

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.⁶
B22D 11/00

(45) 공고일자 2004년04월28일
(11) 등록번호 10-0415905
(24) 등록일자 2004년01월08일

(21) 출원번호 10-1996-0014737
(22) 출원일자 1996년05월06일

(65) 공개번호 10-1996-0040507
(43) 공개일자 1996년12월17일

(30) 우선권주장 PN2811 1995년05월05일 오스트레일리아(AU)

(73) 특허권자 카스트립 엘엘씨.
미국, 엔.씨., 28211, 샤를롯트, 렉스포드 로드 2100

(72) 발명자 라자르 스트레조브
오스트레일리아 엔 에스 더블유 2289, 아담스타운, 마린 스트리트 7

라마 발라브 마하파트라
오스트레일리아 엔 에스 더블유 2291, 야라와라, 엑스마우스 플 레이스 6

프레드 데 실바
오스트레일리아 엔에스 더블유 2291, 메레웨더, 캠프스터 로드 37

칸나파 무쿤탄
오스트레일리아 엔 에스 더블유 2291, 메레웨더, 란클랜드 스트리트 12/21

(74) 대리인 한양특허법인

심사관 : 나동규

(54) 스트립캐스팅

요약

스틸스트립의 연속 캐스팅에서, 용융금속의 캐스팅 풀은 캐스팅 롤 표면에서 스틸이 응고되도록 냉각되는 이동 캐스팅 롤 표면상에 지지되어 있다. 캐스팅 표면은 V-형상의 평행한 홈(8A)과 날카로운 엣지가 형성된 릿지(8B)를 포함하는 홈 및 릿지 형성부(8)에 의해 결이 형성되어 있다. 릿지 피크에서 홈 바닥까지의 결의 깊이(d)는 5 ~ 50마이크론, 홈 사이의 피치(p)는 100 ~ 250 마이크론이다. 캐스팅 롤 표면은 트윈롤 캐스터의 캐스팅 롤의 외주 표면일 수 있다.

대표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

제 1도는 본 발명의 트윈 롤 캐스터와 유사한 조건하에서 금속응고율을 결정하는 실험장치의 예시도,

제 2도는 제1도의 실험장치에 구성된 침적 패들(immersion paddle)의 예시도,
 제 3도는 바람직하게 결이 형성된(textured) 표면 형태를 갖는 캐스팅 롤(casting roll)의 예시도,
 제 4도는 바람직한 결(texture) 종류의 개략적인 확대도,
 제 5도는 표면 마무리 처리가 다른 기판 상에서의 스틸(steel) 샘플의 응고중 얻어진 열 흐름값(heat flux)을 나타내는 그래프,
 제 6도는 응고된 스틸샘플의 핵생성 위치의 선을 따라 측정된 것으로서 상이한 핵생성 회수(nucleation frequency)에서 구한 최대열 흐름값을 나타내는 그래프,
 제 7도는 릿지 피치(ridge pitch)가 상이한 각 릿지에 따른 전형적인 핵생성 회수 값을 나타내는 그래프,
 제 8도는 전형적인 스틸 샘플의 릿지 피치에 대한 열 흐름의 예측값 및 실측값을 나타내는 그래프,
 제 9도 및 제10도는 스틸을 릿지가 형성된 기판(ridged substrate)상에 캐스팅함으로써 얻어진 결정조직의 현미경 사진,
 제 11도는 오스테나이트계 스텐레스 스틸(austenitic stainless steel)의 응고시에 측정된 실측값과 함께, 릿지가 형성된 기판의 릿지를 따라 릿지를 가로지르는 방향으로 예상된 오스테 나이트 결정입도를 나타내는 그래프,
 제 12도는 오스테나이트계 스텐레스 스틸 샘플에서 측정된 실측값과 함께, 릿지피치를 상이하게 했을 때의 예상된 결정입도 변화를 나타내는 그래프,
 제 13도는 결(texture) 깊이 범위에 대한 결의 골(valley)을 가로질러 계측된 열 흐름값을 나타내는 그래프,
 제 14도는 10 및 50 마이크론 깊이인 릿지가 형성된 결 상에서의 스틸 샘플의 응고시에 수득된 열흐름값과, 이들을 평탄한 기판상의 응고상태의 열흐름값과 비교한 그래프,
 제 15도는 결이 형성된 기판상에서 황 함량을 변화시킨 스틸 용탕(steel melt)의 응고상태 테스트 결과를 나타내는 그래프,
 제 16도는 연속 스트립 캐스터(continuous strip caster)의 평면도,
 제 17도는 제16도에 도시된 스트립 캐스터의 측면도,
 제 18도는 제16도의 라인(18-18)을 절취한 수직 단면도,
 제 19도는 제16도의 라인(19-19)을 절취한 수직단면도,
 제 20도는 제16도의 라인(20-20)을 따라 절취한 수직단면도,
 * 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

11- 주 머신 프레임(main machine frame) 13- 왕복대(carriage)
 17- 레이들(ladle) 19- 송출노즐(delivery nozzle)
 30- 캐스팅 풀(casting pool) 33- 레일
 34- 크래들(craddle) 37,38- 유압실린더장치
 40- 구동브래킷 41- 구동샤프트
 42- 급수호스

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 스틸 스트립의 캐스팅에 관한 것이다. 금속 스트립을 트윈 롤 캐스터(twin roll caster)에서의 연속 캐스팅에 의해 캐스트(cast)하는 방법이 공지되어 있다. 상기 기법에 있어서, 용융금속이 냉각된 한 쌍의 역회전형 수평 캐스팅 롤 사이에 주입되어 금속셸(metal shell)이 이동롤 표면상에 응고된 다음, 롤 사이의 닙(nip)에 모아져서 이 롤 사이의 닙으로부터 하방으로 송출되는 응고된 스트립 제품을 얻는다. 여기서, 상기 용어 '닙(nip)'은 롤들이 서로 가장 인접하는 통상적인 영역을 말한다. 용융금속은 레이들(ladle)로부터 소형용기로 주입되어 롤 사이의 닙으로 배출되도록 금속 송출 노즐을 통해 유동되어서, 닙의 바로 위 롤의 캐스팅 표면 상에 지지되며 닙의 길이를 따라 연장하는 용융금속의 캐스팅 풀(casting pool)을 형성한다. 이러한 캐스팅 풀은, 전자기 배리어(barrier)와 같은 대체수단이 제안되어 있기는 하지만, 용융금속의 유출을 방지하도록 캐스팅 풀의 양단부를 폐쇄하기 위해 롤의 단면과 슬라이딩가능하게 맞물려 있는 상태로 유지되는 측판(side plate) 또는 댐 사이에 형성된다.

트윈 롤 캐스팅기법이, 냉각시에 빠르게 응고되는 비철금속(non ferrous metal)에 대해서는 다소 성공적으로 적용되지만, 철 함유 금속의 캐스팅에는 문제점이 발생된다. 구체적으로, 롤의 캐스팅 표면에서의 금속냉각현상이 충분하고도 신속, 균일하게 이루어져야 한다는 것이다. 특히, 그 캐스팅 표면이 평탄한 캐스팅 롤 상에서 응고시키기 위해 냉각율을 충분히 높게 하는 것이 어려운 것으로 밝혀졌다. 따라서, 일정한 간격으로 배열된 돌기부를 형성하며 세밀하게 결이 형성된 캐스팅 표면을 지닌 롤을 사용하여 열전달률을 향상시켜서, 응고시에 캐스팅 표면에 얻어지는 열 흐름을 증가시키는 방법이 제안되었다.

철 함유금속을 얇은 스트립이 되도록 캐스팅할 경우, 응고시에 열흐름은 단지 중요한 기준이 아니라, 특히 생성된 스트립이 열처리를 수반하지 않는 주조상태 그대로 즉, '주물방치(as cast)' 조건하에 가공되거나 또는 사용되는 경우에도, 마이크로구조(micro structure)를 얻기 위해서는 매우 중요할 수 있다. 특히, 주물방치 스트립의 조악한 결정구조를

피하고 이상적으로 오스테아니트계 조직을 얻는 것이 바람직하다.

본 발명자들은 결이 형성된 캐스팅 롤 표면에서의 철함유금속의 응고에 대해 심도있게 연구한 결과, 매우 특수한 결이 형성된 캐스팅 표면을 개발하여, 트윈 롤 캐스터에서 금속을 응고시킨 때에 열흐름 및 마이크로조직을 최적화 할 수 있게 되었다. 바람직한 결(texture)로는 롤의 캐스팅 표면의 원주상으로 일련의 홈 및 릿 지가 형성되어 있는 것이다.

결과적으로, 형성된 스트립의 표면결함을 방지하기 위해 트윈 롤 캐스터의 캐스팅 롤에 원주상 홈들을 형성시키는 방법이 공지되어 있다. 이와같은 방법의 예로는 이시카와지마-하리마 헤비 인터스트리즈 컴퍼니 리미티드의 일본국 특허 공고 제91-128149호, 바틀릿(Bartlett) 등의 미합중국 특허 제4,865,117호 및 유쿠모토(Yukumoto) 등의 미합중국 특허 제5,010,947호의 공보에 개시되어 있다. 그러나, 상기 공보에는 본 발명에 의해 착안된 매우 미세한 구조의 홈 및 릿지 형성체보다 훨씬 더 큰 피치 간격으로 배열된 훨씬 더 큰 크기의 홈이 개시되어 있다.

일본국 특허 공고 제91-128149호의 공보에는 용융금속이 홈 저부와 접촉시키지 않고서 홈에 채워져 용융금속과 대부분의 홈 표면사이에 명백한 공간이 형성되도록 깊이가 0.2mm 정도이고, 피치가 0.6mm인 홈이 개시되어 있다. 이는 초기 응고시의 열전도율을 감소시키고 과잉열구배(thermal gradient)에 의한 종방향의 균열현상을 방지한다. 미합중국 특허 제4,865,117호의 공보에는 응고시에 홈을 완전히 충만시키지 않는 홈이 개시되어 있다. 상기 홈은 1mm를 초과하는 피치 웰(pitch well)과 동일 높이에 있는 롤 표면을 따라 축방향으로 측정된 것으로, 1cm당 8~35개의 빈도수로 배열되어 있다. 상기 특허 명세서에는 깊이가 2mm이상이고, 홈폭이 0.15mm를 초과하는 홈이 개시되어 있다. 이에 따르면, 본 발명에 의해 얻어지는 미세조직에서 예상되는 것보다 훨씬 더 조잡한 상태의 홈 패턴이 얻어진다. 미합중국 특허 제5,010,947호의 특허 명세서에는 한 롤의 홈이 다른 롤의 홈과 상(phase)이 일치하지 않는 홈롤이 기재되어 있다. 실제로는, 홈이 홈폭과 비교하여 비교적 큰 거리의 간격을 두고 배열되어야 하며, 홈폭, 홈깊이 및 홈 피치의 가능범위가 매우 넓게 구체적으로 제시되어 있지만, 본 발명에 의해 예측되는 바와 같이, 상당히 특수한 깊이 및 피치를 갖는 미세조직의 홈 및 릿지 형성부보다 훨씬 더 큰 크기와 피치 간격으로 설정되어 있다.

응고시에 높은 열 흐름값을 얻기 위해 트윈 롤 캐스터에 결이 형성된 캐스팅 롤 표면을 사용하면, 이 결이 형성된 캐스팅 표면상의 특징 지점에 행해지는 국부적인 과다 냉각으로 인해 스트립 표면에 국부적인 변형상태 즉, '크로코다일 스킨'으로 알려진 캐스트 스트립의 결함을 야기할 수 있다. 결이 형성된 표면상에서의 철함유금속의 응고에 대해 상세히 연구조사한 결과, 용융물에 항 첨가량을 조절함으로써 이러한 결함종류를 완화시킬 수 있다. 상기 특허 명세서의 후반부에 설명되어 있는 바와 같이, 항 함량을 증가시키면 국부적인 과다 냉각의 원인이 되는 롤 산화물 용융개시가 지연된다.

본 발명에 의해 개발된 최적화상태의 캐스팅 표면이 특히 트윈 롤 캐스팅에 사용되지만, 용융스틸이 주입된 캐스팅 풀이 이동 캐스팅 표면과 접촉, 형성되어 스틸이 풀로부터 이동캐스팅 표면에 응고되는 유사한 캐스팅 기술에도 적용될 수 있다. 예를 들면, 단일 롤 드래그 캐스터(drag caster) 또는 이동 벨트 캐스터(belt caster)에도 일어날 수 있다.

본 발명에 따르면, 하나 이상의 캐스팅 표면에 용융 스틸의 캐스팅 풀을 지지하고, 상기 캐스팅 풀로부터 멀어지는 응고된 스트립을 생성하도록 상기 캐스팅 표면을 이동시키는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법에 있어서, 각 캐스팅 표면은 깊이 및 피치가 일정한 평행 홈 및 릿지 형성부에 의해 결이 형성되며, 릿지 피크로부터 홈의 바닥까지의 결의 깊이는 5 내지 50 마이크로인고, 상기 피치는 그 범위가 100 내지 250 마이크로인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법이 제공된다.

상기 캐스팅 풀은 그 사이에 입을 형성하는 한쌍의 캐스팅 롤의 외주 캐스팅 표면에 지지되어 있고, 상기 캐스팅 롤은 상기 입으로부터 하측방향으로 이동하는 응고된 스트립을 생성하도록 상호 대향하는 방향으로 회전될 수 있다. 각 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부는 이 캐스팅 표면 둘레의 원주방향으로 연장하여 상기 피치에서 종방향으로 일정하게 이격된 일련의 평행 환형홈에 의해 형성될 수 있다.

상기 각 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부는 이 캐스팅 표면상에서 나선상으로 연장되는 하나 이상의 홈에 의해 형성될 수 있다.

상기 홈 형성부는 V-형상의 단면이고, 릿지 형성부는 날카로운 원주형 엣지를 구비하는 것이 바람직하다.

최적의 결과를 도출하기 위해서는 결의 깊이는 15 ~ 25 마이크로인 범위이고, 상기 피치는 150 ~ 200 마이크로인 것이 바람직하다.

크로커다일 스킨 타입의 결함을 방지할 목적으로, 용융 스틸에 적어도 0.02% 이상의 황이 함유될 수 있다. 특히, 상기 용융 스틸은 적어도 0.20% 이상의 망간과 0.10중량% 이상의 실리콘 0.03% 이상의 황이 함유된 실리콘/망간 킬드강으로 할 수도 있다. 황함유량은 0.03-0.07%로 할 수도 있다.

본 발명은 또한, 롤 사이에 입을 형성하는 한쌍의 캐스팅롤과, 상기 입의 직상 캐스팅 롤 표면 상에 지지된 용융금속의 캐스팅 풀을 형성하도록 상기 캐스팅 롤 사이의 입에 용융스틸을 송출하는 금속 송출노즐과, 상기 입으로부터 하측방향으로 송출되어 응고된 스틸 스트립을 생성하도록 상호 반대 방향으로 캐스팅 롤을 구동시키는 구동수단으로 구성된 스틸스트립의 연속 캐스팅 장치에 있어서, 상기 롤의 캐스팅 표면은 깊이 및 피치가 일정하며 원주방향으로 연장하는 평행 홈 및 릿지 형성부에 의해 결이 형성되며, 릿지 피크로부터 홈의 바닥까지의 결의 깊이는 5 내지 50 마이크로인고, 상기 피치는 그 범위가 100 내지 250 마이크로인 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명은 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다. 제1도 및 제2도는 40mm X 40mm의 냉각 블록을 트윈롤 캐스터의 캐스팅 표면에서의 조건에 유사하게 되도록 하는 속도로 용융스틸의 욕조(bath)내로 진입시키는 금속 응고 테스트 리그(rig)를 도시한 것이다.

스틸은 블록의 표면에 응고스틸층을 생성하도록 용융욕조를 통해 이동한 상태에서 냉각 블록 상에 응고된다. 상기 층의 두께는 응고율의 변화를 정밀하게 파악 하도록 그 구역전체에 걸쳐 다수의 포인트에서 측정될 수 있다. 따라서, 여

러 위치에서의 열전달율이 효과적으로 측정될 수 있다. 따라서, 전체 응고율 뿐만 아니라, 총열흐름측정량의 산출이 가능하다. 또한, 스트립 표면의 마이크로 구조를 시험하여 관찰된 응고율 및 열전달 값의 변화와, 응고 마이크로 구조의 변화와의 상호관계를 나타낼 수 있다.

제1도 및 제2도에 도시된 실험 리그에는 아르곤가스 등의 불활성 분위기에서 용융금속(2)의 용탕을 함유하는 유도로(induction furnace, 1)가 구성되어 있다. 침적패들(3)은 슬라이더(4)상에 장착되어 컴퓨터로 제어되는 모터(5)의 동작에 의해 소정속도로 용탕(2)에 진입할 수 있고, 이어서 후퇴할 수 있도록 있다.

상기 침적 패들(3)에는 직경이 46mm이고, 두께가 18mm인 크롬이 도금된 동(copper) 디스크 형태의 기판(7)을 포함하는 스틸 본체(steel body, 6)가 구성되어 있다.

또한, 열 흐름을 측정하기 위해 기판의 온도 상승을 모니터링하는 열전대(thermocouple)가 구비되어 있다.

여러 가지 결뿐만 아니라, 평탄기판에 대한 철금속의 응고를 연구하기 위한 테스트가 제1도 및 제2도에 도시된 리그에 대해 행해졌다.

이 테스트는, 이론적인 분석과 더불어, 응고를 촉진시킨 열흐름은, 결이 형성된 캐스팅 롤 표면을 이용함에 따라 달성될 수 있으며, 철금속을 캐스팅할 때 주물방치 제품의 미세한 마이크로 구조와 결합된 응고시의 높은 총 열흐름값을 생성하는 최적의 결이 존재한다는 것을 입증하고 있다.

이들 결과들은 최적의 결과를 제공하는 바람직한 종류의 결을 포함하여, 평탄함과 동시에 결이 형성된 캐스팅 표면을 가진 캐스팅 롤을 구비한 트윈 롤 캐스터의 동작에 의해 검증된다.

바람직한 결의 형태가 제3도 및 제4도에 도시되었으며, 제3도는 지지 샤프트(9)가 구비된 캐스팅롤(16)과, 원주형 홈 및 릿지 형성부(8)가 구비된 원주형 캐스팅 롤 표면(16A)을 도시한 것이다.

상기 홈 및 릿지 형성부는 제4도에 확대 도시되었다. 이들은 V-형상 단면을 가진 일련의 원주형 홈(8A)과 이 홈 사이에 날카로운 원주형 엣지(edge, 10)가 구비된 일련의 평행한 릿지(8B)로 구성되어 있다. 이 홈 및 릿지 형성부는 릿지 피크(peak)에서 홈의 바닥(groove root)까지의 제4도의 d로 표시된 깊이를 가진 결이 형성된다.

제4도에서 P는 일정하게 이격된 릿지들 사이의 피치를 의미한다. 결의 깊이 d 및 피치P에 대한 최적치수는 이후에 기술되는 방식으로 결정된다.

제5도는 평탄하면서도 결이 형성된 기판상에서의 망간/실리콘 킬드강(killed steel)의 응고에 대한 실제적인 시험 결과를 나타낸 것이다. 특히 이 제5도는 평탄한 기판, 제3도에 도시된 릿지가 형성된 기판과, 분리된 파라미드식 돌기 형태의 결을 갖춘 기판상의 응고가 진행되는 동안 시간 간격을 통해 얻어진 열 흐름을 나타낸 것이다.

릿지가 형성된 기판은, 평탄기판과, 분리된 돌기들을 구비한 기판에 비해 열 흐름이 향상된다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 여러 가지 다양한 기판에 대해서도 동일하게 얻어지며, 최고의 열 흐름 값은 릿지가 연속으로 평행하도록 결이 형성된 기판에서 얻어진다.

마이크로구조의 시험은, 연속한 평행릿지와, 이 릿지의 날카로운 엣지로 형성된 결은, 금속응고 도중 밀접하게 이격된 핵생성 라인부(lines)를 제공한다는 것을 입증하고 있다.

릿지에 의한 핵생성부의 간격 혹은 핵생성 회수는 응고중 얻어지는 최대 열 흐름을 결정하게 된다.

제6도는 결의 릿지에 대응하는 응고제품의 라인을 따라 관찰된 핵생성 회수에 대해 얻어진 최대 열 흐름을 도시한 것이다. 단일 릿지에 대해 얻어진 최대 열 흐름은 그 릿지에 대한 핵생성 회수에 직접적으로 비례한다는 것을 알 수 있다. 또한, 그 테스트는 각 릿지에 대한 핵생성 회수는 릿지들 사이의 피치에 의존되며, 그 피치가 감소함에 따라 각 릿지를 따르는 핵생성 간격은 그에 대응해서 증가된다는 것을 보여주고 있다.

제7도는 릿지가 형성된 기판을 가변시켜서 릿지 피치에 대하여 각 릿지를 따르는 핵생성 회수의 실제적인 결과값을 나타낸 것이다.

기판의 표면영역에서 얻어진 실질적인 열 흐름은 단위 면적당 핵생성 부위의 수에 의해 결정된다.

제6도 및 제7도의 결과를 조합하면, 다양한 릿지피치의 대한 열흐름값을 예측할 수 있다.

제8도는 릿지피치에 대한 열흐름의 결과 예측치와, 50 ~ 300마이크론(micron) 범위내의 특정 릿지 피치에 대해 실측된 열 흐름값을 비교한 것이다.

제8도에 의하면, 측정값은 예측값에 매우 근접된 값을 가지며, 릿지 피치가 대략 100 ~ 250마이크론 사이일 경우 최적의 열 흐름값이 얻어진다는 것을 알 수 있다.

최적의 결과를 얻기 위해서는 캐스트 제품의 마이크로구조를 고려할 필요가 있다.

릿지가 형성된 기판 상에 광범위한 스틸에 대한 응고의 연구는 릿지 형성부가, 응고가 평탄표면 혹은 다른 종류의 결이 형성된 표면에 비해 더욱 미세한 마이크로구조가 달성될 수 있는 유일한 방식으로 응고가 진행되도록 한다는 것을 입증하고 있다. 또한, 릿지 결이 왜 더 높은 열 흐름값을 얻을 수 있는지를 설명해주고 있다.

평탄기판, 혹은 분리된 돌기들에 의해 결이 형성된 기판 상에서의 응고는, 각각의 핵생성 부위에서의 단일 오스테나이트 결정의 성장에 의해 진행되며, 이 최종 오스테나이트 결정입도는 핵생성부위의 간격(spacing)에 의해 결정된다. 그러나, 릿지가 형성된 결에서는 다수의 결정이 각 핵생성부위에서 성장하게 된다. 특히, 다수의 결정들이 릿지 엣지에 대해 평면으로 가로지르고 외측으로 방사상으로 퍼지는 결정의 부채꼴 형상(fan-shaped) 배열을 형성한다. 또한, 긴 결정들은 릿지의 종방향으로 핵생성부위에서 성장하게 된다.

이 같은 종류의 결정 성장은 제9도 및 제10도에 도시되어 있으며, 이 도면들은 릿지가 형성된 기판에 대한 스틸캐스트의 현미경 사진으로써, 결정의 입계가 표시되어 있는 것이다. 제9도는 기판내 릿지의 방향에 대한 횡단면도이고, 제10도는 릿지의 종단면도로서, 일반적으로 이 종방향으로 평행하고 긴 결정성장을 도시한 것이다. 미세한 마이크로 구조를 얻기 위해서는 단위 면적 당 결정의 수를 최대화 할 필요가 있다. 단위 면적 내의 결정 수는 릿지 피치에 의존하게 되며, 핵생성 회수와 릿지 피치간의 공지된 관계를 통해 예측할 수 있다.

제11도는 오스테나이트계 스텐레스 스틸의 응고에 대한 실측값과 함께, 기판 릿지를 따르고 또한 이에 가로지르는 방향에서의 오스테나이트 결정 입도를 예측한 도면이다.

이 도면에 따르면, 응고 메카니즘을 검증하는 예측값과 측정값 간에 매우 밀접한 상호 관계가 존재한다는 것을 알 수 있다. 이 결과에 따라 기판 면적 전체에 걸친 오스테나이트 결정 수를 고려하여, 상기 결정과 릿지 피치수 간의 관계를 예측할 수 있다.

제12도는 각각 다른 피치를 가진 릿지가 형성된 기판상의 응고된 오스테나이트계 스텐레스 스틸에서 측정된 실제값과 예측값을 도시한 것이다. 그 예측값과 측정값간의 상호 관계가 매우 근접하여 있으며 미세한 결정입도를 얻기 위해서는 릿지 피치가 대략 100 350마이크론, 바람직하게는 150 250마이크론 사이가 되어야 한다는 것을 알 수 있다. 이들 결과들을 비교해보면, 양호한 열 흐름값을 제공하기 위해서는 100 250마이크론 범위로, 양호한 열흐름과 미세한 마이크로 구조를 얻기 위해서는 릿지 피치가 150 250마이크론 범위를 갖는 것이 가장 바람직하다는 것을 알 수 있다.

결의 최적 깊이를 선정하는 것은 우선적으로 다음과 같은 두 가지를 고려하여 결정된다. 첫째, 결의 윤곽(texture profile)의 가공의 정확성과, 응고 핵생성 부위의 생성에 영향을 끼치는 결이 형성된 표면과 용융금속간의 접촉의 부정확을 고려할 필요가 있다. 둘째, 결의 깊이가 증가하면 열흐름에 직접적인 영향을 끼치는 저항, 즉, 결이 형성된 기판을 가로지르는 열 흐름에 대한 저항이 증가한다. 릿지 가공이 부정확하게 되면 용융금속의 경계면은 높은 릿지 사이에 있게 되는 낮은 릿지에는 실질적으로 접촉함이 없이 비교적 높은 릿지에만 접촉하게 되어 핵생성 부위의 손실을 초래하게 된다. 용융금속의 경계면은 지지하는 릿지들 사이에 침하(sag)되며, 150-250마이크론 사이의 값을 갖는 결의 피치에 대한 지지릿지 사이의 금속 침하는 0.1-0.5마이크론이 될 수도 있다. 기판의 결이 얕을수록, 두 개의 릿지피치 길이 이상으로 침하되는 것은 금속이 중간 정도의 릿지에 접촉되도록 할 확률이 많다. 다른 방법으로써, 얕은 결은 접촉부 및 핵생성부위가 손실되지 않는 더 깊은 결에 비해 더 넓은 허용오차를 갖도록 가공될 수 있다. 반면에, 결이 얕아질수록 그 표면이 평탄해지며, 만일 그 깊이가 대략 5마이크론에 접근하면 응고성질은 다수의 결정이 성장될 수 있는 정렬된 핵생성부위 라인에 의해 생성되는 것과는 동떨어지게 변화된다. 이에 따라 응고는 열흐름의 결과적인 손실과 조잡한 구조를 가진 평탄한 표면의 응고성에 근접하게 된다.

기판을 통한 열전달에 결의 깊이 증가가 미치는 영향을 제13도 및 제14도에 도시하였다. 제13도는 광범위한 결 깊이에 대하여 결의 골(valley)을 가로지르는 열흐름값을 계산한 도면이다. 제14도는 그 깊이가 10마이크론 및 50마이크론인 릿지가 형성된 결 상의 스틸 샘플의 응고중 얻어진 열흐름값과, 이들값을 평탄한 기판에서의 응고에 비교한 도면이다.

상기 결이 형성된 표면들은 초기 응고중에는, 더 높은 열흐름 값을 제공하였 으나, 50마이크론 깊이의 결에서 얻어진 열흐름은 응고가 진행됨에 따라 낮은 값으로 하락되었다. 이 같은 효과는 결의 깊이가 증가되면 더욱 명백해진다.

이 같은 이유로 인해 결의 깊이는 5-50마이크론 사이가 되어야 한다. 가공을 용이하게 하고 최적의 열흐름을 얻기 위해서는 결의 깊이가 10-30마이크론인 것이 바람직하다. 특히, 결의 깊이가 20마이크론 일 때 양호한 결과를 얻을 수 있다.

상술한 바와 같은 테스트 프로그램의 결과, 캐스팅 표면이, 결의 피치가 150-250마이크론, 결의 깊이가 5-50마이크론인 규칙적인 릿지와 홈이 형성된 결을 가질 경우 최적의 결과가 얻어진다. 특히 효과적인 것은 결의 깊이가 20마이크론, 결의 피치가 180마이크론 일때이다.

이들 결과들은, 최적화된 실험 프로그램에 의해 결정된 종류의 릿지 결이 형성된 롤을 구비한 트윈롤 캐스터의 동작에 의해 검증된다. 실험결과에 따르면, 신속하게 응고시키는 것이 양호한 품질의 스트립을 생산할 수 있다는 것을 알 수 있다.

그러나, 일부 스틸 특히, 망간/실리콘킬드강은 그 결이 형성된 캐스팅 표면이, '크로코다일 스킨(Crocodile skin)'으로 알려진 국부적인 변형 결함을 발생하도록 응고의 초기 단계중 국부적으로 과도한 냉각이 행해질 수 있다. 이 문제는 스틸 용탕에 황을 조절하여 첨가시킴으로써 해소될 수 있다.

제15도는 결이 형성된 기판상에 황 함유량을 가변시킨 스틸 용탕에 대한 응고 테스트 결과를 도시한 것이다. 특히, 이 기판에는 20마이크론 깊이를 가지고 180마이크론 이격된 평행홈(20)이 구비되어 있다. 이 스틸용탕 구성 성분은, 카본 이 0.065%, 망간이 0.6%, 실리콘이 0.28% 함유되어 있다. 상기 용탕은 1580°C의 온도를 유지하였다. 황의 함유량을 증가시키면 응고의 초기 단계중 열흐름은 상당히 감소하지만, 응고의 후반 단계 전체에 걸쳐서는 열 흐름이 다소 증가된다는 것을 알 수 있다. 따라서, 황을 첨가시키는 것은 열흐름의 측정을 용이하게 하고, 응고의 초기단계에서의 순간적인 피크를 제거하는 효과가 있다. 과도한 국부냉각은 롤 산화물 용탕에 연관된 문제로서, 이는 황 함유량이 증가됨에 의해 지연된다는 것을 알 수 있다.

제16도 내지 제20도는 본 발명에 따라 동작되는 트윈롤 연속스트립캐스터를 도시한 것이다.

이 캐스터에는 플로어(12)에 지지되어 있는 주 머신 프레임(11)이 구성되어 있다. 이 프레임(11)은 조립 위치(14) 및 캐스팅 위치(15)간에 수평 이동이 가능하도록 캐스팅롤 왕복대(13)를 지지하고 있다. 이 왕복대(13)는 캐스팅 동작중 용융금속이 레이들(17)로부터 턴디쉬(18) 및 송출노즐(19)을 경유해서 캐스팅 풀(30)에 공급되도록 한쌍의 평행캐스팅롤(16)을 왕복운동시킨다.

상기 캐스팅롤(16)은 롤 출구에서 응고된 스트립제품(20)을 생성하기 위하여 셀들이 이동 롤 표면(16A)상에서 응고된 후 닙에 함께 유입되도록 수냉된다. 이 제품은 표준 코일러(standard coiler, 21)에 유입되며, 결과적으로 2차 코일러(22)에 전달될 수도 있다. 수용부(23)는 캐스팅 위치에 인접한 머신 프레임 상에 장착되어 있으며, 용융금속은 턴디쉬상의 오버플로우 분출구(24)를 통해 이 수용부에 유도되거나 혹은, 만일 캐스팅 동작중 제품의 중대한 변형 혹은 중대한 오기능이 발생되 면 턴디쉬의 일측에 있는 비상 플러그(25)를 철회시킴으로써 수용부에 유도될 수 있다.

롤 왕복대(13)는 주 머신 프레임(11)을 따라 연장하는 레일(33)상의 휠(32)에 의해 장착된 왕복대 프레임(31)을 포함하여 전체적으로 레일(33)을 따라 운동하게 된다. 이 왕복대 프레임(31)은 롤(16)이 회전 자유롭게 장착된 한쌍의 롤 크래들(34)을 왕복운동시킨다. 이 롤 크래들(34)은 보상 슬라이드부재(35)(36)에 상호 맞물림으로써 왕복대 프레임(31)상에 장착되어 캐스팅롤(16) 사이의 틈을 조정하도록 유압실린더장치(37)(38)의 영향하에 크래들이 왕복대상에서 이동된다. 이 왕복대는 이중 작용하는 수압 피스톤 및 실린더 장치(39)의 구동에 의해 전체적으로 레일(33)을 따라 이동 가능하며, 조립위치(14) 및 캐스팅위치(15)간 혹은 그 반대로 롤 왕복대를 이동시키도록 롤 왕복대 상의 구동브래킷(40) 및 주 머신 프레임 사이에 연결되어 있다.

캐스팅롤(16)은 왕복대 프레임상에 장착된 트랜스미션 및 전기모터로부터의 동력을 전달받은 구동샤프트(41)에 의해 역회전한다. 롤(16)은 로타리 글랜드(rotary gland, 43)를 통해 급수호스(42)에 연결된 롤 구동샤프트(41)내의 급수 덕트로부터 롤 단부를 통해 냉각수가 공급되도록, 종방향으로 연장됨과 동시에 원주 방향으로 이격된 다수의 냉각수 통로가 형성된 동(copper) 원주벽을 구비하고 있다.

상기 롤은 대략 2000mm 넓이의 스트립 제품을 생산하기 위하여 약 50mm직경, 2000mm까지의 길이로 할 수 있다. 레이들(17)은 전체적으로 통상적인 구조이며, 고온 금속 수용위치로부터 임의 위치에 유입될 수 있도록 오버헤드 크레인(overhead crane) 상에 요크(45)를 통해 지지되어 있다. 이 레이들에는, 용융금속이 레이들로부터 출구노즐(47) 및 내화 덮개(48)를 통해 턴디쉬(tundish, 18)로 흐르도록 서보 실린더(servo cylinder)에 의해 구동될 수 있는 스톱퍼 로드(stopper road, 46)가 고정되어 있다.

상기 턴디쉬(18)도 역시 통상적인 구조이다. 이 턴디쉬(18)는 산화마그네슘(MgO) 등의 내화재로 제조된 넓은 접시 형태이다. 이 턴디쉬의 일측은 상기 레이들로부터 용융금속을 수용하며, 상기 오버플로우 분출구(24) 및 비상플러그(25)가 구비되어 있다. 이 턴디쉬의 타측은 종방향으로 이격된 다수의 금속 출구(52)가 형성되어 있다. 이 턴디쉬의 하부는 롤 왕복대 프레임(31)에 상기 턴디쉬를 장착하도록 장착브래킷을 왕복운동시키며, 이 턴디쉬를 정확하게 위치시키기 위해 왕복대 프레임상에 인덱싱 썸기(54)를 수용하는 구멍이 구비되어 있다.

송출노즐(19)은, 예를 들어 알루미늄 혹은 등의 내화재로 제조된 긴 본체로써 형성되어 있다. 상기 송출노즐(19)의 하부는 내측 및 하측으로 좁아지도록 테이퍼되어서 이 송출노즐이 캐스팅롤(16) 사이의 틈에 돌출될 수 있다. 송출노즐(19)은 롤왕복대 프레임 상에서 지지되도록 장착브래킷(60)을 구비하고 있으며, 그 상부는 상기 장착브래킷상에서 외측으로 돌출된 측면 플랜지(55)가 형성되어 있다.

송출노즐(19)은 롤의 폭 전체를 통해 금속을 적절한 저속으로 방출하고, 초기 응고가 발생한 롤 표면에 직접 충돌하지 않고 롤들 사이의 틈에 용융금속을 송출하기 위하여, 수평으로 이격됨과 동시에 대체적으로 수직으로 연장되는 다수의 흐름통로를 가질 수도 있다. 대안으로서는, 이 노즐은 용융금속의 커튼(curtain)을 롤들 사이의 틈에 저속으로 직접 송출하도록 단일의 연속 슬롯 출구를 구비할 수도 있으며, 용융금속 풀내에 액침시킬 수도 있다.

상기 풀은 롤 왕복대가 캐스팅 위치에 있을 때, 롤의 계단이 형성된(stepped) 단부(57)에 유지되는 한쌍의 측부 폐쇄(closure)판(56)에 의해 롤의 단부에 구속되어 있다. 이 측부 폐쇄 판(56)은 예를 들어, 질화 붕소(boron nitride) 따위의 강한 내화재로 제조되며, 롤의 계단이 형성된 단부(57)의 곡면에 부합하는 부채꼴 형상의 측면엠티지(81)를 구비하고 있다. 이 측판은 한쌍의 유압 실린더장치(83)의 구동에 의해 캐스팅 위치에서 이동가능한 판홀더(82)내에 장착되어 캐스팅 동작 중 캐스팅 롤 상에 형성된 용융금속 풀의 단부 폐쇄부를 형성하도록 캐스팅롤의 계단이 형성된 단부에 맞물린다.

캐스팅 동작중 레이들 스톱퍼로드(46)는 캐스팅 롤로 용융금속이 흐르는 지점인 금속송출노즐을 통해 레이들로부터 턴디쉬로 용융금속이 쇄도하도록 구동된다. 스트립제품(20)의 클린헤드 단부는 에이프런(apron) 테이블(96)의 작동에 의해 코일러(21)의 턱부(jaw)로 가이드 된다. 상기 에이프런 테이블(96)은 주 프레임상의 피봇 마운팅(97)에 매달려 있으며, 스트립의 헤드단부가 형성된 후 유압 실린더장치(98)의 구동에 의해 코일러쪽으로 스윙될 수 있다. 이 테이블(96)은 피스톤 및 실린더장치(101)에 의해 구동되는 상부 스트림 가이드 플랩(guide flap, 99)에 대해 동작될 수 있으며, 스트립 제품(20)은 한쌍의 수직측면롤러(102) 사이에 구속될 수 있다.

헤드단부가 코일러의 턱부에 가이드된 후, 이 코일러는 스트립 제품을 코일링하기 위해 회전되고, 에이프런 테이블은 그 비작동 위치로 다시 스윙되어 코일러(21)에 직접 감겨져서 제품이 없는 머신 프레임에 단순히 매달리게 된다. 그 결과, 스트립제품(20)은 캐스터로부터 반송되는 최종제품을 생산하는 코일러(22)에 전달된다.

제16도 내지 제20도에 도시된 종류의 트윈롤 캐스터는 미국특허 제5,184,668호 및 5,277,243호, 국제특허출원 PC T/AU93/00593에 상세하게 기술되어 있다.

본 발명에 따르면, 캐스팅롤(16)의 원주면(100)이, 요망되는 릿지가 형성된 결을 생성하도록 규칙적으로 이격된 V-형상의 환형홈에 의해 결이 형성된다. 캐스팅 표면이 크롬으로 코팅되고 결이 가공되어 캐스팅 표면이 크롬 표면이 되도록하는 것이 바람직하다. 가공을 용이하게 하기 위해서는 롤의 길이를 따라 규칙적인 간격으로 연속으로 분리된 환형홈을 형성하도록 가공하는 것이 바람직하다. 그러나, 상기와 동일한 결이 형성된 형성부는 단독 혹은 복수로 시작하는 나사산의 방식으로 캐스팅 표면에 가공된 나선형 홈에 의해 생산될 수 있음은 물론이다. 이는 홈 및 릿지 형성부의 필수적인 형상이나, 혹은 결의 열전달 특성에 차이가 없도록 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

하나 이상의 캐스팅 표면(16A)상에 용융 스틸의 캐스팅 풀(30)을 지지하고, 상기 캐스팅 풀(30)로부터 멀어지는 응고된 스트립(20)을 생성하도록 상기 캐스팅 표면을 이동시키는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법에 있어서,

각 캐스팅 표면(16A)은 깊이(d) 및 피치(p)가 일정한 평행 홈 및 릿지 형성부(8)에 의해 결이 형성되며, 릿지 피크로부터 홈의 바닥까지의 결의 깊이는 5 내지 50 마이크론이고, 상기 피치는 그 범위가 100 내지 250 마이크론인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 캐스팅 풀(30)은 그 사이에 입을 형성하는 한쌍의 캐스팅 롤(16)의 외주 캐스팅 표면 상에 지지되어 있고, 상기 캐스팅 롤은 상기 입으로부터 하측방향으로 이동하는 응고된 스트립을 생성하도록 상호 대향하는 방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 각 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부(8)는 이 캐스팅 표면 둘레의 원주방향으로 연장하여 상기 피치에서 종방향으로 일정하게 이격된 일련의 평행 환형홈(8A)에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 각 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부(8)는 이 캐스팅 표면상에서 나선상으로 연장되는 하나 이상의 홈에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 5.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 홈 형성부(8A)는 V-형상의 단면이고, 릿지 형성부(8B)는 날카로운 원주형 엣지를 구비하는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 6.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 결의 깊이는 15 ~ 25 마이크론의 범위이고, 상기 피치는 150 ~ 200 마이크론 사이인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 결의 깊이(d)는 20 마이크론이고, 상기 피치(P)는 180 마이크론인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 8.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 캐스팅 표면(16A)은 크롬표면인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 9.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 용융 스틸에는 적어도 0.02% 이상의 황이 함유되어 있는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 용융 스틸은 적어도 0.20% 이상의 망간과 0.10중량% 이상의 실리콘이 함유된 실리콘/망간 킬드강인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 11.

제9항에 있어서, 상기 스틸의 황 함유량은 그 중량이 0.03%인 것을 특징으로 하는 스틸스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 12.

제11항에 있어서, 상기 스틸의 황함유량은 그 중량이 0.03 ~ 0.07%인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 방법.

청구항 13.

롤(16) 사이에 입을 형성하는 한쌍의 캐스팅롤(16)과, 상기 입의 직상 캐스팅 롤 표면(16A) 상에 지지된 용융금속의 캐스팅 풀을 형성하도록 상기 캐스팅 롤(16) 사이의 입에 용융스틸을 송출하는 금속 송출노즐(19)과, 상기 입으로부터 하측방향으로 송출되어 응고된 스틸 스트립을 생성하도록 상호 반대 방향으로 캐스팅 롤을 구동시키는 구동수단(41)으로 구성된 스틸스트립의 연속 캐스팅 장치에 있어서, 상기 롤의 캐스팅 표면(16A)은 깊이(d) 및 피치(p)가 일정하며 원주방향으로 연장하는 평행 홈 및 릿지 형성부(8)에 의해 결이 형성되며, 릿지 피크로부터 홈의 바닥까지의 결의 깊이는 5 내지 50 마이크론이고, 상기 피치는 그 범위가 100 내지 250 마이크론인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 장치.

청구항 14.

제13항에 있어서, 상기 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부(8)는 이 캐스팅 표면 둘레에 원주방향으로 연장됨과 동시에, 상기 피치에서 캐스팅 표면에 종방향으로 일정하게 이격되는 일련의 평행 환형홈(8A)에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 장치.

청구항 15.

제14항에 있어서, 상기 각 캐스팅 표면의 홈 및 릿지 형성부(8)는 이 캐스팅 표면상에서 나선상으로 연장되는 하나 이상의 홈에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 장치.

청구항 16.

제13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 캐스팅 표면의 홈(8A)은 V-형상의 단면이고, 릿지 형성부(8B)는 날카로운 원주방향의 엣지가 형성된 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅장치.

청구항 17.

제13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 캐스팅 표면의 결의 깊이는 15 ~ 25 마이크론의 범위이고, 상기

피치는 150 ~ 200 마이크론 사이인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅장치.

청구항 18.

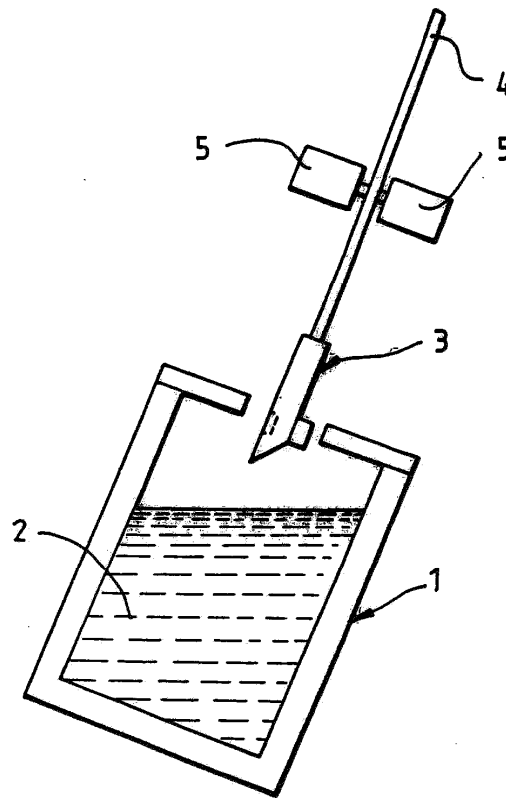
제17항에 있어서, 상기 캐스팅 표면의 결의 깊이(d)는 20 마이크론이고, 상기 피치(p)는 180 마이크론인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 장치.

청구항 19.

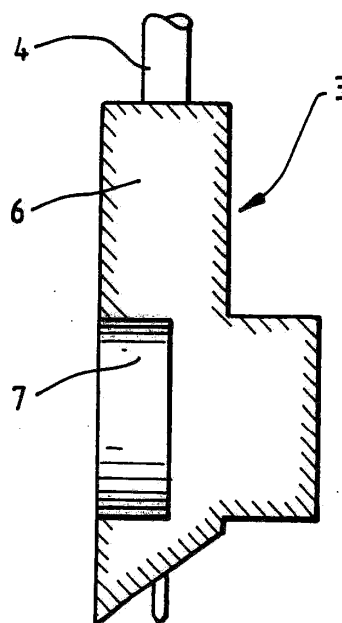
제13항 내지 제15항중 어느한항에 있어서, 상기 캐스팅 표면(16A)은 크롬 표면인 것을 특징으로 하는 스틸 스트립의 연속 캐스팅 장치.

도면

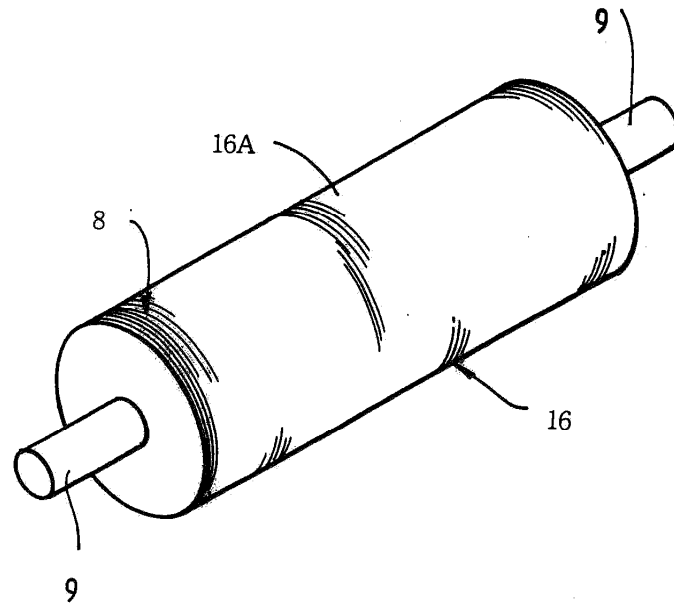
도면1



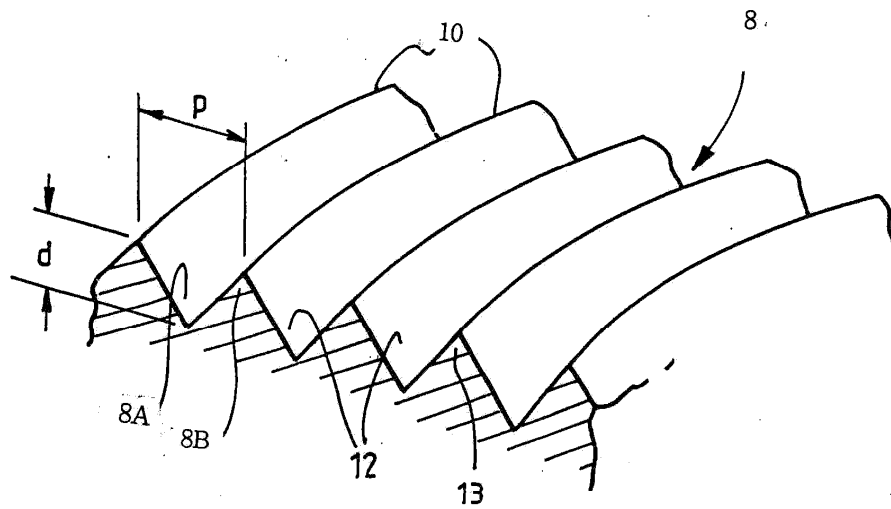
도면2

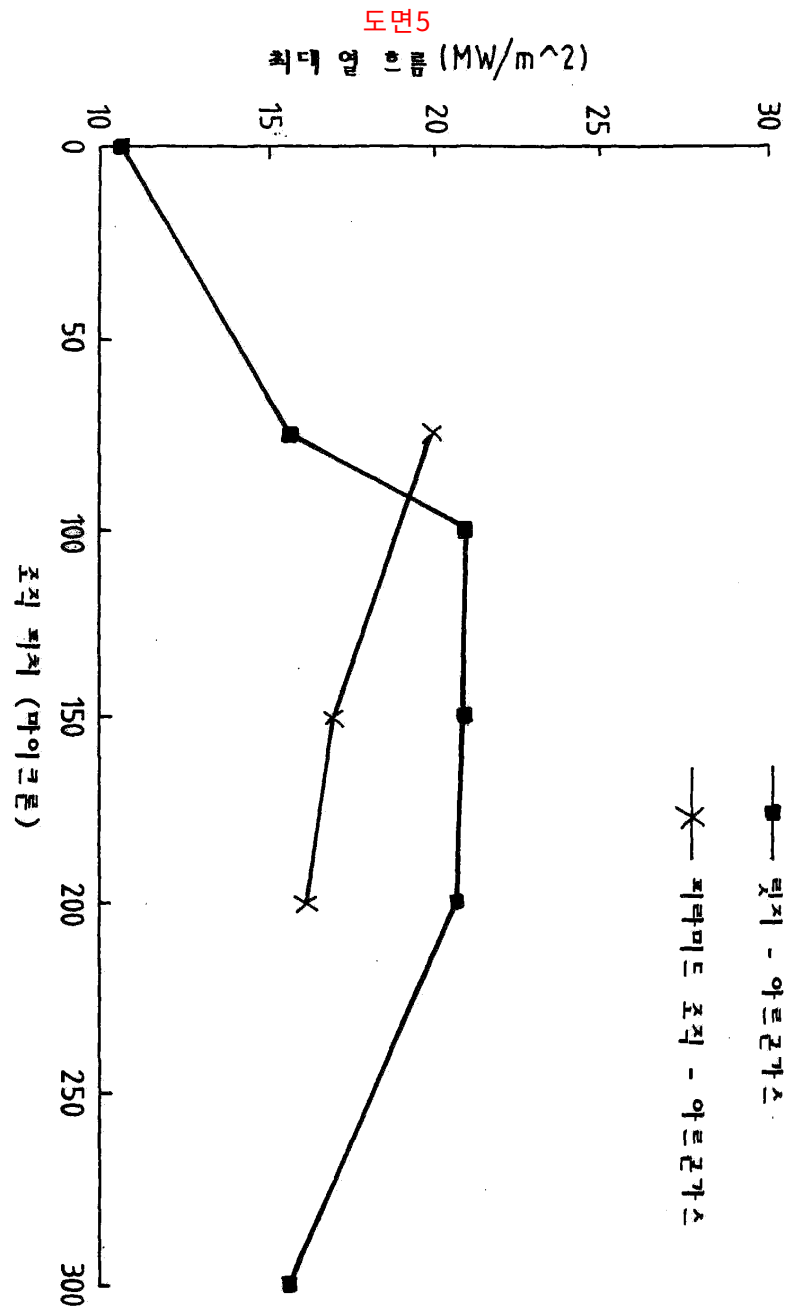


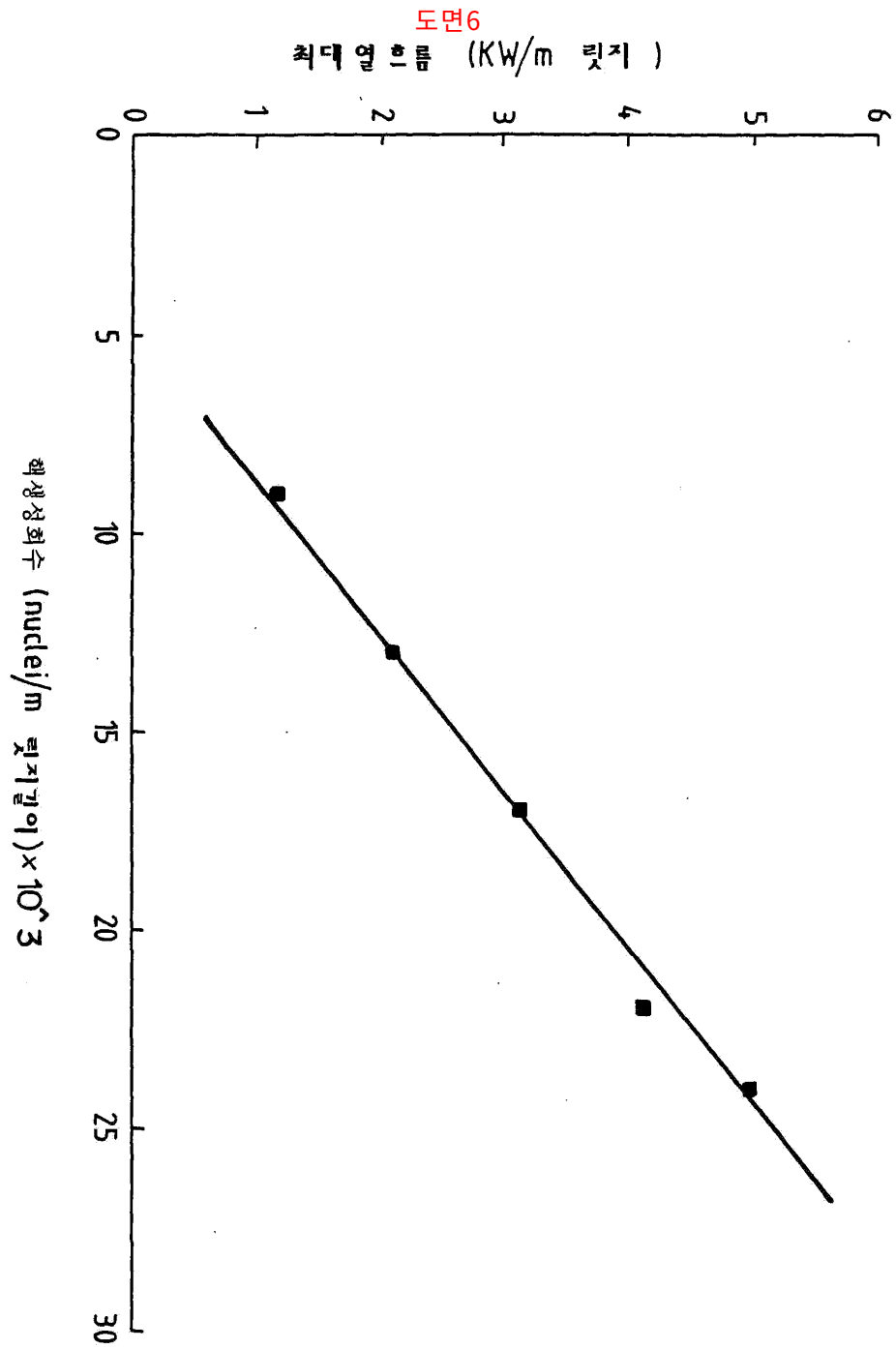
도면3

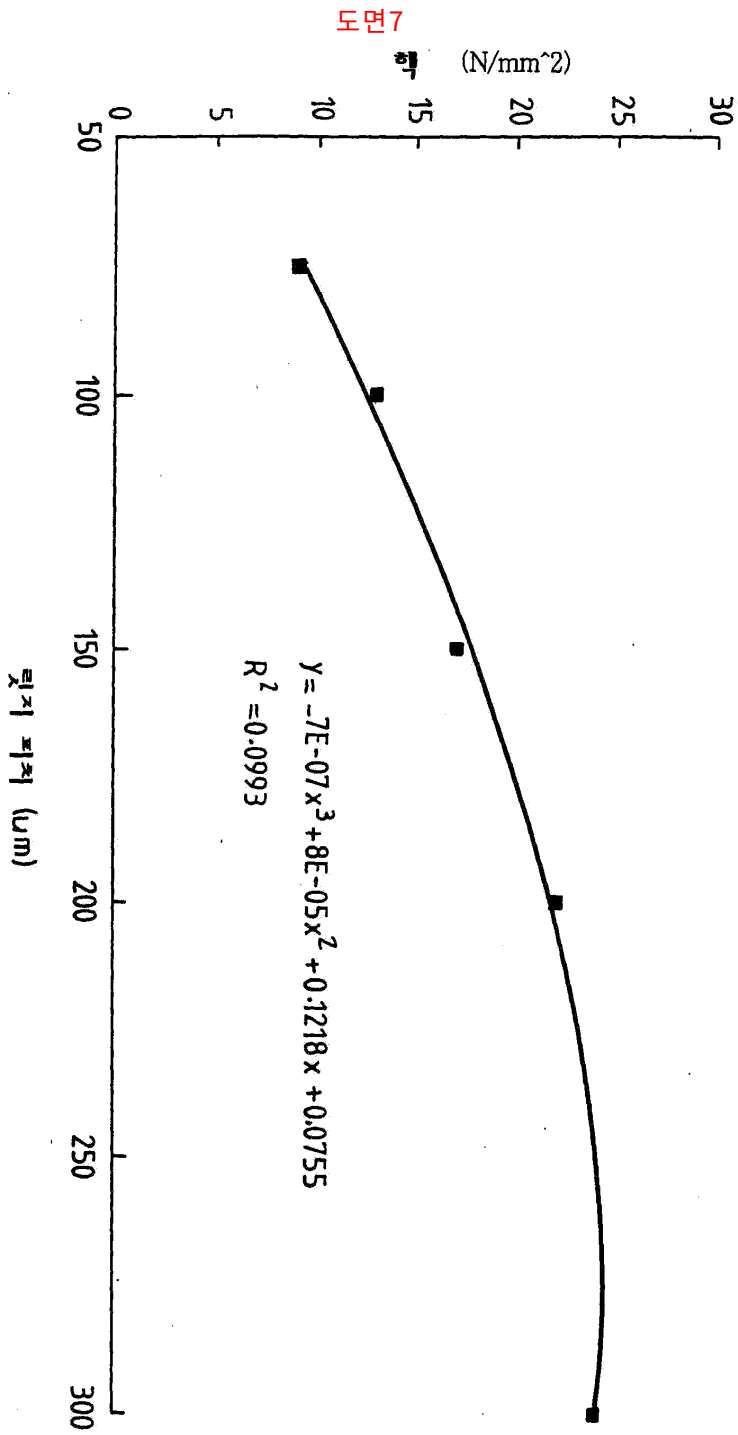


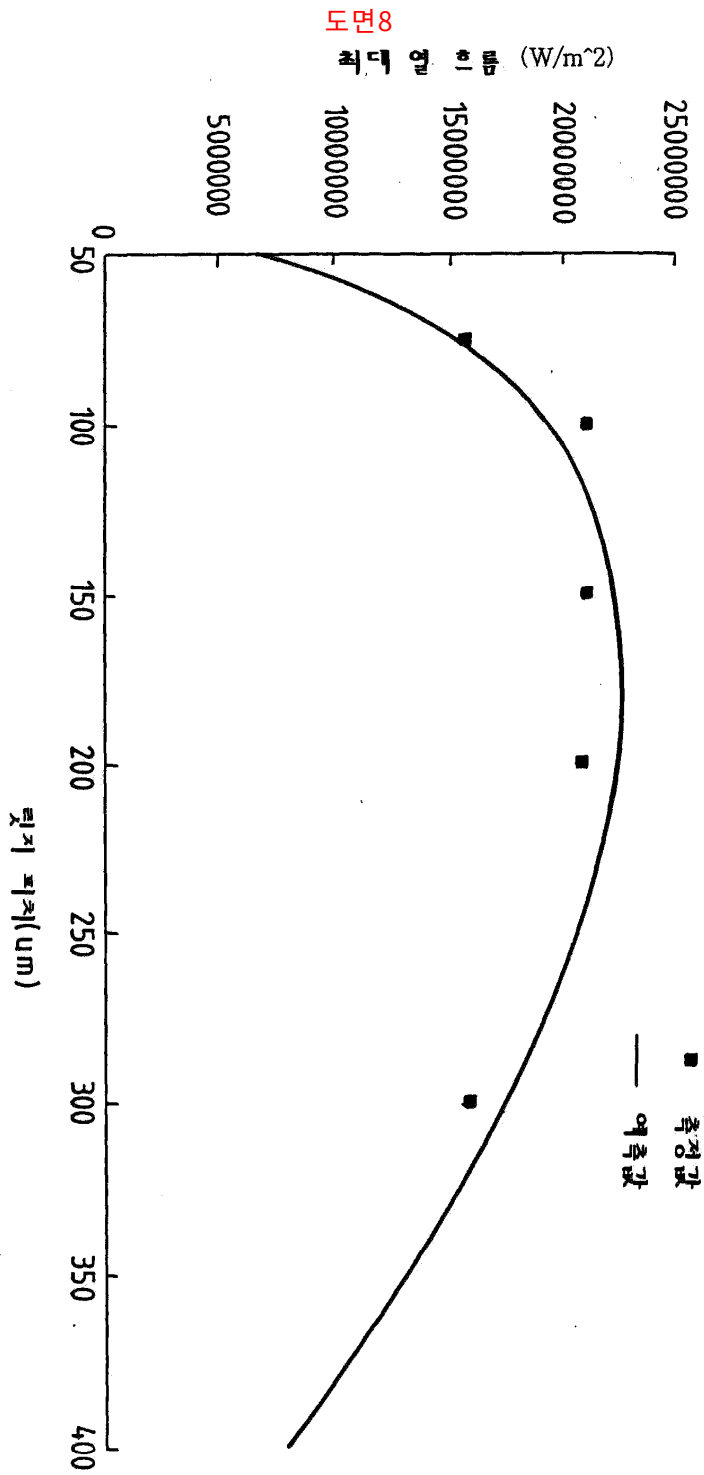
도면4





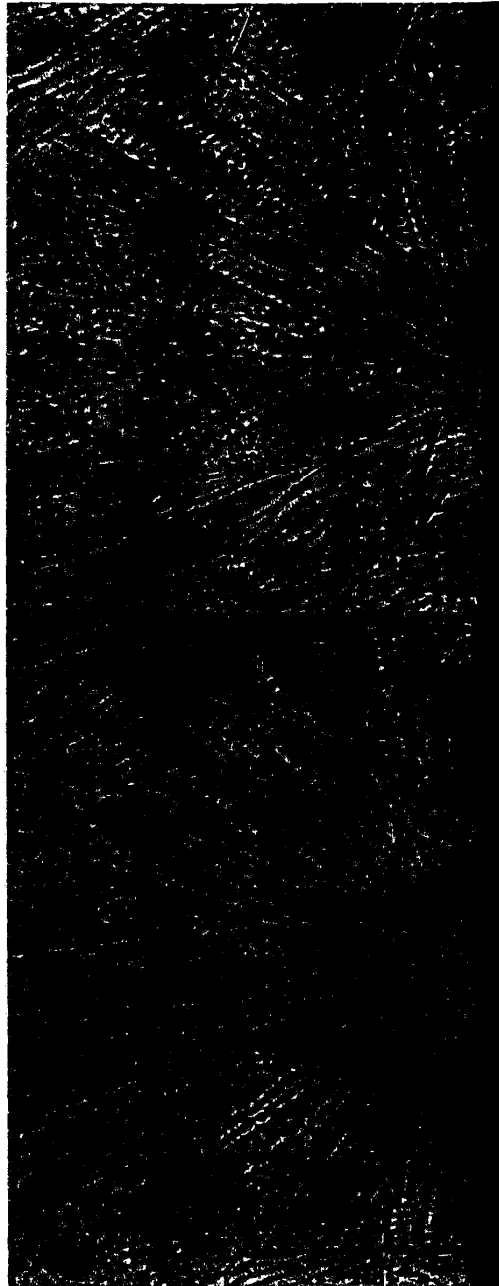




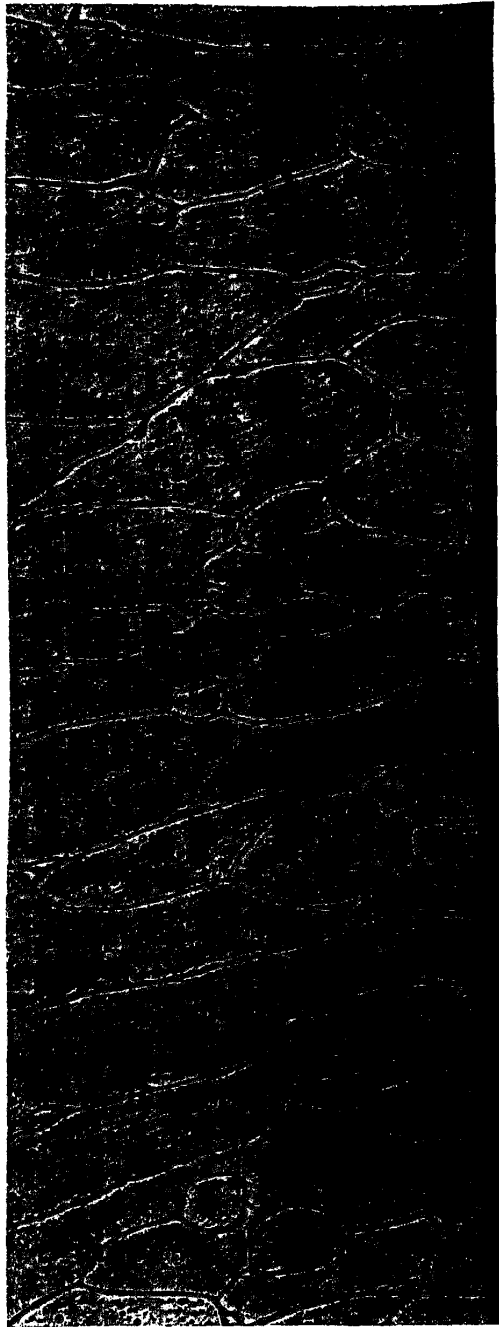


도면9

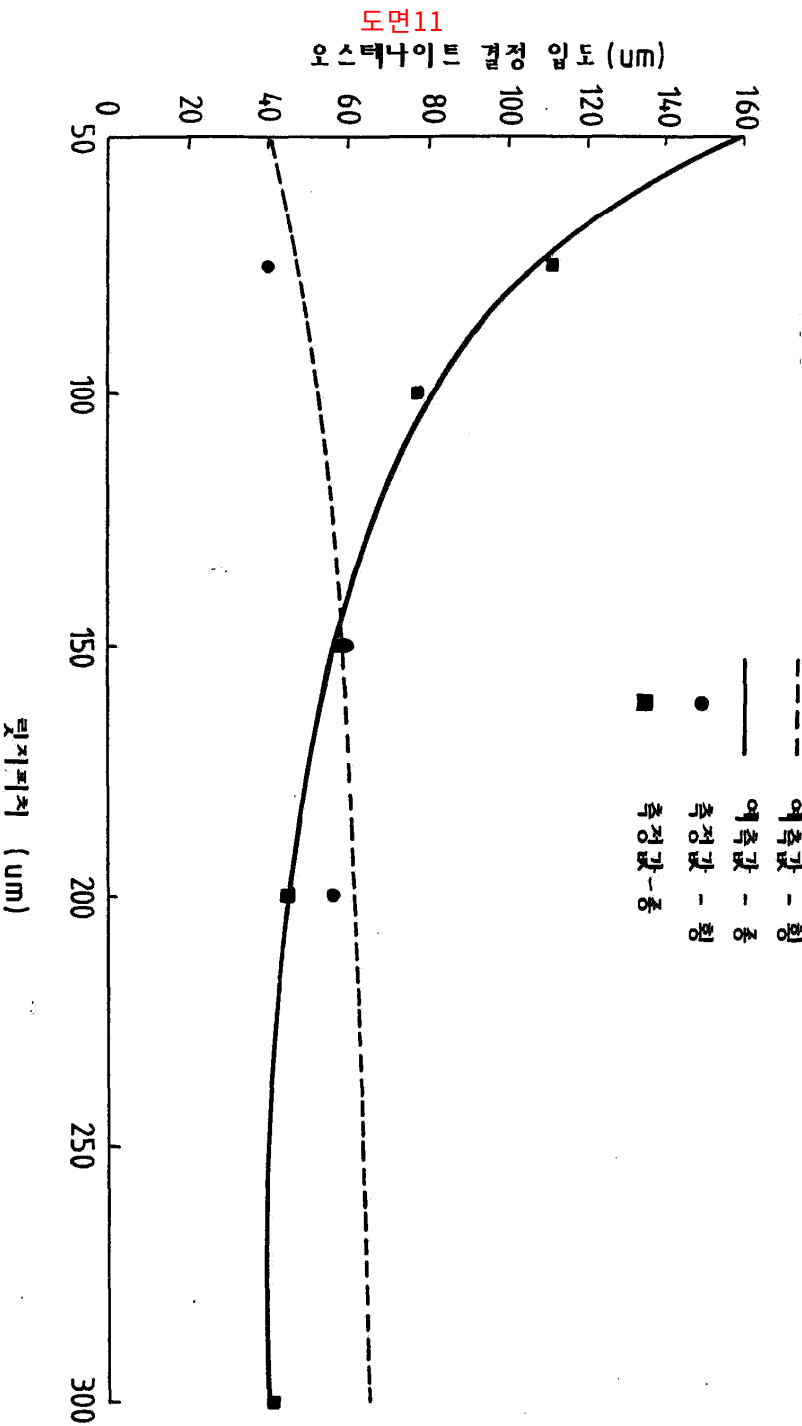
회단 크기 × 500

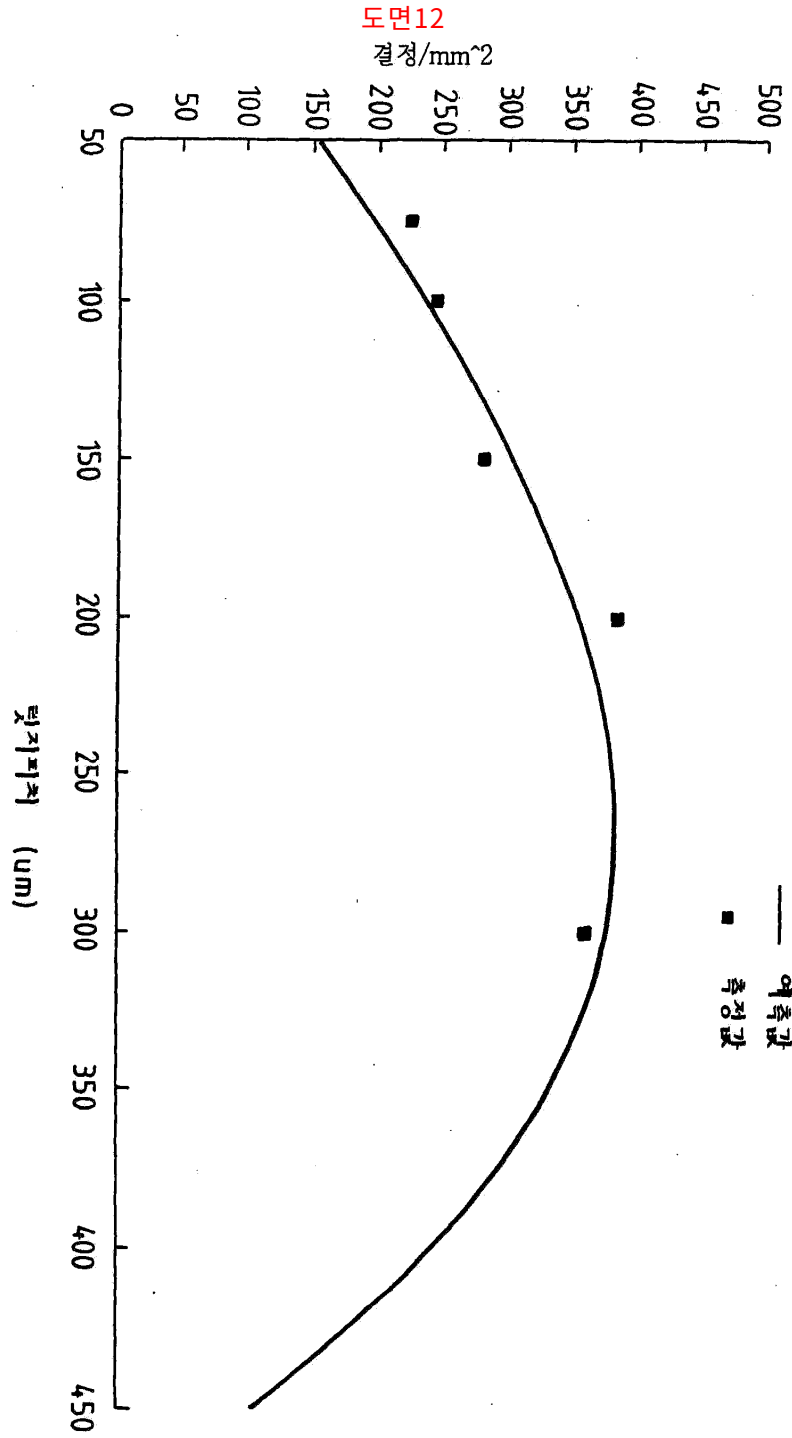


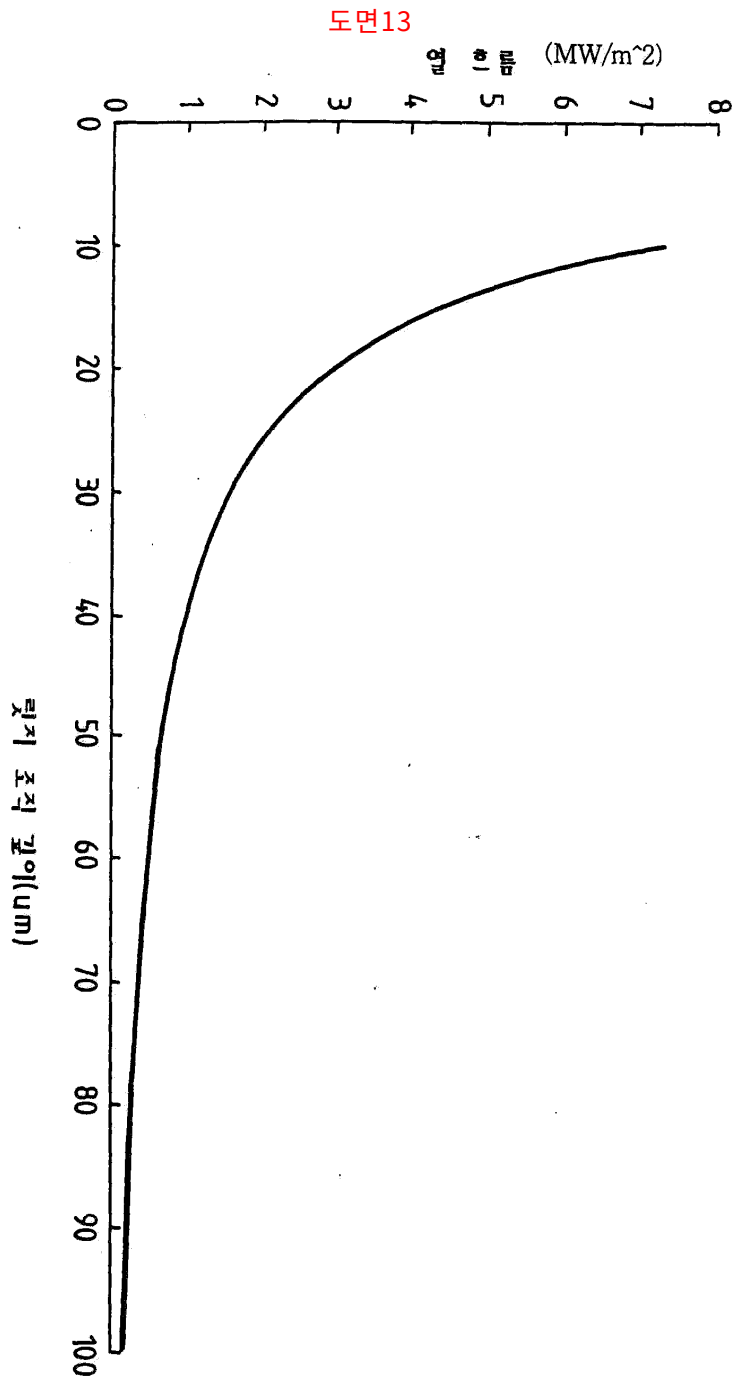
도면10

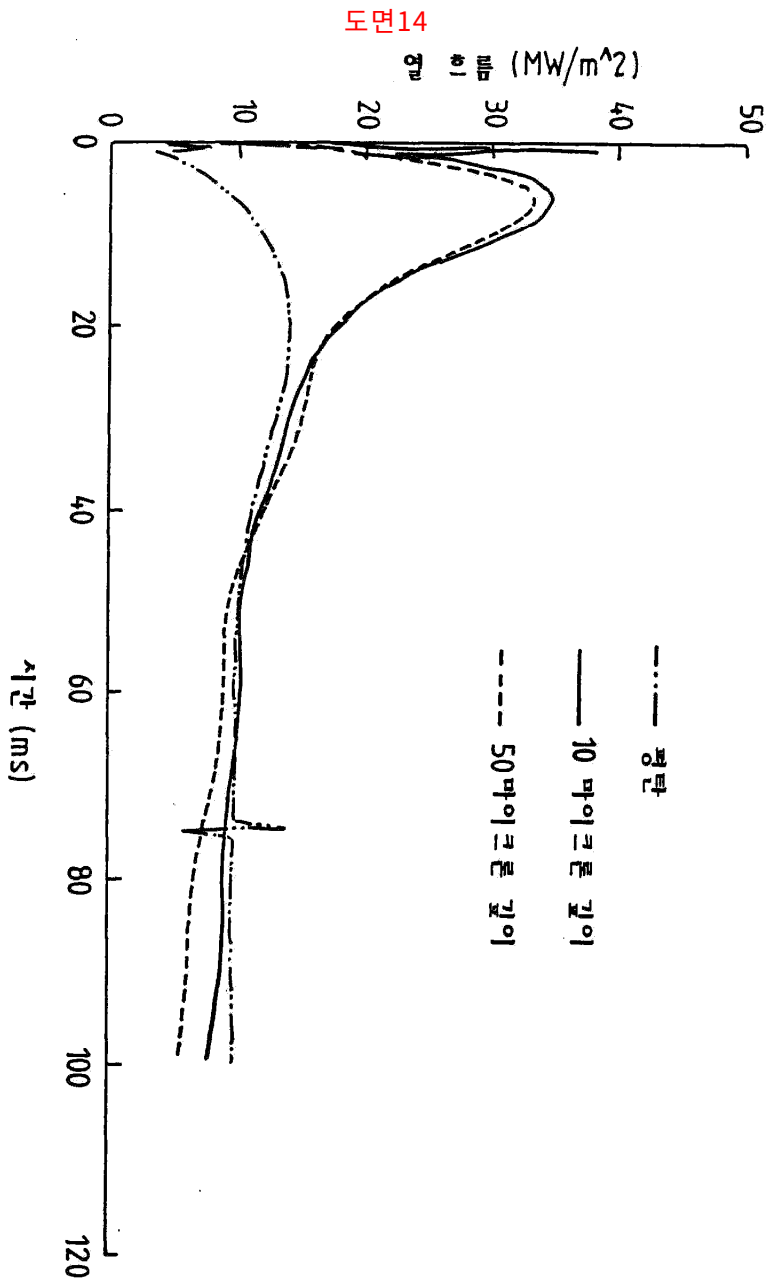


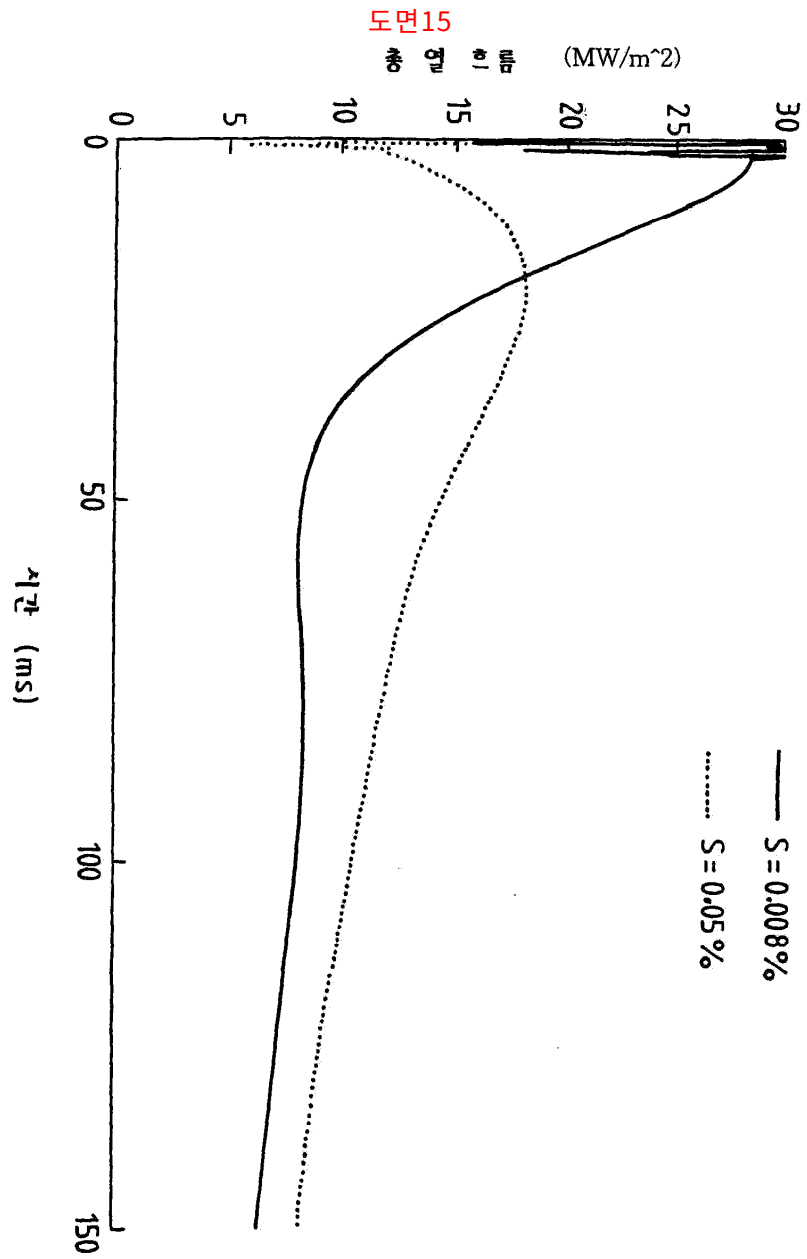
중단크기 × 500



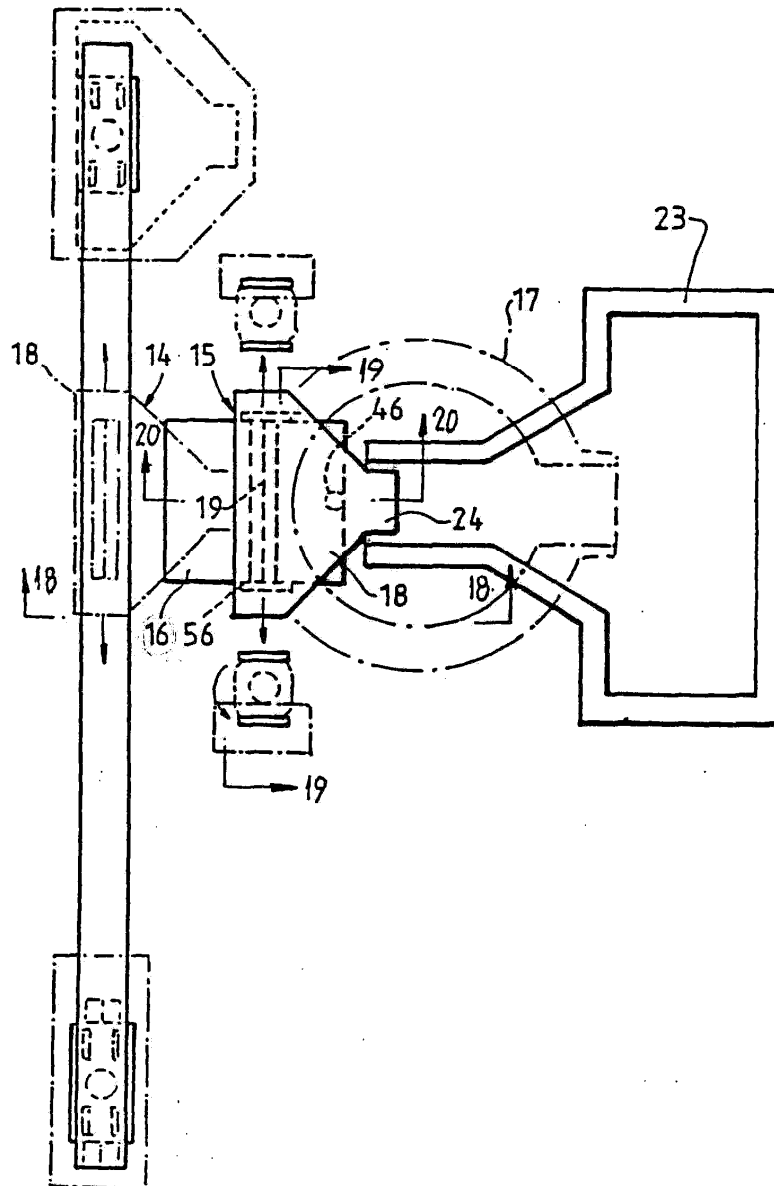




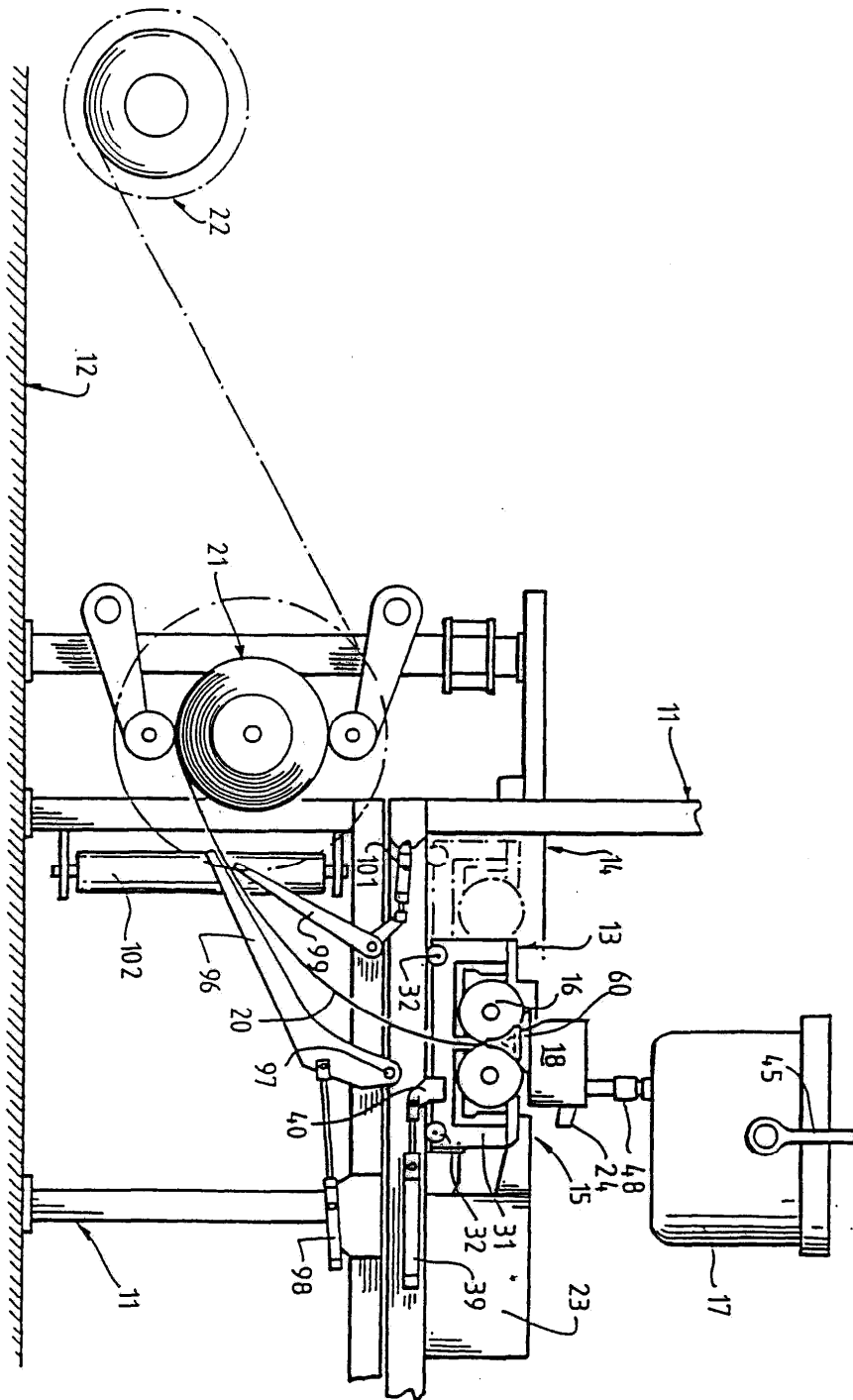




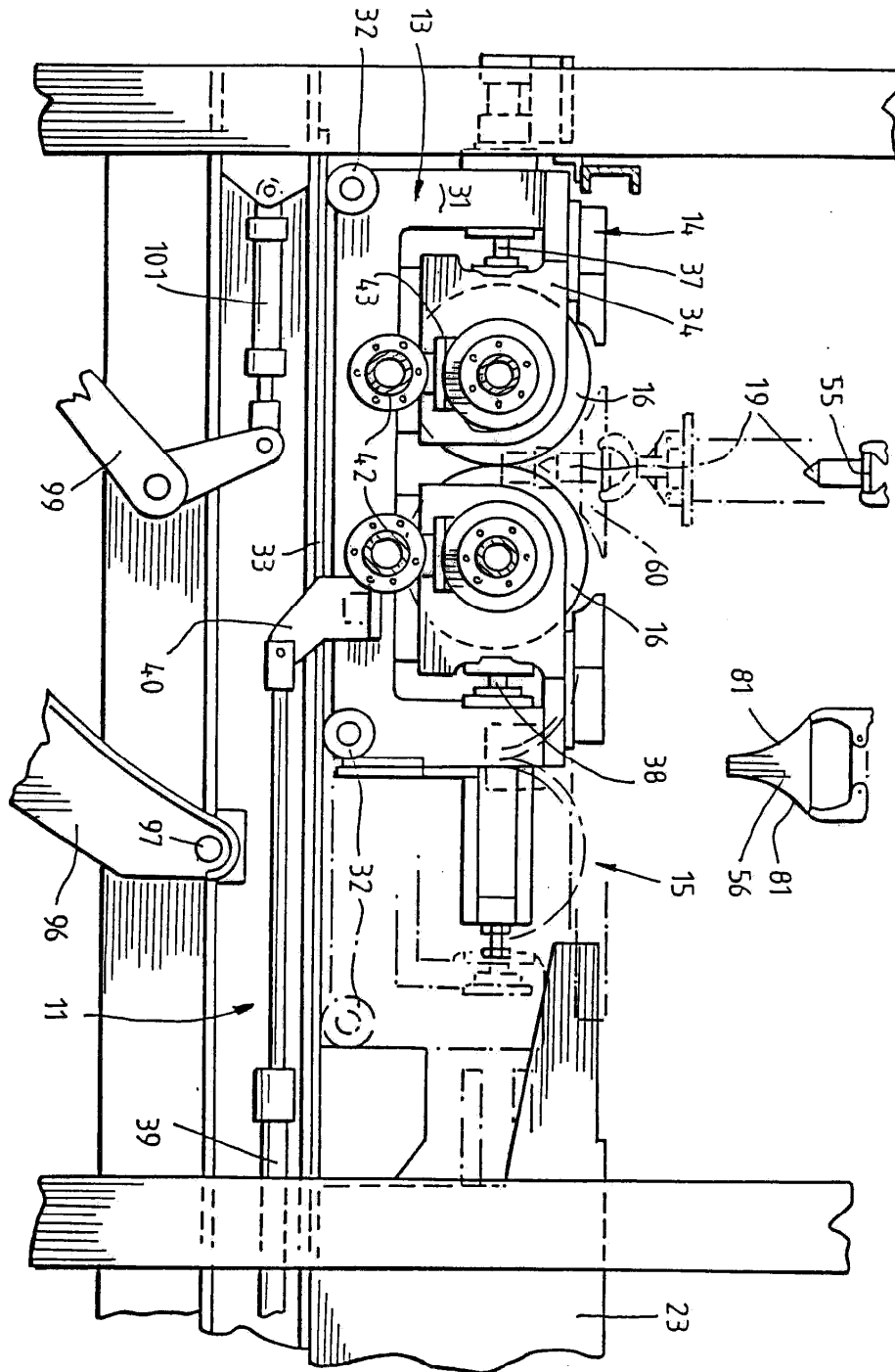
도면16



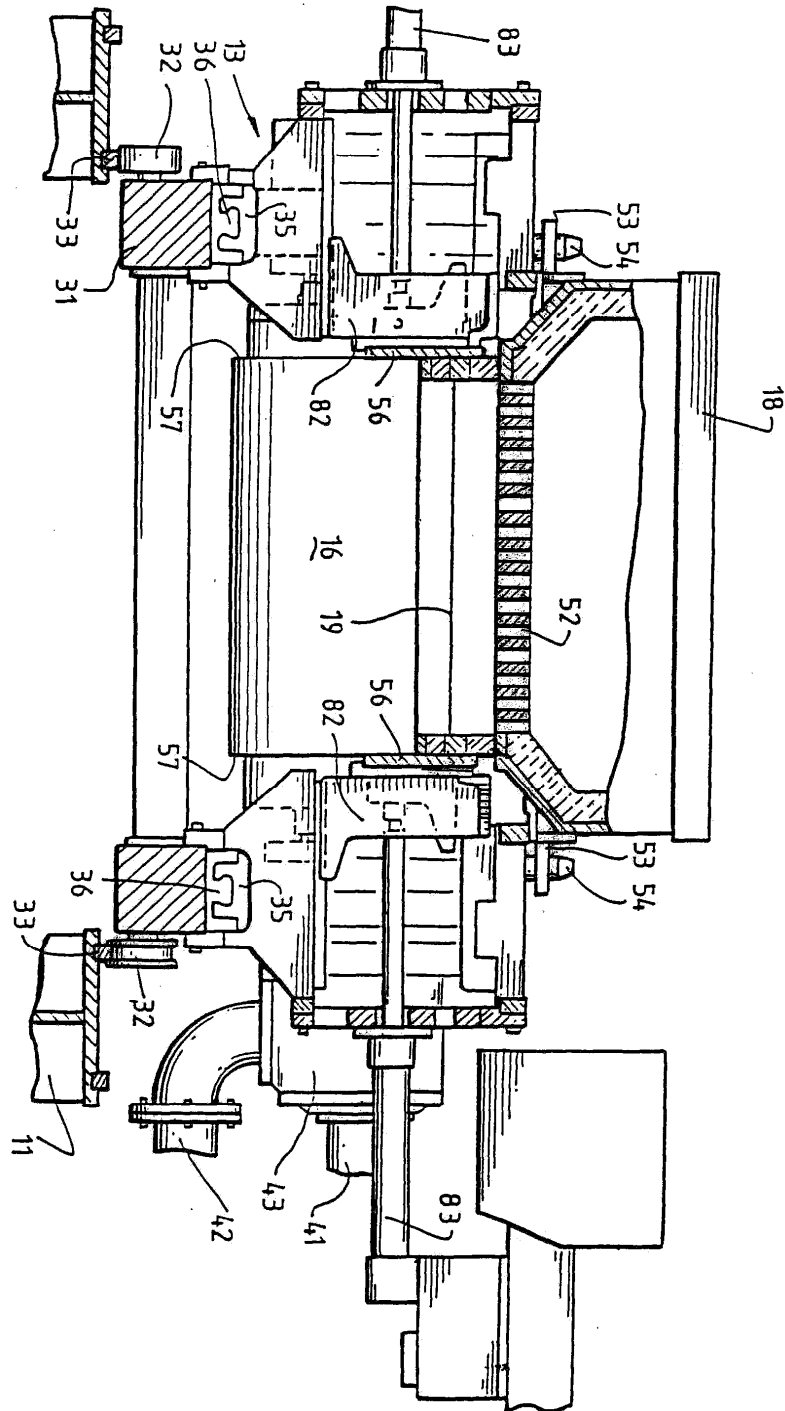
도면17



도면18



도면19



도면20

