



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월10일  
(11) 등록번호 10-2249385  
(24) 등록일자 2021년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B22D 17/22 (2006.01) B22D 17/02 (2006.01)  
B22D 27/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B22D 17/22 (2013.01)  
B22D 17/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0064348  
(22) 출원일자 2019년05월31일  
심사청구일자 2019년05월31일  
(65) 공개번호 10-2020-0138545  
(43) 공개일자 2020년12월10일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020050004712 A\*  
KR1020030016869 A\*  
KR1020000041679 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한주금속(주)  
울산광역시 울주군 온산읍 화산2길 34-5  
(72) 발명자  
이용진  
부산광역시 해운대구 센텀동로 25, 월드마크센텀  
102동 1604호  
박진하  
울산광역시 울주군 청량면 삼정로 92, 쌍용하나빌  
리지 307동 1201호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 황영은

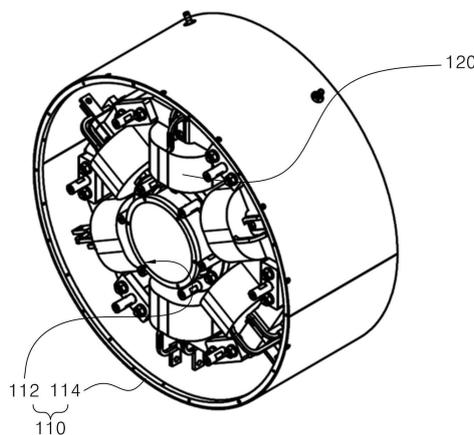
(54) 발명의 명칭 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치

(57) 요약

슬리브가 삽입되는 내벽과 그와 이격된 외벽을 포함하는 링 형태의 케이스와, 상기 케이스의 내벽과 외벽 사이에 위치하되, 코어와 그를 감싸는 코일로 이루어진 복수 개의 전자석이 상기 슬리브를 중심으로 원주 상 등간격으로 배치되는 자기장 생성부를 포함하며, 상기 자기장 생성부는, 상기 전자석에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성하되, 상기 자기장에 의해 상기 반응고 용탕의 일부가 상기 슬리브 원주 방향을 따라 순차적으로 진동하여 미세 조직이 제어되는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 제공한다.

대표도 - 도3

100



(52) CPC특허분류  
**B22D 27/02** (2013.01)

(72) 발명자  
**박성락**

울산광역시 울주군 범서읍 구영리 대리로 15-17,  
구영2차 우미린

**노중석**

부산광역시 기장군 정관읍 구연방곡로 10, 정관센  
트럴파크 110동 302호

**방희재**

부산광역시 사상구 학감대로 105-21 103동 1401호  
(학장동, 벽산아파트)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

슬리브가 삽입되는 내벽과 그와 이격된 외벽을 포함하는 링 형태의 케이스와,

상기 케이스의 내벽과 외벽 사이에 위치하되, 코어와 그를 감싸는 코일로 이루어진 복수 개의 전자석이 상기 슬리브를 중심으로 원주 상 등간격으로 배치되는 자기장 생성부를 포함하며,

상기 자기장 생성부는, 대칭되는 전자석 한 쌍 또는 비인접한 전자석 한 쌍에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성하여 상기 자기장의 자기력 선속이 반응고 용탕 내부에 충격을 가하되, 상기 반응고 용탕의 일부가 상기 슬리브 원주 방향을 따라 순차적으로 수직방향으로 진동함으로써 수직 방향의 간헐적 진동 유동으로 상기 반응고 용탕의 미세 조직이 제어되고,

상기 자기장 생성부는, 인가하는 전류의 범위가 80 내지 120A이거나, 상기 슬리브의 중심 영역에 500 내지 1000 Gauss의 자기장을 형성하는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 구조설비의 전자기 진동 교반장치.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 자기장 생성부는, 상기 전자석의 코어가 상기 슬리브의 중심축선과 수직으로 배열되도록 전자석이 배치되는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 구조설비의 전자기 진동 교반장치.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 자기장 생성부는, 상기 전자석 각각의 코일 내부에 냉각 유로가 형성된 것을 특징으로 하는 반응고 고압 구조설비의 전자기 진동 교반장치.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 케이스의 외벽 내측면에 원주상 60도의 등간격인 방사형으로 상기 코어가 구비되고, 상기 코일은 인서트 방식으로 상기 코어에 끼움 결합되는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 구조설비의 전자기 진동 교반장치.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 슬리브는, HK40강 또는 세라믹 소재로 이루어진 것을 특징으로 하는 반응고 고압 구조설비의 전자기 진동

교반장치.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치는, 반응고 고압 주조설비 하부 금형의 하부에 위치하여 상기 슬리브의 하부와 결합되는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반 장치에 대한 것으로, 반응고 용탕에 전자기 진동을 가하여 반응고 용탕의 조직을 제어하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반 장치에 관한 것이다.

[0002]

**배경 기술**

[0003] 반응고 성형법(rheocasting)이란 소정의 점성을 갖는 반응고 금속재료를 주조 또는 단조하여 빌렛이나 최종 성형품을 제조하는 것이다. 반응고 금속재료는 반응고 온도 영역에서 액상과 구상의 결정립이 적절한 비율로 혼재한 상태라 할 수 있다. 즉 반응고 금속재료는 텍소트로픽(thixotropic)한 성질에 의해 작은 힘에 의해서도 변형이 가능하고, 유동성이 우수하므로 액상처럼 성형가공이 쉬운 금속재료라 할 수 있다.

[0004] 반응고 금속재료는 일반적으로 액체 상태의 금속보다 낮은 온도에서 유동성을 가지므로 이에 노출되는 주조장치의 기기 온도를 액체 상태의 금속보다 더 낮출 수 있고, 이에 따라 주조장치의 수명이 길어질 수 있다. 또한, 반응고 금속재료가 압출될 때 액체 상태보다 난류(turbulence)의 발생이 적으므로, 주조과정에서 공기의 혼입을 줄일 수 있다. 나아가서, 반응고 상태이므로 응고 시 수축이 적고, 그로 인해 작업성이 개선되며, 제품의 경량화가 가능하여 신소재 성형분야에 적용될 수 있으며, 예를 들어 차량의 주요 경량 알루미늄 부품 소재 분야에 적용될 수 있다.

[0005] 반응고 금속재료를 이용할 수 있는 주조 방법 중 하나인 고압 주조법은 소정의 중공부 형태를 구비한 금형에 용탕을 압입하고 용탕이 응고가 될 때까지 가압하여 주조하는 방법을 말하며, 전자기 교반을 적용하여 전자기장을 용탕의 내부로 발생시킴으로써 반응고 용탕의 조직제어를 수행하기도 한다.

[0006] 전자기 교반 수단을 적용한 고압 주조법에 대하여, 전자기장의 발생 패턴과 그에 따른 용탕의 최적의 교반조건을 찾아내기 위한 기술 개발이 진행되고 있다. 그러나, 전자기 교반 수단의 전자석에 100 Gauss 내외의 자기장을 발생시키면 과열로 인해 코일이 단선될 수 있으며, 고압 주조장치의 상하부 금형의 충격이 전자기 교반 수단에 전달되어 전자기 교반 수단 작동의 오류가 발생할 수 있으므로, 이는 자기장 형성에 문제를 일으킬 수 있다. 또한, 슬리브 내 용탕의 전자기장으로 인한 회전은 용탕 내에 난류를 일으켜 공기가 함유될 수 있으므로, 주조품의 품질을 하락시킬 수 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 10-1253605호(등록일: 2013. 03. 04.)
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제 10-1187428호(등록일: 2012. 09. 25.)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 전자석의 과열을 억제할 수 있는 자기장 생성부를 구비하여 과열로 인

한 코일의 단선을 방지하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 제공하는 것에 목적이 있다.

- [0009] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 반응고 용탕에 주기적인 진동을 가하여 용탕의 조적을 제어하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 제공하는 것에 목적이 있다.
- [0010] 나아가서 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 반응고 고압 주조설비 하부 금형의 하단 또는 하부에 자기장 생성부가 위치하여 금형의 충격에도 자기장 생성부를 보호할 수 있는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 제공하는 것에 목적이 있다.
- [0011] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상기의 문제를 해결하기 위하여 본 발명은 슬리브가 삽입되는 내벽과 그와 이격된 외벽을 포함하는 링 형태의 케이스와, 상기 케이스의 내벽과 외벽 사이에 위치하되, 코어와 그를 감싸는 코일로 이루어진 복수 개의 전자석이 상기 슬리브를 중심으로 원주 상 등간격으로 배치되는 자기장 생성부를 포함하며, 상기 자기장 생성부는, 상기 전자석에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성하되, 상기 자기장에 의해 상기 반응고 용탕의 일부가 상기 슬리브 원주 방향을 따라 순차적으로 진동하여 미세 조적이 제어되는 것을 특징으로 하는 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 제공할 수 있다.
- [0013] 상기 자기장 생성부는, 대칭되는 전자석 한 쌍 또는 비인접한 전자석 한 쌍에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성할 수 있다.
- [0014] 상기 자기장 생성부는, 상기 전자석의 코어가 상기 슬리브의 중심축선과 수직으로 배열되도록 전자석이 배치될 수 있다.
- [0015] 상기 자기장 생성부는, 상기 전자석 각각의 코일 내부에 냉각 유로가 형성된 것일 수 있다.
- [0016] 상기 자기장 생성부는, 상기 슬리브의 중심 영역에 500 내지 1000 Gauss의 자기장을 형성하는 것일 수 있다.
- [0017] 상기 케이스의 외벽 내측면에 원주상 60도의 등간격인 방사형으로 상기 코어가 구비되고, 상기 코일은 인서트 방식으로 상기 코어에 끼움 결합될 수 있다.
- [0018] 상기 슬리브는, HK40강 또는 세라믹 소재로 이루어질 수 있다.
- [0019] 상기 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치는, 반응고 고압 주조설비 하부 금형의 하단 또는 하부에 위치하여 상기 슬리브의 하부와 결합될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치는 각각의 전자석 코일 내부에 냉각유로를 구비함으로써 전자석의 과열을 억제할 수 있으며, 과열로 인한 코일의 단선을 방지하는 장점이 있다.
- [0021] 또한, 반응고 용탕에 주기적인 진동을 가하여 덴드라이트 생성을 방지 또는 덴드라이트를 파괴함으로써 용탕의 조적을 제어할 수 있으며, 반응고 고압 주조설비 하부 금형의 하단 또는 하부에 자기장 생성부가 위치하여 금형의 충격에도 자기장 생성부를 보호할 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전자기 진동 교반장치를 구비하는 반응고 고압 주조설비를 나타낸 단면도,  
 도 2는 도 1의 X 영역의 확대도,  
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 나타낸 사시도,  
 도 4는 도 3의 자기장 생성부를 나타낸 사시도,  
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자기장 생성부의 전자석 코일 단면을 나타낸 사진,  
 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 이용하여 자기장이 가해진 용탕을 나타낸 사진,

도 7은 본 발명의 실험예를 위한 도가니를 나타낸 단면도,

도 8은 인가한 전류에 따라 측정된 자기장 크기를 도 7의 도가니의 평면상 중심부, 1/4부, 가장자리부의 수직 위치별로 나타낸 그래프,

도 9는 도가니의 평면상 중심부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프,

도 10은 도가니의 평면상 1/4부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프,

도 11은 도가니의 평면상 가장자리부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프,

도 12는 인가한 자기장 크기에 따른 용탕의 냉각속도와 냉각속도의 편차를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0023] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되어지는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 층 및 영역의 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전자기 진동 교반장치를 구비하는 반응고 고압 주조설비를 나타낸 단면도, 도 2는 도 1의 X 영역의 확대도, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 나타낸 사시도, 도 4는 도 3의 자기장 생성부를 나타낸 사시도, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자기장 생성부의 전자석 코일 단면을 나타낸 사진, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 이용하여 자기장이 가해진 용탕을 나타낸 사진이다.

[0025] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 반응고 고압 주조설비(10)는 상부 금형(12) 및 하부 금형(14)과, 금형 내부로 용탕을 주입시키는 슬리브(16) 및 플런저(18)를 구비한다.

[0026] 원통 형상의 중공부를 구비하는 슬리브(16)의 내부에 용탕(A)을 주입시키고, 플런저(18)는 슬리브(16) 내부를 이동하여 슬리브(16)의 중공부 내로 주입된 용탕(A)을 가압함으로써 금형 내로 용탕(A)을 압입할 수 있다. 용탕(A)이 상부 금형(12) 및 하부 금형(14) 사이의 몰드 영역에 압입된 상태에서 일정 시간이 경과되면, 용탕(A)은 금형 내에서 응고되어 주조작업이 완료됨으로써 주조물이 제조될 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 반응고 고압 주조설비(10)의 전자기 진동 교반장치(100)는 슬리브(16)의 외주면에 결합되며, 반응고 용탕(A)에 전자기 진동을 가하여 텐드라이트 생성을 억제함으로써 용탕의 조직을 제어할 수 있다.

[0028] 상세히 설명하면, 상기 전자기 진동 교반장치(100)는 케이스(110)와 자기장 생성부(120)를 포함할 수 있다. 케이스(110)는 슬리브가 삽입되는 내벽(112)과 그와 이격된 외벽(114)을 포함하는 링 형태로 이루어질 수 있다. 또한, 케이스(110) 내부에 위치하는 자기장 생성부(120)를 외부로부터 보호하기 위해 상기 케이스(110)는 내벽(112)과 외벽(114) 사이 영역의 상하부 모두 밀폐되는 구조를 가질 수 있으며, 자기장 생성부(120)가 형성한 자기장에 영향을 주지 않도록 상기 케이스(110)는 비자성 물질로 이루어진 것일 수 있다.

[0029] 자기장 생성부(120)는 상기 케이스(110)의 내벽(112)과 외벽(114) 사이에 위치하되, 코어(122)와 그를 감싸는 코일(124)로 이루어진 복수 개의 전자석(120)이 상기 슬리브(16)를 중심축으로 원주 상 등간격으로 배치될 수 있다. 상기 자기장 생성부(100)는 전자석(120)에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성하되, 상기 자기장에 의해 반응고 용탕(A)의 일부가 상기 슬리브(16) 원주 방향을 따라 순차적으로 진동함으로써 미세 조직이 제어될 수 있다. 자기장 생성부(100)를 통해 형성된 자기장의 자기력선속이 용탕 내부에 충격을 가하게 되면, 용탕의 일부가 수직방향으로 진동함으로써 회전과 같은 교반이 아니라 수직 방향의 간헐적인 진동 교반이 이루어질 수 있다. 따라서, 반응고 용탕의 와류를 동반한 회전 유동 없이, 용탕의 떨림을 동반하는 진동 유동을 발생시키므로, 자기장 충격에 의한 용탕의 간헐적 진동으로 미세조직이 제어됨으로써 전자기장에 의한 회전 교반 시 주입될 수 있는 외부공기를 방지할 수 있다.

- [0030] 상기 자기장 생성부(100)는 대칭되는 전자석 한 쌍 또는 비인접한 전자석 한 쌍에 시계 방향 또는 반시계 방향으로 전류를 인가하여 자기장을 생성할 수 있다.
- [0031] 상세히 설명하면, 상기 자기장 생성부(100)는 대칭되는 전자석 한 쌍, 또는 비인접한 전자석 한 쌍이 원주방향으로 순차적으로 자기장을 생성할 수 있다. 예를 들어 124-1전자석과 124-4전자석, 124-2전자석과 124-5전자석, 124-3전자석과 124-6전자석이 한 쌍이 되어 순차적으로 반시계 방향으로 전류가 인가됨으로써 자기장을 생성할 수 있다. 또한, 비인접한 전자석 한 쌍, 즉, 124-1전자석과 124-3전자석, 124-2전자석과 124-4전자석, 124-3전자석과 124-5전자석이 한 쌍이 되어 순차적으로 전류가 인가됨으로써 자기장이 생성될 수 있다.
- [0032] 따라서, 상기 슬리브 내의 반응고 용탕에 주기적으로 진동을 가하며 용탕의 조직이 제어될 수 있다. 즉, 도 6의 (a), (b), (C)의 순서에 따라 자기장 생성부(120)의 대칭된 전자석에 전류를 가하여 반응고 용탕의 주변으로 순차적으로 자기장이 형성될 수 있다. 즉, (a)와 같이 대칭된 곳에 위치한 전자석에 일정 시간 전류를 흘려 주변 형성된 자기장에 의해 ①과 같이 용탕이 전자기 충격을 받게 되고, 다시 (b)와 같이 대칭된 곳에 위치한 전자석에 일정 시간 전류를 흘려 주변 자기장으로 인한 충격으로 인해 ②와 같이 용탕이 진동할 수 있다. 즉, 자기장에 의한 진동이 용탕에 주기적으로 가해짐으로써 회전과 같은 교반이 아니라, ①, ②, ③ 과 같이 자기장의 자기력선속이 용탕 내부에 충격을 가하여 용탕의 일부가 수직방향으로 간헐적으로 진동함으로써 용탕의 교반이 이루어질 수 있다. 또한, 시계 방향 또는 반시계 방향으로 슬리브의 원주방향을 따라 자기장을 순차적으로 인가함으로써 슬리브 내의 용탕은 주기적으로 진동하여 더욱 균일하게 교반되어 미세조직이 제어될 수 있다.
- [0033] 나아가서, 대칭극 또는 비인접극의 전자석에 0.5초 미만의 시간으로 전류를 인가하게 되면 회전 교반이 일어날 수 있으므로, 회전 교반의 발생을 방지하기 위하여 0.5초 이상 전류를 인가하여 자기장을 형성하는 것이 바람직하며, 용탕 전체에 고른 자기력을 효율적으로 가하기 위하여 하나의 사이클은 20초 이내의 시간을 갖는 것이 바람직하다.
- [0034] 즉, 복수개의 전자석을 이용한 대칭극 동시인가의 구조방식은 자기장을 발생시켜도 반응고 용탕의 와류를 동반한 회전유동 없이, 용탕의 떨림을 동반하는 진동 유동을 보인다. 따라서 자기장 충격에 의한 용탕의 진동으로 미세조직이 제어됨으로써 전자기장에 의한 회전 교반 시 주입될 수 있는 외부공기를 방지할 수 있으며, 빌렛 내 공기 함유를 최소화시키면서 핵생성 및 확산을 촉진시켜 텐드라이트 조직을 미세화 및 구상화시킴으로써 내부 기공을 최소화할 수 있고, 그로 인해 종래의 회전으로 인한 조직 제어보다 더욱 안정된 품질의 주조품을 생산할 수 있다.
- [0035] 상기의 복수개의 전자석을 이용한 대칭극 동시인가의 구조방식 또는 비인접극 동시인가의 구조방식과 마찬가지로, 124-1, 124-3, 124-5와 같이 3개의 전자석에 전류가 인가됨이 주기적으로 반복될 때 또한 진동교반 효과가 나타날 수 있다.
- [0036]
- [0037] 상기 자기장 생성부(120)는 상기 전자석의 코어(122)가 상기 슬리브(16)의 중심축선과 수직으로 배열되도록 전자석이 배치될 수 있다. 자기장 생성부(120)가 형성한 자기장의 자기력선속과 슬리브(16)가 수직으로 위치함으로써, 도 6과 같이 자속선의 방향으로 용탕에 충격을 가하여 용탕이 진동함으로써 미세조직을 제어할 수 있다.
- [0038] 상기 자기장 생성부(120)는 상기 전자석 각각의 코일(124) 내부에 냉각 유로(124a)가 형성된 것일 수 있다. 따라서 코일(124) 내부를 따라 직접적으로 냉각유 또는 냉각수가 흐름으로써 400 Gauss 이상의 큰 자기장에서도 코일(124)의 발열을 낮추어 줄 수 있으며, 그로 인해 코일(124)의 단선 없이 자기장을 생성하여 지속적으로 반응고 용탕의 조직을 제어할 수 있다. 상기 코일(124) 내부의 냉각 유로(124a)는 외부의 냉각 유로(130)와 연결되어 지속적으로 냉각유 또는 냉각수를 공급받을 수 있으며, 코일(124)의 냉각으로 인해 가열된 냉각수 또는 냉각유는 외부로 유출될 수 있다.
- [0039] 나아가서, 상기 자기장 생성부(120)는 슬리브(16)의 중심 영역을 기준으로 500 내지 1000 Gauss의 자기장을 형성하여 슬리브(16) 내에 위치하는 용탕에 전자기 충격을 가하여 미세조직을 제어할 수 있다.
- [0040] 자기장 생성부(120)는 상기 케이스(110)의 외벽(114) 내측면에 원주상 60도의 등간격인 방사형으로 상기 코어(122)가 구비되고, 상기 코일(124)은 인서트 방식으로 상기 코어(122)에 끼움 결합될 수 있다. 따라서 공정 수명이 다한 코일(124)에 대하여 별도로 탈부착을 할 수 있으므로 설비의 교체비용을 절감할 수 있다. 인서트 방식의 끼움 결합을 위해 복수 개의 전자석 사이는 서로 개방된 구조를 가질 수 있다.
- [0041] 상기 슬리브(16)는 HK40강 또는 세라믹 소재로 이루어질 수 있다. HK40강 또는 세라믹 소재와 같은 비자성체 소

재의 슬리브(16)는 자기장 생성부(120)가 형성하는 강한 자기장에 대해서도 자기장을 거의 흡수하지 않으며 슬리브의 떨림과 같은 반응을 최소화할 수 있다. 따라서, 비자성체 소재로 슬리브(16)가 구비됨으로써, 자기장 생성부(120)가 형성한 자기장의 크기에 영향을 주지 않고 슬리브 내의 용탕은 미세조직이 제어되어 고품질의 주조품을 안정적으로 생산할 수 있다.

[0042] 상기 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치(100)는, 도 1의 X와 같이 반응고 고압 주조설비(10) 하부 금형(14)의 하단 또는 하부에 위치하여 상기 슬리브(16)의 하부와 결합될 수 있다. 따라서 주조품의 제조 시 상부 금형(12)과 하부 금형(14)의 충격에도 영향을 최소화할 수 있으므로, 주조품의 제조과정 중 금형으로 인한 충격에 대해서도 자기장 생성부(120)를 보호할 수 있다.

[0043] 이하, 본 발명에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치를 하기 실험예를 통해 설명하겠는 바, 하기 실험예는 본 발명을 설명하기 위한 예시일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0044] **도가니 제조 및 자기장 측정 영역 설정**

[0045] 본 발명에 따른 반응고 고압 주조설비의 전자기 진동 교반장치의 진동 교반 실험을 위해, SUS304를 이용하여 도가니를 제조하였다. 도가니의 상부 지름은 120mm, 하부 지름은 72.5mm, 높이는 260mm가 되도록 제조하였으며, 도가니의 각 위치별 자기장의 크기를 비교하기 위해 도 7과 같이, 세로 중심축을 X, 도가니 벽면 영역 세로축을 Z(X로부터 60mm의 위치), 그 사이 1/2 지점 세로축을 Y라 설정하였다. 또한, 도가니 가로 중심축을 C라 설정하고, 도가니 상부면 영역의 가로축을 A, 도가니의 바닥 영역 가로축을 E라 설정하였으며, A와 C사이 1/2 가로축을 B(C로부터 상부 60mm), C와 E 사이 1/2 가로축을 D(C로부터 하부 60mm)라 설정하여 자기장을 측정하였다. 또한, 도가니의 가로 중심축 C와 세로 중심축 X가 만나는 중심점을  $\alpha$ , 가로 중심축 C와 세로축 Y와 만나는 점을  $\beta$ 라 설정하였다.

[0046] **실험예 1 - 인가한 자기장에 따른 도가니 위치별 자기장 크기**

[0047] 본 발명의 실시예에 따른 전자기 진동 교반장치의 자기장 생성부에 20A, 40A, 60A, 80A, 120A의 전류를 인가하여 도가니 위치별 자기장의 크기를 측정하였다.

[0048] 도 7과 같은 도가니의 외측에 자기장 생성부를 위치시키고, 대칭극 동시인가의 방법으로 인가되는 각 전류의 크기마다 0.5초 동안 전류를 인가하였다. 이때 시계방향으로 0.5초마다 주기적으로 인가하였으며, 세로축 X, Y, Z와 가로축 A, B, C, D, E가 만나는 지점에서 자기장의 크기를 측정하였다.

[0049] **실험예 2 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기 1**

[0050] 실험예 1과 같이 각각의 전류에 따라 자기장을 형성하고, 도가니 위치별 자기장의 크기를 측정하되, 서로 대칭하는 위치의 한 쌍의 전자석에 0.5초간 전류를 인가한 후 시계방향으로 회전하며 위치한 다른 한 쌍의 전자석에 0.5초간 전류를 인가하는 것을 반복하여 자기장을 측정하였다.

[0051] **실험예 3 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기 2**

[0052] 실험예 2와 같이 반시계방향으로 회전하며 자기장을 인가하되, 비인접한 한 쌍의 전자석에 동일한 방법으로 전류를 인가하며 자기장을 측정하였다.

[0053] **실험예 4 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기 3**

[0054] 실험예 2와 같이 반시계방향으로 회전하며 자기장을 인가하되, 인접한 한 쌍의 전자석에 동일한 방법으로 전류를 인가하며 자기장을 측정하였다.

[0055] **실험예 5 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기 4**

[0056] 실험예 1과 같이 자기장을 형성하고, 도가니 위치별 자기장의 크기를 측정하되, 반시계 방향으로 순차적으로 전자석을 개별 인가하며 자기장을 측정하였다.

[0057] **실험예 6 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기 5**

[0058] 실험예 1과 같이 자기장을 형성하고, 도가니 위치별 자기장의 크기를 측정하되, 랜덤하게 전자석을 개별로 전류를 인가하며 자기장을 측정하였다.

[0059] **실험예 7 - 슬리브 유무에 따른 자기장의 크기**

[0060] 슬리브 유무에 따른 자기장의 크기를 비교하기 위하여 HK40 소재의 슬리브가 있는 상태와 없는 상태에 따라 대

칭극 동시인가 방법으로 0.5초 동안 전류를 인가하였으며, 시계방향으로 주기적으로 반복하며 각각의 위치에 따른 자기장을 측정하였다.

[0061] **실험예 8 - 인가한 자기장 크기에 따른 용탕의 냉각속도**

[0062] 본 발명의 실시예에 따른 전자기 진동 교반장치에 용탕을 위치시킨 후 자기장 생성부에 40A, 60A, 80A, 120A의 전류를 인가하되, 대칭극 동시인가 방법으로 시계방향으로 0.5초 동안 전류를 인가하였으며, 도 7의  $\alpha, \beta$  지점의 용탕의 분당 온도변화를 측정하였으며, 냉각되는 속도의 편차를 구하였다.

[0063] **결과 1 - 인가한 자기장에 따른 도가니 위치별 자기장 크기**

[0064] 도 8은 인가한 전류에 따라 측정된 자기장 크기를 도 7의 도가니의 평면상 중심부, 1/4부, 가장자리부의 수직 위치별로 나타낸 그래프로써, 실험예 1의 결과이다.

[0065] 도 8을 참조하면, 도가니의 중심 영역 즉, X, Y축 영역에서는 (a)와 (b)같이 전류의 세기를 증가시키면 즉 인가되는 자기장의 크기를 증가시키면 도가니 내부의 B, C, D의 자기장이 증가됨을 알 수 있다. 그러나, 도가니의 벽면측(c)은 X, Y보다 자기장의 크기는 크지만, 중심부에서 가장자리로 갈수록 자기장이 불안정하게 형성됨을 알 수 있다.

[0066] **결과 2 - 자기장 인가방법에 따른 도가니 위치별 자기장 크기**

[0067] 도 9는 도가니의 평면상 중심부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프, 도 10은 도가니의 평면상 1/4부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프, 도 11은 도가니의 평면상 가장자리부에서 전자석 인가 방법에 따른 수직 위치별 자기장 크기의 변화를 나타낸 그래프로써, 실험예 2 내지 6의 결과이다. (a)는 가로 A축영역, (b)는 가로 B축 영역, (c)는 가로 C축 영역, (d)는 가로 D축 영역, (e)는 가로 E축 영역에 대한 자기장 변화를 나타낸 것이다.

[0068] 세로축 X와 Y의 경우 대칭 전자석 동시인가에 있어서 가장 큰 자기장을 보이며, 다음으로 비인접극 전자석 동시인가가 자기장이 큰 것으로 나타났다. 또한 동시인가가 단독인가보다 자기장의 크기가 컸으며, 인접 전자석을 동시인가 하는 경우 자기장이 상쇄되어, 다른 동시인가보다 자기장이 감소한 것으로 보인다. 그러나 세로축 Z의 경우, 즉 가장자리의 경우 인접극 동시인가의 경우가 가장 큰 자기장이 생성된 것으로 나타났다. 이는 자기력선 속에 의한 자기장의 효과보다는 인접한 코어와 코일의 전류에 의한 전기장의 효과가 더 강하게 나타난 것일 수 있다. 즉, 인접한 두 코어 근처에서는 2개의 코어에서 발생하는 전자기력이 합쳐지게 되므로, 인접극 동시인가의 경우에는 전자석 가장자리는 두 극에서 발생하는 전자기력이 보강되어 세기가 강해지지만, 중심부와 1/4지점에서는 전자기력이 가장 약해질 수 있다.

[0069] **결과 3 - 슬리브 유무에 따른 자기장의 크기**

[0070] 실험예 7의 결과는 다음의 표 1과 같다.

**표 1**

[0071]

		X			Y			Z		
인가전류 (A)		40	80	120	40	80	120	40	80	120
A	무	114	222	313	118	248	335	114	220	324
	유	112	198	340	128	217	328	118	248	335
B	무	238	466	680	271	559	859	256	486	832
	유	224	456	699	271	527	767	271	559	859
C	무	286	508	751	370	662	972	356	659	887
	유	304	533	755	352	578	930	370	662	972
D	무	230	417	660	265	495	708	252	540	737
	유	223	411	594	243	430	660	265	495	708

[0072] 표 1에 나타난 바와 같이, 비자성체 소재의 슬리브는 자기장 생성부에서 발생한 자기장에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 즉 비자성 소재의 슬리브는 자기장 생성부에서 형성한 자기장 세기의 감소나 자기장의 변형을 일으키지 않고, 슬리브 내의 용탕에 자기장을 전달할 수 있다는 것을 보여준다.

[0073] **결과 4 - 인가한 자기장 크기에 따른 용탕의 냉각속도**

- [0074] 도 12는 인가한 자기장 크기에 따른 용탕의 냉각속도와 냉각속도의 편차를 나타낸 그래프로써, 실험에 8의 결과이다.
- [0075] 도 12를 참조하면, 자기장을 인가한 후 자기장의 세기가 커질수록 용탕의 위치별 냉각속도 온도 편차는 줄어들어 나타났으며, 이는 인가한 자기장의 세기가 커질수록 용탕의 온도 분포가 균일해짐을 보여준다.
- [0076] 도 7의  $\alpha$  지점은 도 9의 (C)에 해당하며, 도 7의  $\beta$  지점은 도 10의 (C)에 해당하는 것으로, 해당하는 도 9 및 도 10의 자기장의 범위는 500 내지 1000 Gauss, 도 12의 냉각속도의 범위는 2.8 내지 3.3°C/min, 냉각속도의 편차는 0.01 내지 0.12의 범위로 나타났다.
- [0077] 도 7의  $\alpha$  지점과  $\beta$  지점의 주변 영역을 확대하면 도 9 및 도 10의 (b) 내지 (d)에 해당하는 것이라 할 수 있다. 따라서, 결과 4의 내용과 도 9 및 도 10과 비교하면, 대칭되는 전자석 한 쌍 또는 비인접한 전자석 한 쌍이 원주방향으로 순차적으로 자기장을 생성하는 경우, 인가한 전류에 비해 가장 효과적으로 500 내지 1000 Gauss의 자기장을 형성한 것으로 볼 수 있다. 또한, 생성된 자기장 500 내지 1000 Gauss의 범위를 역으로 고려해 볼 때, 인가하는 전류의 범위는 80 내지 120A인 경우이다.
- [0078] 따라서 모든 결과를 종합해 볼 때, 대칭되는 전자석 한 쌍 또는 비인접한 전자석 한 쌍이 원주방향으로 순차적으로 자기장을 생성하거나, 500 내지 1000 Gauss의 범위로 자기장을 인가하거나, 인가하는 전류의 범위는 80 내지 120A인 경우, 인가한 전류에 비해 효과적인 자기장이 발생할 수 있으며, 용탕의 온도 분포가 균일해지며, 반응고 용탕의 진동 교반을 효과적으로 수행하는 것으로 볼 수 있다.
- [0079] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

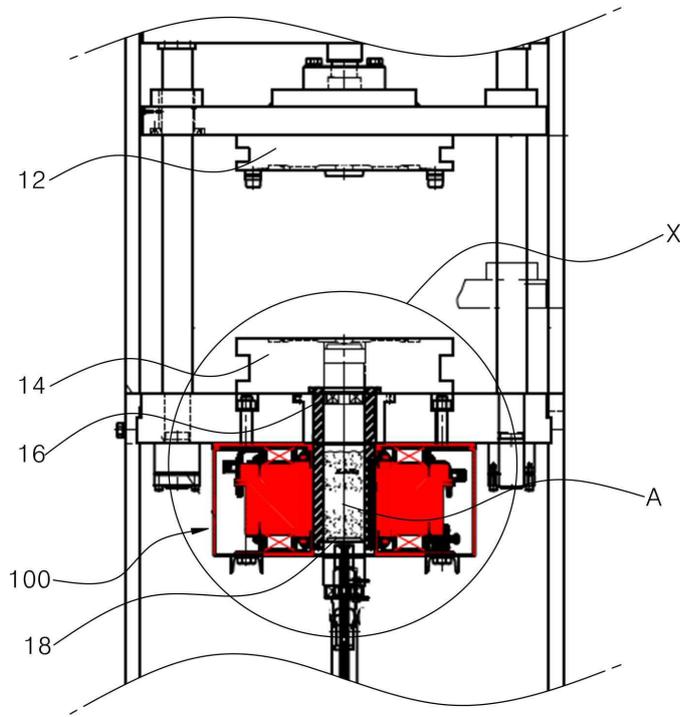
**부호의 설명**

- [0080] 10; 반응고 고압 구조설비
- 12; 상부 금형
- 14; 하부 금형
- 16; 슬리브
- 18; 플런저
- 100; 전자기 진동 교반장치
- 110; 케이스
- 120; 자기장 생성부

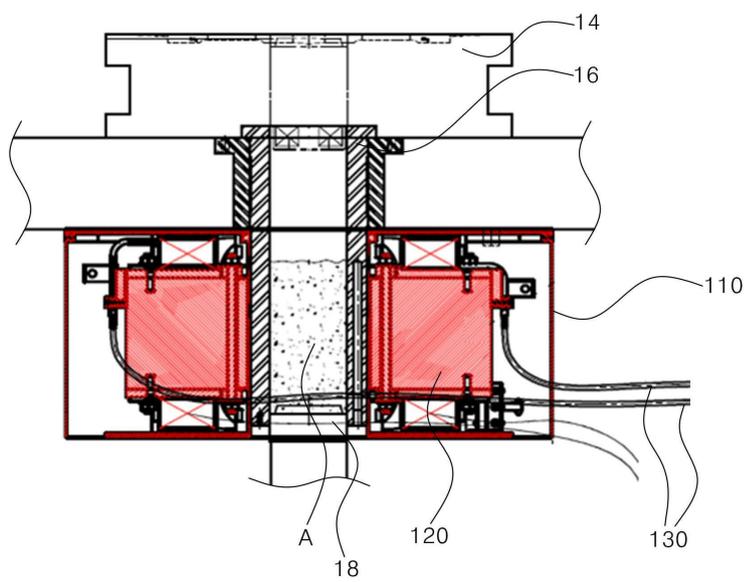
도면

도면1

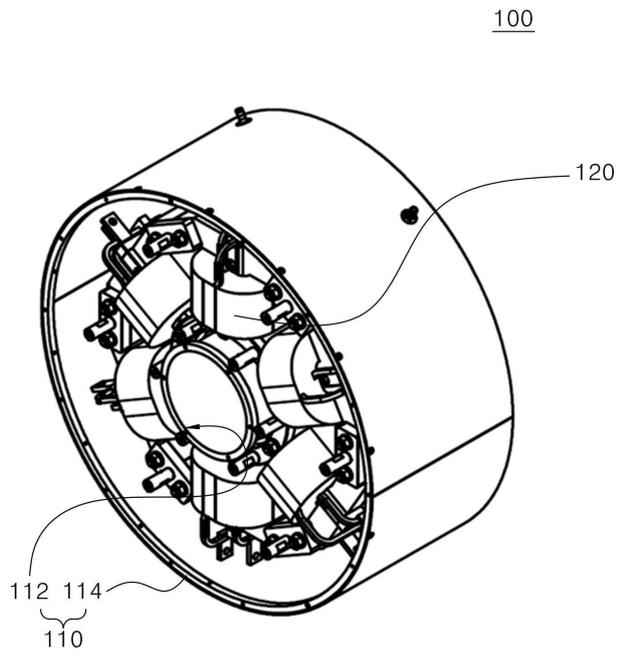
10



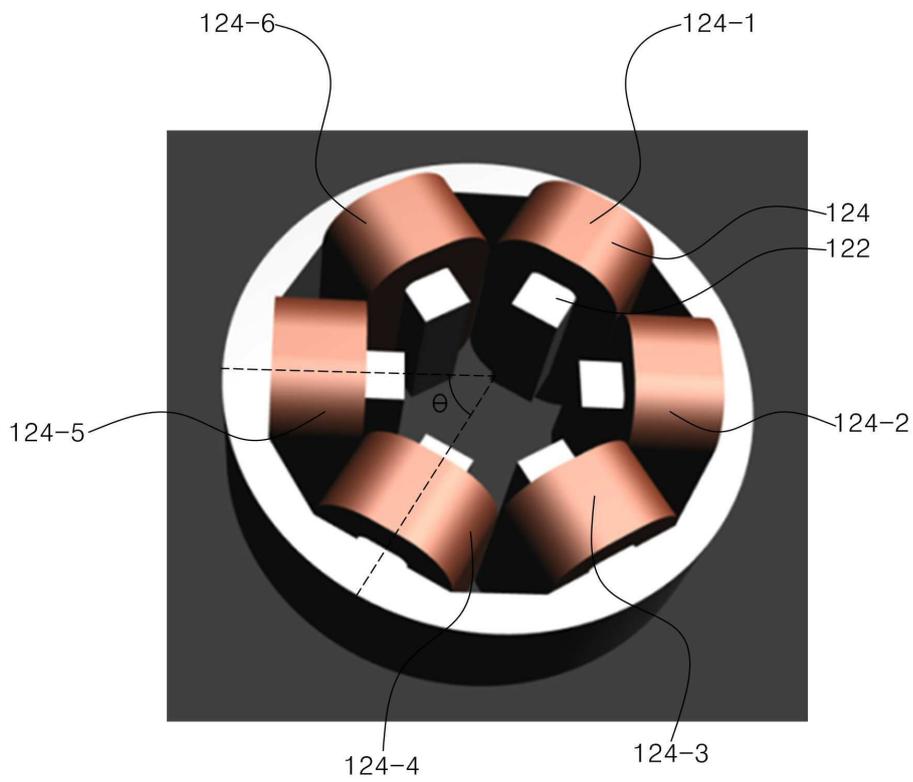
도면2



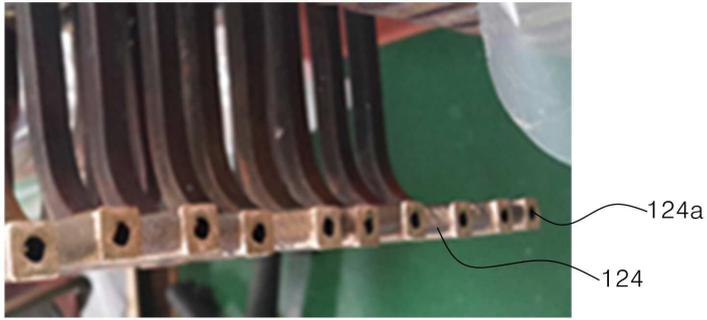
도면3



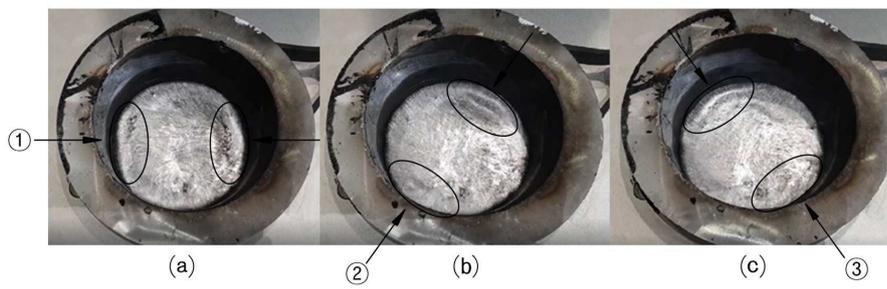
도면4



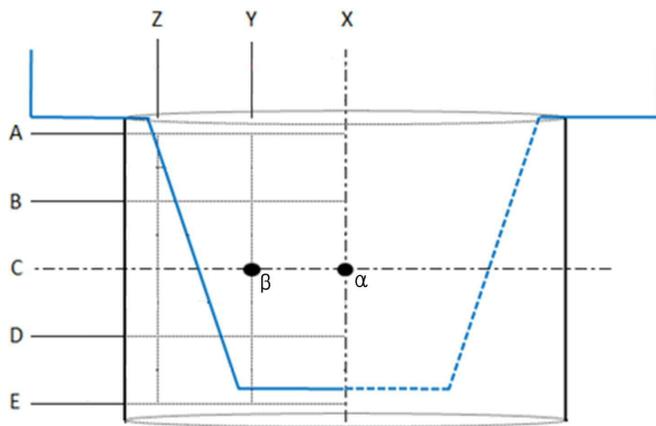
도면5



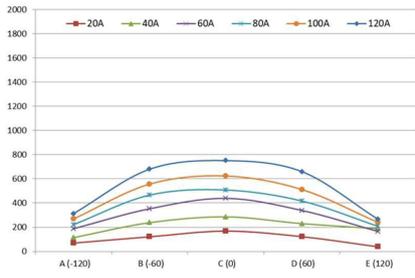
도면6



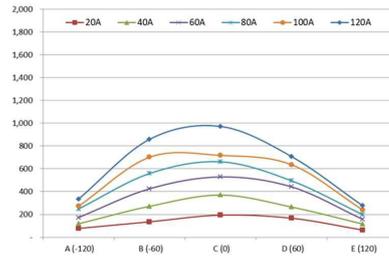
도면7



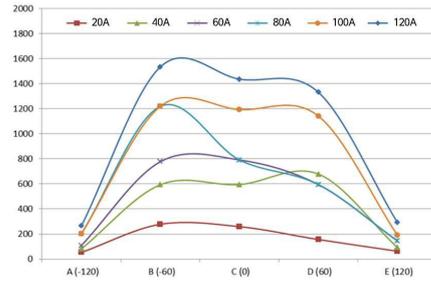
도면8



(a)

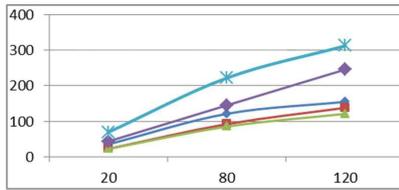


(b)

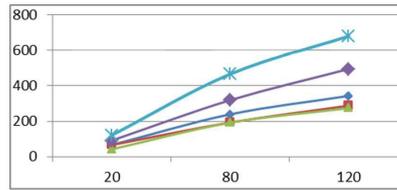


(c)

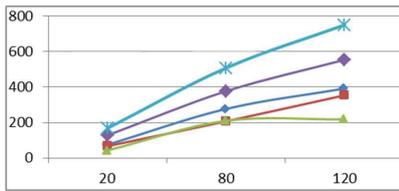
도면9



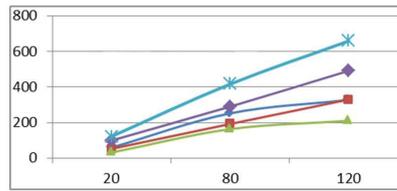
(a)



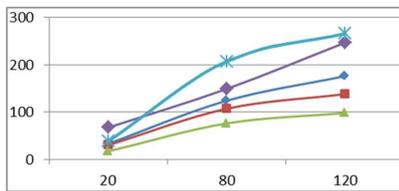
(b)



(c)



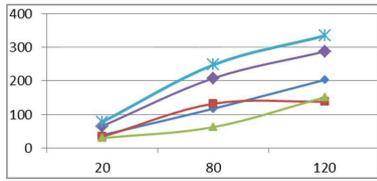
(d)



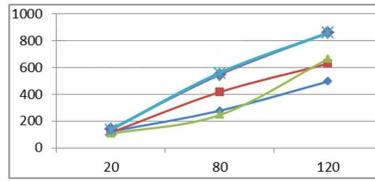
(e)

- ◆ 개별극 단독인가
- ▲ 인접극 동시인가
- \* 대칭극 동시인가
- 개별극 단독인가(랜덤)
- ◆ 비인접극 동시인가

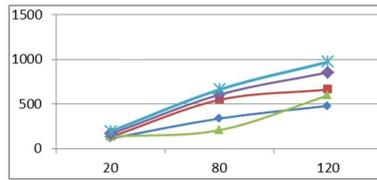
도면10



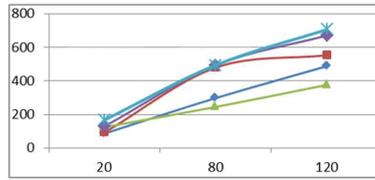
(a)



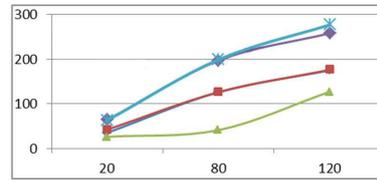
(b)



(c)



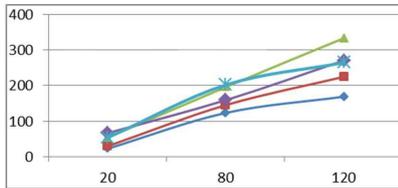
(d)



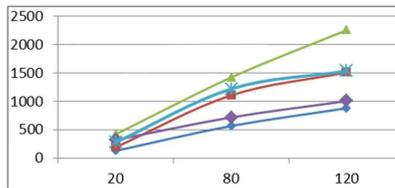
(e)

- ◆ 개별극 단독인가
- ▲ 인접극 동시인가
- ✱ 대칭극 동시인가
- 개별극 단독인가(랜덤)
- ◆ 비인접극 동시인가

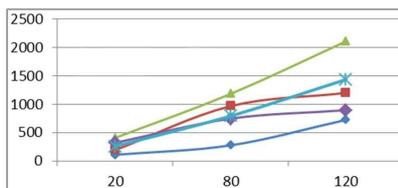
도면11



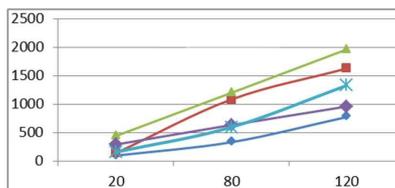
(a)



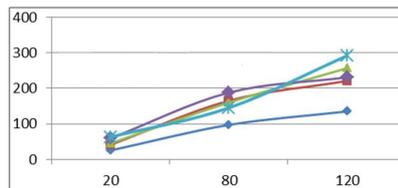
(b)



(c)



(d)



(e)

- ◆ 개별극 단독인가
- ▲ 인접극 동시인가
- ✱ 대칭극 동시인가
- 개별극 단독인가(랜덤)
- ◆ 비인접극 동시인가

도면12

