5지1, 온타리오, 렉스달, 290 카링뷰 드라이브에 소재하는 캐나다 주식회사, 핸드 앤드 하먼(Handy &

Harman)사로부터 입수가 가능한 이지-플로 45(Easy-Flo 45)와 같은, 606 C의 액상선(liquidus)을 지니며, 15%의 구리, 16%의 아연, 45%의 은, 및 24%의 카드뮴을 포함하는 경납 합금이 있다. 내구성 재료로서 강이 사용될 경우, 접합 재료는 접착제로 되는 것이 바람직하다. 적절한 접착제의 실례로는, 미국, 뉴욕 10562, 오씨닝, 피. 오. 박스 429에 소재하는 아렘코 프로덕츠, 아이엔씨.(Aremco Products, Inc.)로부터 입수가 가능한 아렘코-본드(TM) 631과 같은 2-부분, 실온 경화가능한 유기 접착제가 있다.

상업적으로 이용가능한 PCD가 본 발명과 함께 이용하기에 적절하다. PCD는 약 0.2 인치(5 mm) 이하의 두께의 시트 또는 디스크의 형태로 상업적으로 이용가능하다. PCD의 디스크들은 약 3 인치(78 mm) 이하의 직경으로 상업적으로 이용가능하다. PCD는 약 4 내지 8 체적 퍼센트의 금속 함량을 갖는 다양한 입자 크기로 상업적으로 이용가능하다. 상기 금속 함량은 예를들면 코발트 또는 코발트-니켈 합금을 제한없이 포함할 수 있다. PCD의 평균 입자 크기는 0.1 내지 100 마이크로미터 정도로 될 수 있다. 현재 상업적으로 이용가능한 PCD 등급의 실례는, 약 2, 10, 25 및 75 마이크로미터의 공칭 평균 입자 크기를 지닌다. 본 발명과 함께 이용하기에 적절한 PCD는, 미국, 뉴욕 10036, 뉴욕, 35 웨스트 45번가에 소재하는 다이아몬드 어브레시브스 코퍼레이션과, 미국, 메사추세츠 43085, 워딩톤, 박스 586, 6325 헌트레이 로드에서 소재하는 제너럴 일렉트릭으로부터 입수가 가능하다.

본 발명은 내마모 재료가, AWJ 혼합 튜브와 관련하여 사용되는 연마 입자에 의해 실질적으로 연마되지 않는 본 기술분야의 당업자에게 공지되어 있는 저렴한 재료뿐만 아니라 본원에서 설명된 초강화 재료를 포함하도록 의도한다. 예를들면, 그러한 저렴한 내마모 재료는 침탄된 텅스텐 카바이드 또는 공구강을 제한없이 포함한다. 바람직한 침탄된 텅스텐 카바이드 등급은 약 0 내지 10 중량퍼센트의 결합제(예를들면, 코발트 또는 코발트-니켈 합금), 더 바람직하게는 0 내지 3 중량퍼센트의 결합제를 포함하는 등급을 포함한다. 예를들면, 록텍 100 (ROCTEC 100) 및 록텍 500이 펜실베이니아 15650, 라트로베에 소재하는 케나메탈 아이엔씨,사로부터 입수가 가능하다. 강은 강철 등급 4140, 4340, H13 및 A8과 같은 내마모 합금 또는 공구강을 포함하는 것이 바람직하다.

본 발명은, 재킷용으로 적절한 재료가 강, 알루미늄, 플라스틱 및 그러한 용도로 적합한 본 기술분야의 당업자에게 공지된 다른 재료를 포함하는 것을 의도한다. 재킷 재료는 강한 탄성재료로 되는 것이 바람직하다.

본 발명은 센터링 커플링용으로 적절한 재료가 금속과 플라스틱 또는 그러한 용도로 적합한 본 기술분야의 당업자에게 공지된 다른 재료를 포함하는 것을 의도한다. 그 재료는 탄성 재료로 되는 것이 바람직하며, 저탄소강으로 되는 것이 가장 바람직하다.

본 발명은 스페이싱 재료가 금속, 플라스틱 또는 포팅 화합물(potting compound) 또는 재킷에 관한 적소에 AWJ 혼합 튜브의 통로 또는 코어를 포함하는 초강화 재료 또는 다른 내마모 부재를 고정할 수 있는 본 기술분야의 당업자에게 공지된 다른 재료들로 되는 것을 의도한다. 상기 스페이싱 재료는 디스켓과 재킷 사이에서 유동할 수 있으며 낮은 수축율로 경화될 수 있는 재료로 되는 것이 바람직하다. 그러한 스페이싱 재료의 비한정 실례는 미국, 07601 뉴저지 하켄색, 154 호바트 스트리트에 소재하는 마스터본드 아이엔씨.사로부터 입수가 가능한 EP30 에폭시이다.

본 발명은 또한 본 기술분야의 당업자에게 공지된 모든 종류의 개스킷 재료 또는 심이 인접한 초강화 재료 디스켓의 면들 사이에 사용되어, 그것들의 결합을 개선하거나 또는 강제끼워맞춤 작업 중의 손상으로부터 초강화 재료와 내마모 재료 부재를 보호하는 것을 도모한다. 그러한 개스킷 재료와 심은 단독으로 사용되거나 또는 다른 개스킷 재료 또는 심과 조합하여 사용될 수 있다. 그러한 개스킷 재료의 비한정 실례는 금속성 개스킷을 포함한다. 상기 심에 대하여 적절한 재료의 비한정 실례는 연질의 구리이다. 개스킷 재료와 심의 두께는 약 0.005 인치(0.13 mm) 이하로 되는 것이 바람직하다.

본 발명은 또한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체, 및 그것의 제조방법을 포함하는데, 상기 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체는 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 종축에 관하여 실질적으로 평행하게 되는 EDM에 의해 형성된 적어도 하나의 보어를 지닌다. 그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체는 약 20 으로부터 약 400까지의 보어 길이 대 보어 직경의 비를 지닌다. 그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 길이는 적어도 약 0.24 인치(6 mm), 바람직하게는 약 1인치(25 mm)로 된다. 마찬가지로, 그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 보어 길이는 적어도 약 0.24 인치(6 mm), 바람직하게는 약 1인치(25 mm)로 된다. 그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 보어 직경은 바람직하게는 약 0.005 내지 약 0.19 인치(0.13 내지 4.8 mm)의 범위, 더 바람직하게는 약 0.01 내지 0.065 인치(0.25 내지 1.7 mm)로 된다. 예를들면, 도15를 참고하면, 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체(400)는 보어(402)와 보어 직경(404)를 지닌다. 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체는 또한 EDM에 의해 형성된 보어(406)를 지닌다. 그 보어(406)는 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체(400)의 종축(408)에 실질적으로 평행하게 된다.

그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료는 우선 가늘고 긴 초강화 재료체를 형성하고, 그 후, EDM 기계가공에 의해 내부에 적어도 하나의 보어를 형성함으로써 제조될 수 있다. 상기 가늘고 긴 초강화 재료체는 EDM에 의해 PCD의 중심 시트 또는 디스크로부터 절삭된다. 그러한 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체는 본원에 개시된 것과 같은 연마 물 분사 혼합 튜브에 사용되거나 또는 높은 내마모 통로 또는 콘딧이 유리한 경우(예를들면, 샌드 블라스트, 그릿 블라스트, 또는 물 블라스트 노즐; 페인트 노즐; 및 파우더 스프레이 드라이어 노즐과 같은 파우더 스프레이 노즐)에, 다른 용도로 사용될 수 있다.

본 발명은 또한 EDM 기계가공에 의해 형성되는, 약 0.2 인치(5 mm) 이상의 길이와 약 0.2 인치(5 mm) 이하의 직경을 지니며, 그 종방향 중심선을 따라 직선형 통로 또는 원뿔형 통로 또는 직선 통로와 원뿔형 통로의 조합으로 되는 초강화 재료 실린더를 포함한다. 그러한 초강화 재료 실린더는 초강화 재료, 또는 다른 내마모 재료에 접합된 초강화 재료의 복합재료를 포함한다. 초강화 재료 실린더가 복합재료를 포함하는 경우, 비-초강화 재료 내마모 재료는 텅스텐 카바이드로 이루어지는 것이 바람직하다.

초강화 재료 실린더의 실시예로서, 직선형 통로, 제1의 직선형 통로(502)를 지니는 제1의 초강화 실린더(500)가 도16A에 도시되어 있다. 초강화 재료 실린더의 실시예로서, 원뿔형 섹션, 제1의 원뿔형 섹션(506)을 지니는 제2의 초강화 재료 실린더(504)가 도16B에 도시되어 있다. 초강화 재료 실린더의 실시예로서, 원뿔형 섹션, 제2의 원뿔형 섹션(510)과 직선형 섹션, 제2의 직선형 섹션(512)의 조합을 지니는 제3의 초강화 재료 실린더(508)가 도16C에 도시되어 있다. 초강화 재료 실린더의 실시예로서, 원뿔형 섹션, 제3의 원뿔형 섹션(520)을 지니는 초강화 재료(516)와 다른 내마모 재료(518)의 복합재료를 포함하는 복합재료 실린더(514)가 도16D에 도시되어 있다. 복합재료 실린더(514)는 도13에 최상으로 도시된 상부 섹션 재킷 쇼울더(234)와 같은 재킷의 쇼울더를 수용하기 위한 오목부(522)를 포함하는 것이 바람직하다.

그러한 초강화 재료 실린더가 직선형 통로를 단독으로, 또는 원뿔형 통로와 조합한 직선형 통로를 포함할 경우, 실린더 길이 대 통로의 직경의 중형비는 적어도 3 대 1로 되는 것이 바람직하며, 적어도 6 대 1로 되는 것이 더 바람직하며, 적어도 10 대 1로 되는 것이 가장 바람직한데, 그 이유는, 그러한 중형비가 예를들면 AWJ 혼합 튜브의 일부로서 제한없이, 초강화 재료 실린더를 연마 유체 운반 용도에 특히 유용하게 하기 때문이다.

그러한 초강화 재료 실린더는 우선 원통형 본체를 형성하고, 그 후, 소기의 통로 또는 통로들의 조합을 내부에 EDM 기계가공함으로써 제조될 수 있다. 상기 원통형 본체는 EDM에 의해 PCD의 중심 시트 또는 디스크로부터 절삭되는 것이 바람직하다. 그러한 초강화 재료 실린더는 본원에 개시된 것과 같은 연마 물 분사 혼합 튜브에 사용되거나 또는 높은 내마모 통로 또는 콘딧이 유리한 경우(예를들면, 샌드 블라스트, 그릿 블라스트, 또는 물 블라스트 노즐; 페인트 노즐; 및 파우더 스프레이 드라이어 노즐과 같은 파우더 스프레이 노즐)에, 다른 용도로 사용될 수 있다.

본원에 언급된 특허와 문헌들이 참고로 본원에 포함된다.

삭제

도면의 간단한 설명

도면들은 단지 본 발명의 작동의 이해를 돕기 위하여 제공된다. 그러므로, 도면들은 단지 본 발명을 설명하기 위하여 제공되는 것이지, 본 발명을 제한하기 위하여 제공되는 것이 아니라는 것이 이해되어야 한다.

도1은 종래기술의 컴퓨터-제어되는 AWJ 시스템의 개략도이다.

도2는 종래기술의 AWJ 기계가공 헤드의 종단면도이다.

도3은 본 발명의 제1의 실시예에 따라 전체적으로 초강화 재료로 이루어진 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다.

도4는 본 발명의 제2의 실시예에 따라 초강화 재료 코어를 구비한 내구성 재료로 이루어진 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다.

도5는 모노리식 초강화 재료 본체의, 부분적으로 가상선으로 도시된, 사시도이다.

도6은 본 발명의 제2의 실시예의 처리단계의 일부를 도시하는 개략도이다.

도7은 본 발명의 제3의 실시예에 따른 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다.

도8은 본 발명의 제4의 실시예에 따른 처리단계의 일부를 도시하는 개략도이다.

도9A는 침탄된 텅스텐 카바이드 기재의 그루브에 형성되어 그것에 접합된 초강화 재료를 포함하는 복합재료 디스크의 사시도이다.

도9B는 본 발명의 제5의 실시예의 처리단계의 일부를 도시하는 개략도이다.

도10은 본 발명의 제6의 실시예의 처리단계의 일부를 도시하는 개략도이다.

도11A는 CVD 다이아몬드 코팅을 용착시키는 단계 전에, 본 발명의 제7의 실시예에 따라 준비된 AWJ 혼합 튜브의 일부의 종단면도이다.

도11B는 CVD 다이아몬드 코팅을 용착시키는 단계 후에, 본 발명의 제7의 실시예에 따라 준비된 AWJ 혼합 튜브의 일부의 종단면도이다.

도12는 통로 부분에 접합된 AWJ 혼합 튜브 본체 부분을 포함하는, 본 발명의 제8의 실시예에 따라 준비된, AWJ 혼합 튜브의 통로 단부부분의 종단면도이다.

도13은 본 발명의 제9의 실시예에 따라 준비된 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다.

도14는 본 발명의 제10의 실시예에 따라 준비된 AWJ 혼합 튜브의 종단면도이다.

도15는 본 발명의 실시예에 따른 관형의 가늘고 긴 초강화 재료체의 사시도이다.

도16A는 본 발명에 따른 초강화 재료 실린더의 제1의 실시예의 중앙부의 종단면도이다.

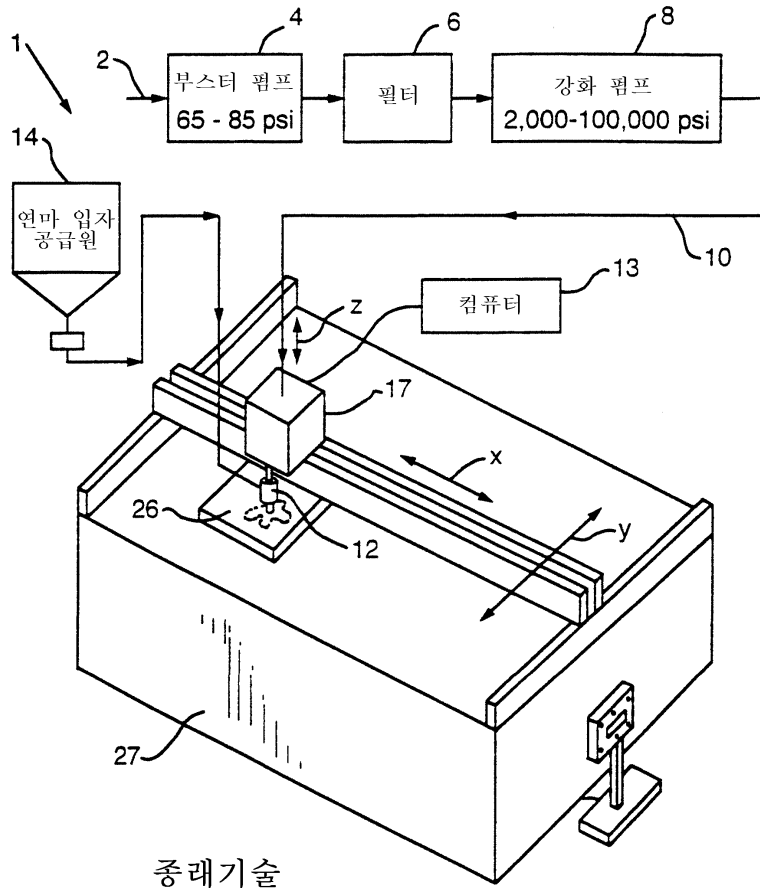
도16B는 본 발명에 따른 초강화 재료 실린더의 제2의 실시예의 중앙부의 종단면도이다.

도16C는 본 발명에 따른 초강화 재료 실린더의 제3의 실시예의 중앙부의 종단면도이다.

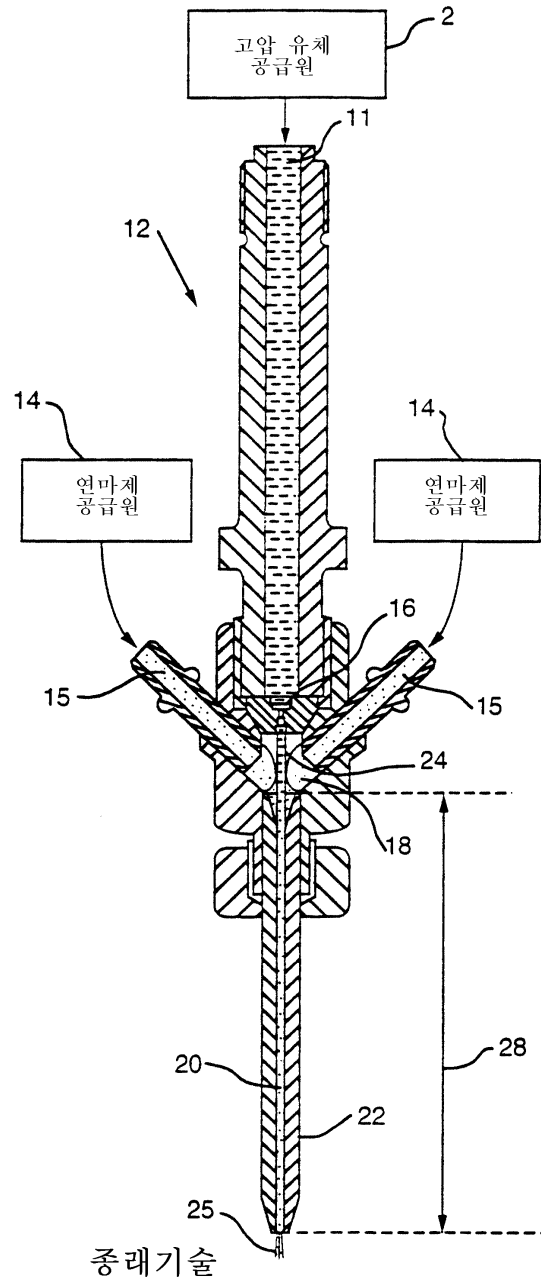
도16D는 본 발명에 따른 초강화 재료 실린더의 제4의 실시예의 중앙부의 종단면도이다.

도면

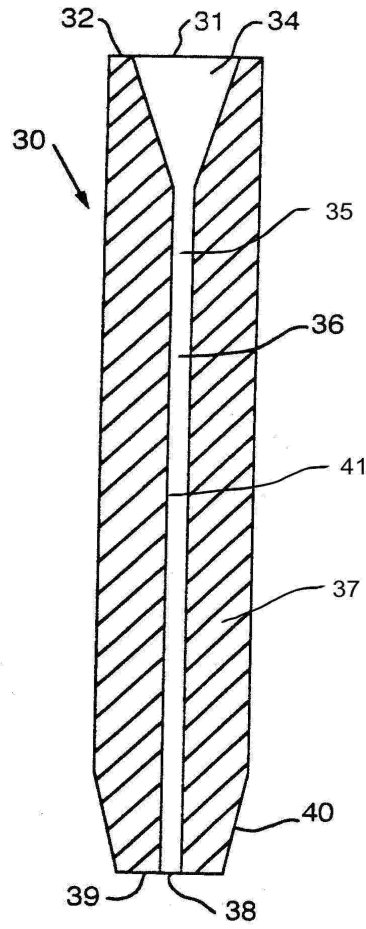
도면1



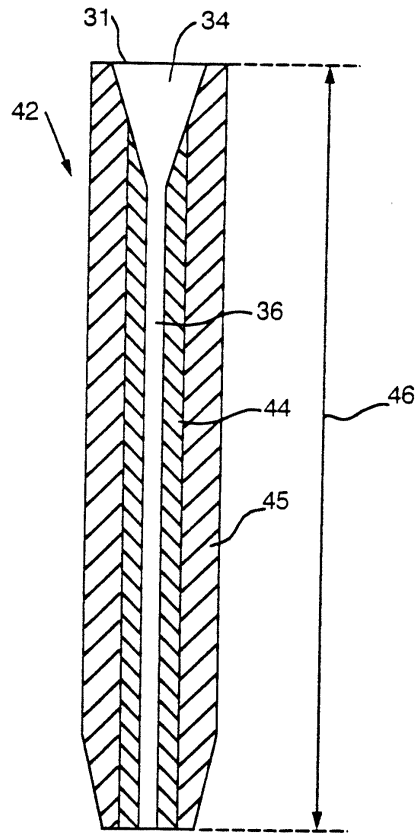
도면2



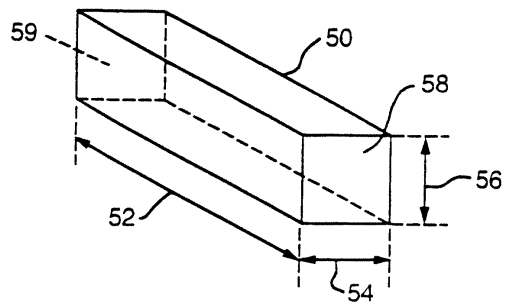
도면3



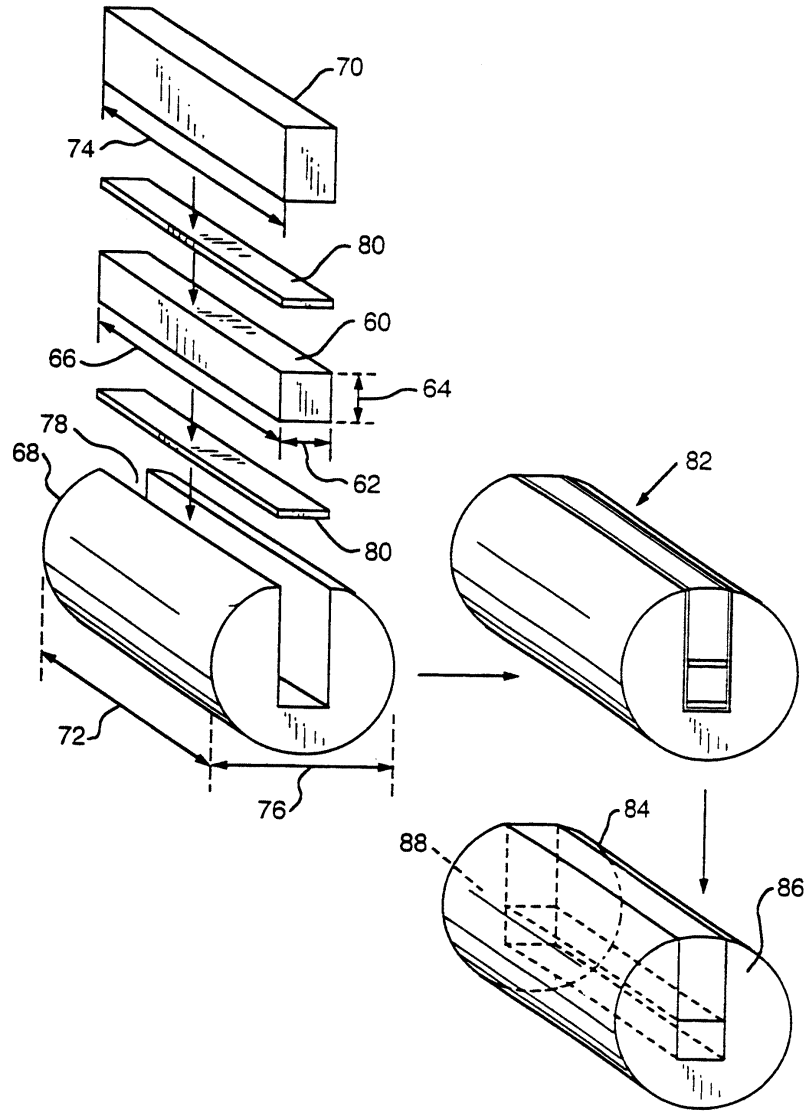
도면4



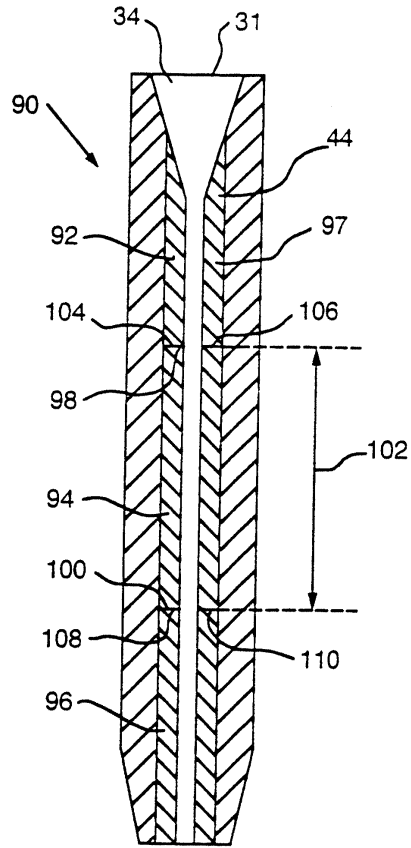
도면5



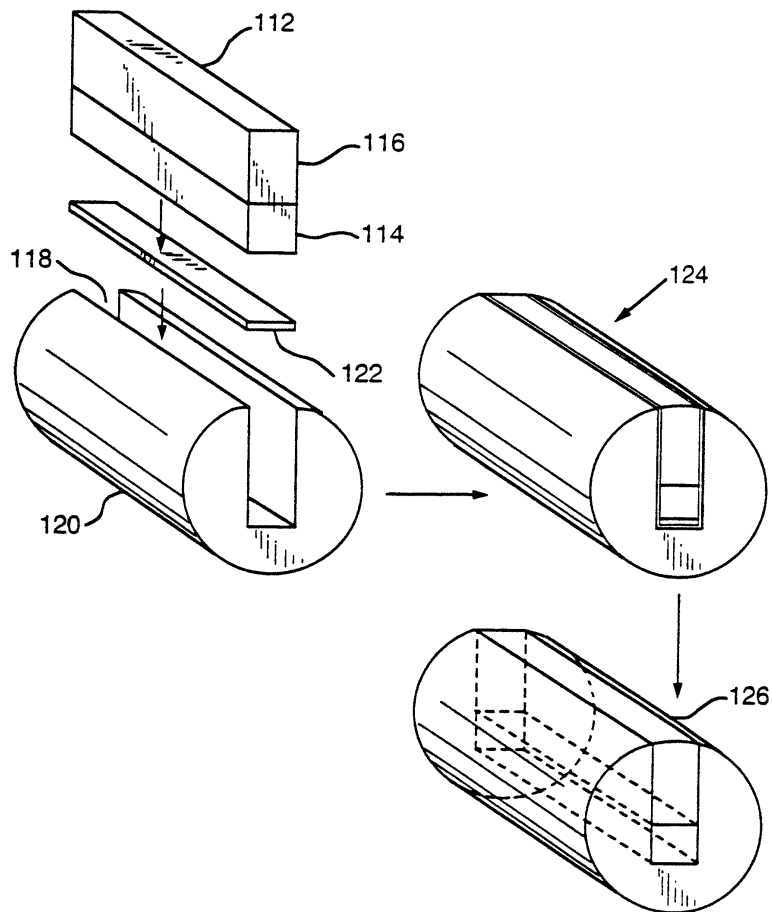
도면6



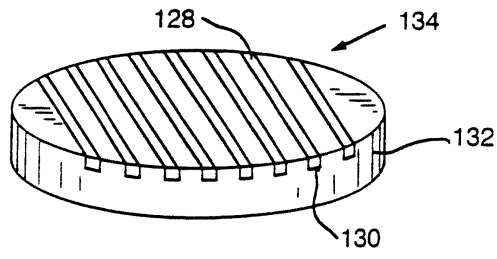
도면7



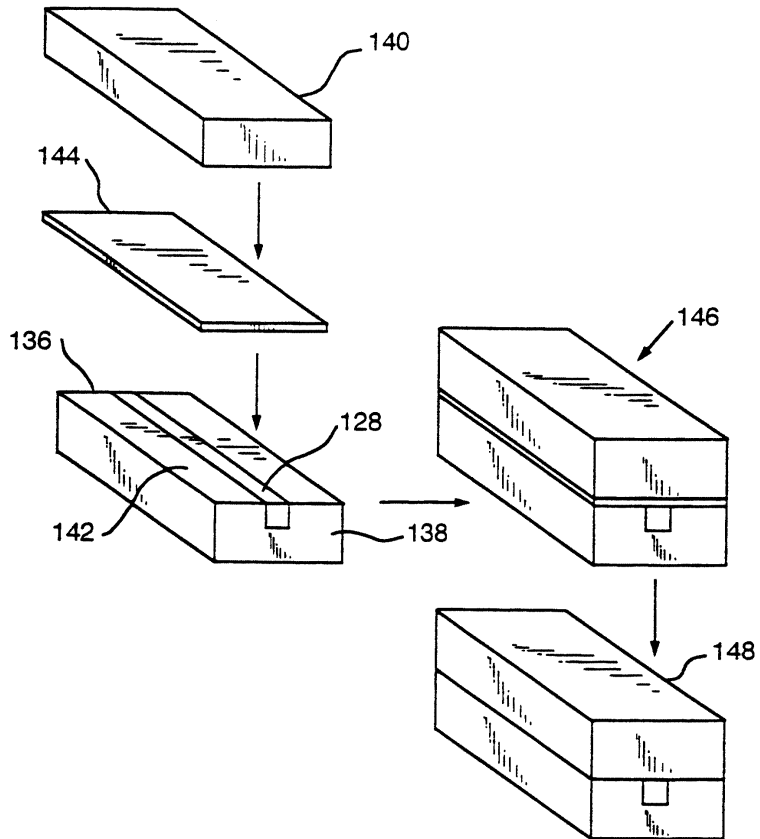
도면8



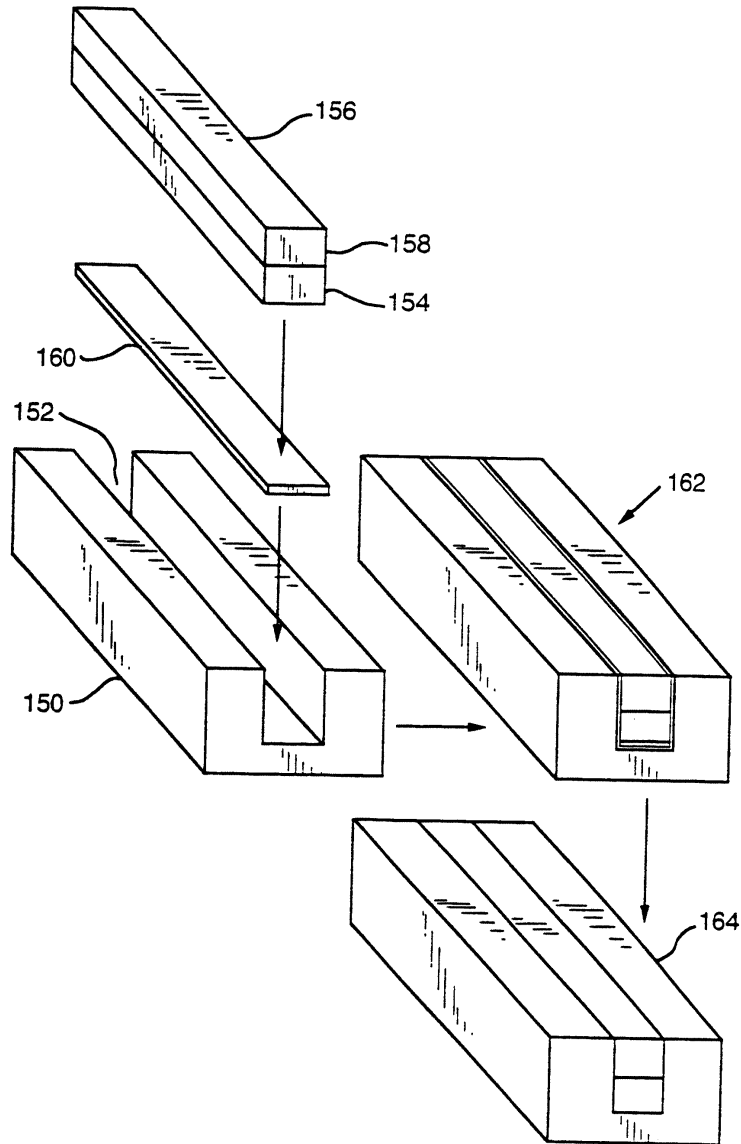
도면9a



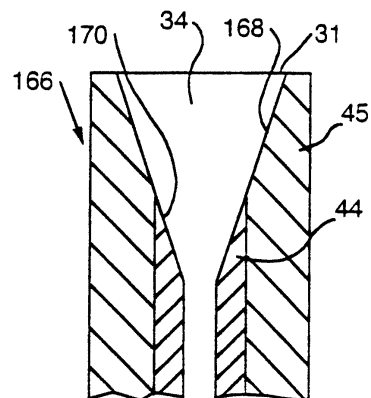
도면9b



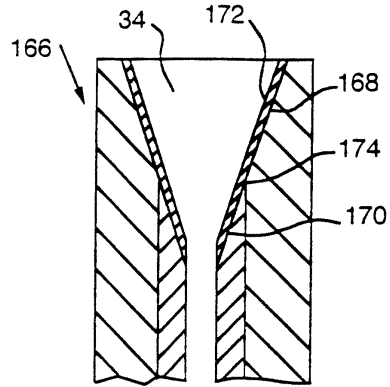
도면10



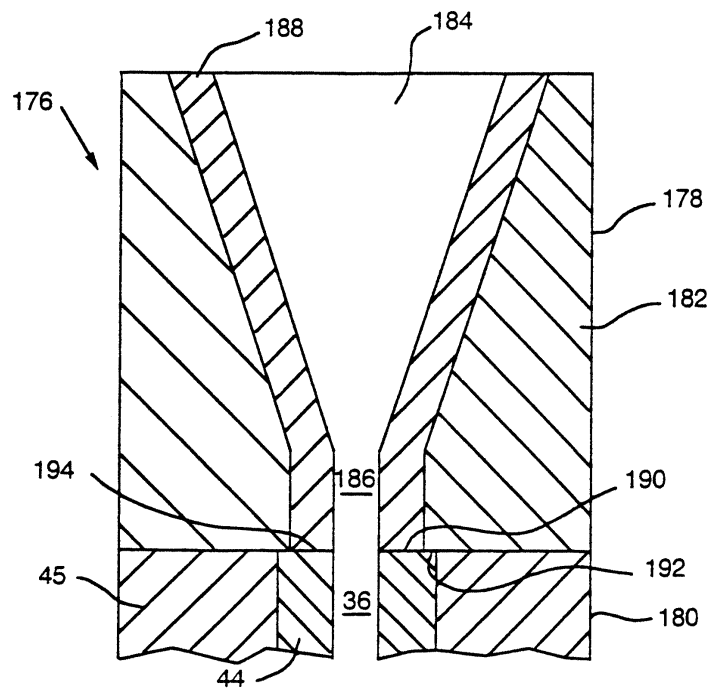
도면11a



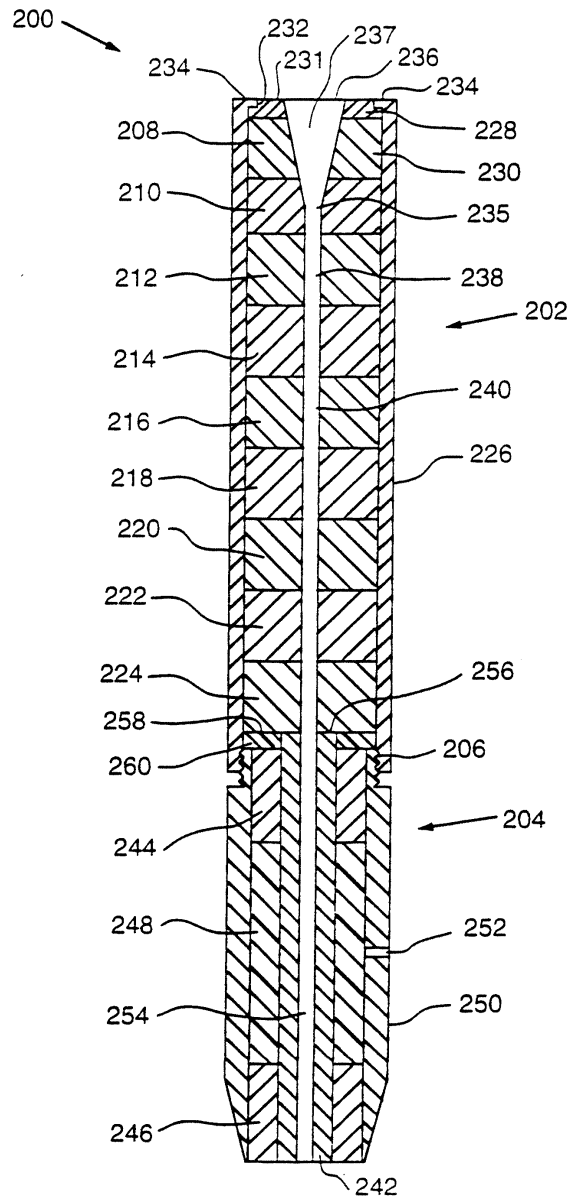
도면11b



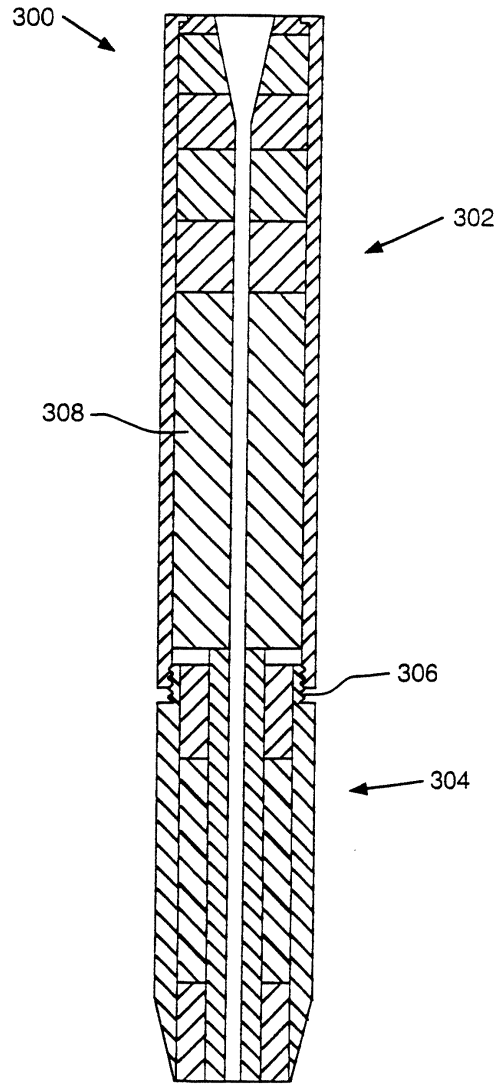
도면12



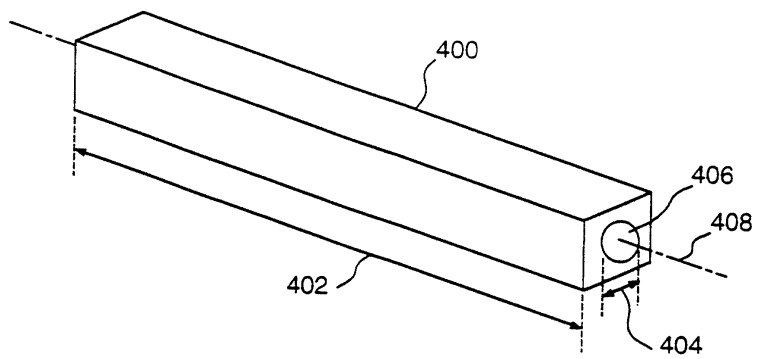
도면13



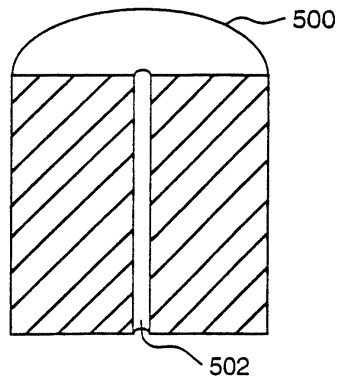
도면14



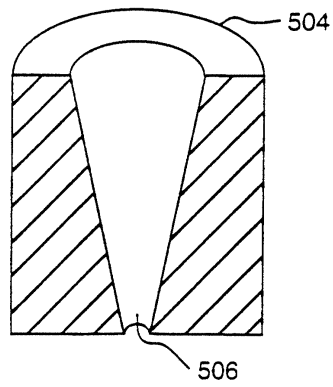
도면15



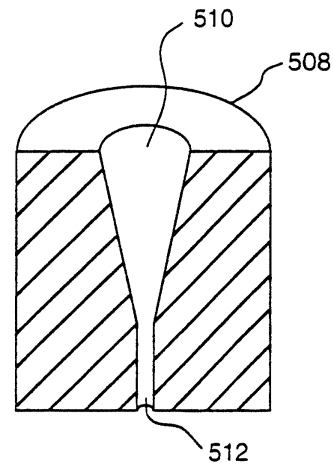
도면16a



도면16b



도면16c



도면16d

