(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[8]
C21D 7/13 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년02월08일
(11) 등록번호 10-0550702
(24) 등록일자 2006년02월02일

(21) 출원번호 10-2000-0040427
(22) 출원일자 2000년07월14일

(65) 공개번호 10-2001-0039718
(43) 공개일자 2001년05월15일

(30) 우선권주장 09426306 1999년10월25일 미국(US)

(73) 특허권자 제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자 탐부사무엘브이
미국뉴욕주12110라탐유티카애비뉴41

양링
미국뉴욕주12309니스카유나힐크레스트빌리지이스트95

(74) 대리인 김창세
장성구

심사관 : 이한욱

(54) 가스 터빈 부품의 단조 방법

요약

본 발명은 부품이 이상 결정 성장을 나타내지 않도록 718 합금 재료의 대형 부품을 단조하는 방법에 있어서,

a) ASTM 0 내지 ASTM 3인 평균 입경을 갖는 강편(14)을 제공하는 단계와,

b) 강편(14)을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 가열하는 단계와,

c) 부품의 적어도 선택된 영역에서 최소 0.125 변형을 갖는 부품(24)을 달성하도록 강편(14)을 업셋하는 단계와,

d) 부품(24)을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 재가열하는 단계와,

e) 선택된 영역이 0.01 내지 0.125의 변형을 허용하지 않도록 최종 형상으로 부품(24)을 업셋하는 단계와,

f) 1725°F 내지 1750°F의 온도로 부품(24)을 용체화 처리(solution treating))하는 단계와,

g) 사전결정된 시간에 걸쳐 다른 온도로 부품(24)을 시효 처리하는 단계를 포함하는 단조 방법을 제공한다.

변형된 방법이 소망 부품의 선택 영역에서 이상 결정 성장을 달성한다.

대표도

도 5

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 718 합금 부품내 이상 결정 성장의 증거를 나타내는 포토마이크로 그래프,

도 2는 본 발명의 전개부에 사용된 소형 시편의 단면 형상을 도시하는 단면도,

도 3은 기준으로 사용되는 변형 외곽선 및 측정치를 나타내는 시편의 모델,

도 4는 종래의 방법에 의해서 단조된 부품의 모델,

도 5는 본 발명에 따른 방법에 의해서 단조된 부품의 모델.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

12 : 미니탭 14 : 강편

16 : 노치 18, 20 : 숄더

22, 24 : 단조 부품

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 대형 육상용 가스 터빈에 사용되는 단조품에 관한 것으로, 특히 이상 결정 성장으로 알려진 문제가 발생하기 쉬운 대형 718 합금 단조품(Alloy 718 forging) 에 관한 것이다.

718 합금의 단조는 강편을 가열하는 단계와, 이것을 하나 이상의 단계[또는 업셋(upset) 이라함]에서 최종 소망 형상으로 단조하는 단계를 포함한다. 강편은 각각의 업셋 전에 재가열되어야 한다. 단조후, 성형 부품은 고온(1700°F 내지 1825°F)에서 용체화 처리되며(solution treated), 그 후 저온(1325°F 내지 1150°F)에서 시효 처리(aging)되어 강화된다. 어떤 프로세스하에서, 718 합금 단조품은 용체화 온도(solution temperature)로 가열될 때 이상 결정 성장한다. 이것은 소형 단조품에 대해서는 그다지 심각한 문제가 아니지만(후술함), 본 발명의 목적을 위한 10,000 파운드 이상의 중량을 갖는 대형 단조품에 대해서는 심각한 문제가 된다.

또한 2차 결정 성장 또는 임계 결정 성장으로도 칭해지는 이상 결정 성장은 재료에 있어서 몇개의 결정이 인접한 결정에 비해 매우 큰 크기로 성장할 때 야기된다. 이러한 이상 결정 성장의 발생은 재료의 기계적 특성을 변화시킨다. 특히, 이상 결정 성장은 재료의 피로 저항 및 내력을 저하시킬 뿐만 아니라, 초음파 테스팅에 의해서 미소 결점을 검출하는 능력을 손상시킨다. 그러나, 이상 결정 성장은 고온에서 크리프 강도를 향상시키므로 어떤 경우에는 바람직할 수도 있다.

718 합금 단조품의 이상 결정 성장 발달 가능성은 이미 알려져 있다. 718 합금에서 이상 결정 성장 및 이상 결정 성장을 촉진하는 조건을 개시하는 종래의 문헌으로서는, 1997년 미네럴, 금속 및 재료 학회의 제이 에프 어지넷(J. F. Uginet) 및 비 피라지(B. Pieraggi)에 의한 "718 합금의 2차 결정 성장 연구"를 들 수 있다. 이상 결정 성장은 그 발생을 최소화하거나 또는 줄일 수 있는 공정 변형이 가능한 경우에 심각한 문제로 여겨지지 않는다. 그러나, 이들 공정 변형은 소형 단조품에서는 잘 작동하지만, 전술한 바와 같이 대형 단조품에 대해서는 그렇지 않다. 보다 상세하게는 소형 부품에서는 이하의 대책이 가능하다.

1. 저 변형(strain)을 피함(단조 단계에서 업셋량). 프레스 능력이 매번 소량의 업셋만을 허용할 수 있기 때문에, 대형 부품에서 단조 단계를 수행할 때 약간의 어려움이 있다.

2. 고 변형 속도(상부 다이가 이동하는 속도와 관계됨)를 사용함. 변형 속도를 높이면 프레스 하중을 높일 필요가 있고, 그러한 프레스 하중은 세계 최대 의 프레스의 능력을 초과하기 때문에, 이것도 매우 대형의 부품에서는 사용할 수 없다.

3. 용체화 처리를 피하고 대신 직접 시효 처리함. 이것은 단조 완료 후 공기중의 냉각율이 소형 부품에 대해서 충분히 용체화된 조직을 보증하기에 충분하기 때문에 소형 부품에 대해서는 적합할 것이다. 단조후 공기 냉각되면, 훨씬 큰 부품 중앙에서 냉각률은 매우 저속이며 완전히 용체화된 조직을 가지지 못할 것이다. 완전히 용체화된 조직이 없으면, 부품은 시효 열 처리후 고 강도를 가지지 못할 것이다. 따라서, 용체화 처리후, 부품은 완전히 용체화된 조직을 보유하도록 오일이나 수중에서 급냉되어야 한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 대형 718 합금 단조품에서 이상 결정 성장을 야기하는 특이한 가공 윈도우(processing window)의 식별단계를 포함한다. 이 윈도우를 회피함으로써, 이상 결정 성장이 제거될 수 있기 때문에, 이에 의해서 균일한 결정 조직을 갖는 대형 단조품을 얻을 수 있다. 변형예로서, 이 프로세스는 바람직한 것으로 여겨지는 선택된 영역에서의 이상 결정 성장을 허용한다.

우선, 단조 파라미터의 효과에 관한 연구가 소형 시편을 사용하여 수행되었지만, 이 프로세스는 대형 단조품의 공정을 모의 설험하도록 되었다. 이상 결정 성장이 이하의 특정 조건하에서 발생된다는 것을 관측하였다.

(a) 초기 결정 크기

(b) 단조 온도

(c) 단조 변형

(d) 단조 변형율

(e) 업셋 수

(f) 용체화 처리 온도

본 발명의 일 실시예에 있어서, 이상 결정 성장은 본 명세서에 개시된 파라미터의 범위내에서 상기 요인을 고려한 단조 프로세스에 의해서 회피될 수 있다.

본 발명의 변형예에 있어서, 단조의 임의 영역에서 이상 결정 성장을 의도적으로 형성할 필요성이 있는 경우에, 본 명세서에서 더 설명되는 바와 같이, 항목 (c)와 항목 (f)가 변경된다.

보다 상세하게는, 본 발명은 일반적으로 718 합금 재료의 대형 부품를 단조하기 위한 프로세스에 관한 것으로,

a) ASTM 0 내지 ASTM 3인 평균 입경을 갖는 강편을 제공하는 단계와,

b) 강편을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 가열하는 단계와,

c) 부품의 적어도 선택된 영역에서 최소 0.125 변형을 갖는 부품을 달성하도록 강편을 업셋하는 단계와,

d) 부품을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 재가열하는 단계와,

e) 선택된 영역이 0.01 내지 0.125의 변형을 허용하지 않도록 최종 형상으로 부품을 업셋하는 단계와,

f) 1725°F 내지 1750°F의 온도로 부품을 용체화 처리하는 단계와,

g) 사전결정된 시간에 걸쳐 다른 온도로 부품을 시효 처리하는 단계를 포함한다.

단조의 임의 영역에서 의도적으로 이상 결정 성장을 형성할 필요성이 있는 경우에, 단계 e)와 단계 f)는 이하와 같이 변경된다.

e) 소망 영역에서 0.01 내지 0.125의 변형을 의도적으로 형성하도록 부품을 최종 단조하는 단계와,

f) 부품을 1825°F 내지 1850°F의 온도에서 용체화 처리하는 단계.

본 발명에 따르면 이 방법은 종래 기술보다 장점을 가진다. 특히, 이상 결정 성장을 제거할 수 있고 특히 대형 718 합금 단조품에 대해서 균일한 결정 조직을 갖게 할 수 있는 제어 방법을 발전시킬 수 있다. 또한, 특정 특성 조건을 충족시키도록 특정 영역에서 의도적으로 이상 결정 성장하게 할 수 있는 제어 방법을 발전시킬 수 있다. 이러한 특징은 대형 및 소형 단조품 양자에서 사용될 수 있다.

발명의 구성 및 작용

도 1을 참조하면, 이상 결정 성장의 예가 200배의 배율로 포토마이크로그래프에 도시되어 있다. 특히, 이상 결정 성장의 증거가 회색 영역으로 도시되며, 이들은 참조부호(12)로 표시된다. 전술한 바와 같이, 이상 결정 성장은 재료내의 몇몇 결정이 이웃 결정과 비교하여 매우 크게 성장할 때 발생한다. 이상 결정 성장은 재료의 피로 저항 및 내력을 감소시킨다. 또한, 초음파 테스팅에 의해서 미소 결점들을 검출하는 능력이 손상된다. 한편, 이상 결정 성장에 의해서 고온에서 크리프 강도가 향상되기 때문에, 어떤 환경에서는 이러한 성장을 촉진하는 것이 바람직할 수도 있다.

본 발명에 따라 이 방법을 발전시키기 위해서, 소형 시편이 사용되었다. 테스트용으로 필요한 바와 같이 우선 시편은 도 2에 도시된 바와 같은 단면 형상을 가진다. 시편의 측면도가 도 3에 개략적으로 도시되어 있다. 도 3의 시편은 통상의 변형 외곽선을 갖는 것으로 도시되어 있으며, 각각 표시된 영역의 변형이 도면에 인접하여 나타나 있다.

본 발명에 따라 전개된 방법은 이하 테스트 양생법에 기초한다.

소형 시편 또는 강편(14)은 ASTM 4 내지 5 및 ASTM 8 내지 10의 입경을 갖는 718 합금 단조 재료이다. 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 시편의 특정 기하형상은 동일 시편에서 발생할 수 있는 다른 레벨의 변형을 허용하므로 시편의 수를 최소화한다.

테스트 방법론은 서보 유압 테스팅 장치에 행해진 소형 업셋을 포함한다. 강편(14)과 단조 다이는 모두 테스팅 온도로 가열 및 유지된다. 즉, 등온 과정이다. 단조 공정의 유한 요소 모델링은 상품명 DEFORM을 사용하여 행해진다.

이하 파라미터가 이상 결정 성장의 존재여부의 요인으로서 처음에 고려된다:

(1) 개시 입경

(2) 단조 변형

(3) 업셋 수

(4) 업셋 동안 재가열 시간

(5) 용체화 처리 시간

(6) 냉각율

(7) 단조 온도

(8) 단조 변형율

(9) 용체화 처리 온도

테스트 결과의 예비 연구는 이하처럼 나타난다.

(1) 이상 결정 성장은 입경이 ASTM 8 보다 크면 발생하지 않는다.

(2) 업셋의 수는 충분한 효과를 가지지 않는다.

(3) 재가열 시간은 단조 제품의 크기에 의해서 제어된다. 대형 부품의 재가열 시간이 더 길다.

(4) 용체화 처리 시간은 부품의 크기에 의해서 제어된다.

(5) 용체화 처리 온도로부터 냉각율이 또한 부품의 크기에 의해서 제어된다.

실험의 세부 디자인(DOE) 연구가 이하의 메트릭스를 기초로 도 2에 도시된 바와 같이 8개의 소형 시편을 사용하여 나머지 인자에 대하여 시행되었다.

단조 온도(°F) 변형율 용체화 온도(°F)

1 1775 0.01 1725

2 1775 0.01 1760

3 1775 0.03 1725

4 1775 0.03 1760

5 1800 0.01 1725

6 1800 0.01 1760

7 1800 0.03 1725

8 1800 0.03 1760

시편은 미세구조 분석을 위해서 업셋 실험후 절단된다. 이상 결정 성장이 저 변형 영역에 있다는 것이 관찰되지만, 변형이 어떤 레벨에 도달할 경우, 이상 결정 성장이 사라진다. 이상 결정 성장의 위치가 기록되고 어떤 위치의 변형 레벨이 상업적인 단조 모델링 소프트 웨어 DEFORM 2D에 의해서 계산된다. 각각의 시편의 최고 변형값(Hstrain)이 특정 시편의 이상 결정 성장량을 나타낸다. 통계 소프트웨어 미니탭(Minitab) 12를 실행함으로써, 단조 온도의 하강 및 용처화 열 처리 온도의 하강은 Hstrain을 감소시킬 수 있고, 따라서 비정성 결정 성장 가능성을 감소시킬 수 있지만, 변형율이 Hstrain에 거의 영향을 주지 못하므로 발생된 이상 결정 성장량에도 거의 영향을 주지 못하게 결정할 수 있었다.

실제 사이즈의 단조품의 최종 단조 단계의 광범위한 모델링을 실시하였다. 이상 결정 성장의 증거를 갖는 단조품이 절단되었고 그 위치는 소형 시편의 온도/변형/변형율의 이력과 관련있다. 이 관계가 달성된 후, 이상 결정 성장을 회피할 수 있는 공정을 설계할 수 있었다. 또한, 용체화 처리 온도는 1725°F로 감소되었다.

도 4 및 도 5에 단조 부품(22, 24)의 비교예가 도시되며, 저 변형 영역의 감소 및 이에 따른 이상 결정 성장의 감소가 본 발명의 방법에 따라 달성된다. 도 4 및 도 5를 살펴보면, 부품(22, 24)은 각각 이중 원추 형상을 가지며, 노치(16)와, 환상 단차부 또는 숄더(18, 20)를 갖는다. 부품(22, 24)은 각기 종래의 방법과 본 발명에 따른 방법에 의해서 제조된 부품이다. 도 4에서 부품(22)은 이상 결정 성장하는 경향이 있는 저 변형 영역이 비교적 넓다. 반면에, 도 5의 샘플(24)은 비교적 제한된 저 변형 영역을 도시한다. 이 저 변형 영역은 연속 기계가공에 의해서 제거되므로 이상 결정 성장 가능성이 제거된다.

전술한 테스트 결과에 기초하여, 이상 결정 성장을 회피하기 위해서 이하 방법이 채용되었다.

a) 평균 결정 크기 ASTM 0 내지 ASTM 3의 강편으로부터 시작.

b) 1750°F 내지 1800°F의 온도에서 부품을 가열.

c) 각각의 업셋에 대해서 부품의 모든 영역에서 0.125 최소 변형을 얻도록 부품을 업셋 단조; 이에 의해서 부품을 ASTM 6 내지 8의 미세 결정 크기로 재결정.

d) 1750°F 내지 1800°F의 온도에서 부품을 재가열.

e) (필요한 경우) 각각의 업셋에 대해서 부품의 모든 영역에서 0.125 최소 변형을 얻도록 재 업셋 단조.

f) [단계 e)가 수행되는 경우] 1750°F 내지 1800°F의 온도에서 부품을 재가열.

g) 단조 영역이 0.01 내지 0.125의 변형을 허용하지 않도록 부품을 최종 단조. 이상 결정 성장을 야기하기 쉽게 이 단계에서 단조품을 재가열 또는 재충돌시키지 않는다.

h) 1725°F 내지 1750°F의 저온에서 부품을 용체화 처리.

i) 부품을 1325°F에서 8 시간동안 시효 처리하고 이어서 다시 한번 1150°F에서 8 시간동안 시효 처리(이것이 718 합금에 대한 표준 실시임).

상기 방법에 따르면, 이상 결정 성장이 부품의 모든 영역으로부터 제거될 수 있다.
단조품의 임의 영역에서 이상 결정 성장을 의도적으로 형성할 필요가 있는 경우에, 단계 g)와 단계 h)가 하기와 같이 변화된다.

g) 최종 영역에서 0.01 내지 0.125의 변형을 의도적으로 형성하도록 부품을 최종 단조함.

h) 1825°F 내지 1850°F에서 부품을 용체화 처리.

이와 같이, 부품은 이상 결정 성장이 없는 영역 뿐만 아니라 이상 결정 성장이 있지만 고온에서 크리프 저항력이 향상되는 영역을 형성하도록 선택적으로 단조될 수 있다.

또 다른 변형예에 있어서, 단계 a)에서 강편의 시작 결정 크기가 ASTM 8 내지 10이면, 단계 b)와 단계 c)가 제거될 수 있으며, 단계 d)가 연속될 수 있다.

본 발명은 가장 실제적이고 바람직한 실시예로 여겨지는 것과 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 실시예에 제한되지 않고 반대로, 청구범위의 정신과 범위내에 포함된 다양한 변형예 및 균등예를 포함하는 것으로 의도된다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 이상 결정 성장을 제거할 수 있고 특히 대형 718 합금 단조품에 대해서 균일한 결정 조직을 갖게 할 수 있다. 또한, 비특성 조건을 충족시키는 비영역에서 의도적으로 이상 결정 성장하게 할 수 있는 제어 방법을 발전시킬 수 있다.

(57) 청구의 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.

718 합금 재료로부터 적어도 10,000lbs의 중량을 갖는 가스 터빈 부품을, 이상 결정 성장을 나타내지 않도록 단조하는 방법에 있어서,

a) ASTM 0 내지 ASTM 3의 평균 입경을 갖는 강편(14)을 제공하는 단계와,

b) 강편을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 가열하는 단계와,

c) 강편을 업셋하여, 부품의 적어도 선택된 영역에서 0.125의 최소 변형을 갖는 부품(24)을 얻는 단계와,

d) 상기 부품(24)을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 재가열하는 단계와,

e) 상기 부품(24)의 어떠한 영역도 0.01 내지 0.125의 변형을 받지 않도록 최종 형상으로 상기 부품(24)을 업셋하는 단계와,

f) 1725°F 내지 1750°F의 온도에서 상기 부품의 선택된 영역을 용체화 처리하는 단계와,

g) 사전결정된 시간에 걸쳐 상이한 온도로 상기 부품(24)의 선택된 영역을 시효 처리하는 단계를 포함하는

가스 터빈 부품의 단조 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 g) 단계에서, 상기 부품(24)은 1325°F에서 8 시간동안, 1150°F에서 8 시간 동안 시효 처리되는

가스 터빈 부품의 단조 방법.

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

상기 선택된 영역에서 0.125의 최소 변형을 얻도록 상기 c) 및 d) 단계가 반복되는

가스 터빈 부품의 단조 방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

단계 e)에서 상기 부품(24)은 상기 선택된 영역에서 ASTM 6 내지 8의 미세 입경을 갖는

가스 터빈 부품의 단조 방법.

청구항 13.

부품의 선택된 영역에서 이상 결정 성장을 하지 않지만 부품의 다른 영역에서는 이상 결정 성장하도록 718 합금 재료로부터 적어도 10,000lbs의 중량을 갖는 가스 터빈 부품을 단조하는 방법에 있어서,

a) ASTM 0 내지 ASTM 3인 평균 입경을 갖는 강편(14)을 제공하는 단계와,

b) 상기 강편(14)을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 가열하는 단계와,

c) 상기 강편(14)을 업셋하여 부품의 전체의 영역에서 0.125의 최소 변형을 갖는 부품(24)을 얻는 단계와,

d) 상기 부품(24)을 1750°F 내지 1800°F의 온도로 재가열하는 단계와,

e) 상기 선택된 영역이 0.01 내지 0.125의 변형을 받지 않고 또 다른 영역이 0.01 내지 0.125의 변형을 받도록 최종 형상으로 상기 부품(24)을 업셋하는 단계와,

f) 1825°F 내지 1850°F의 온도에서 상기 부품(24)을 용체화 처리하는 단계와,

g) 사전결정된 시간에 걸쳐 상이한 온도에서 상기 부품(24)을 시효 처리하는 단계를 포함하는

가스 터빈 부품의 단조 방법.

청구항 14.

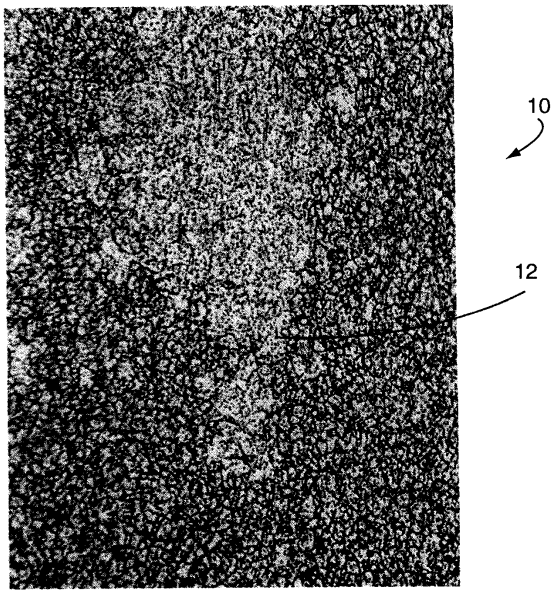
제 13 항에 있어서,

단계 g)에서, 상기 부품(24)은 1325°F에서 8 시간동안, 1150°F에서 8 시간 동안 시효 처리되는

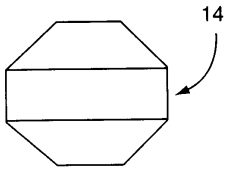
가스 터빈 부품의 단조 방법.

도면

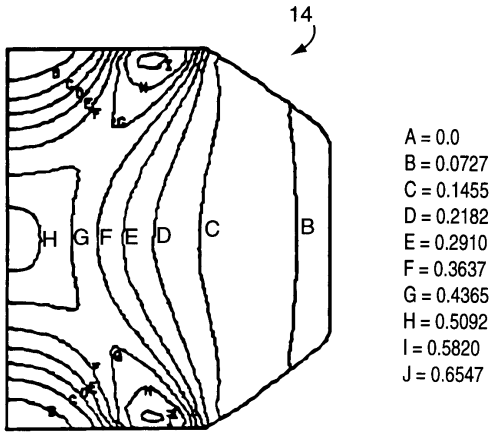
도면1


10
12

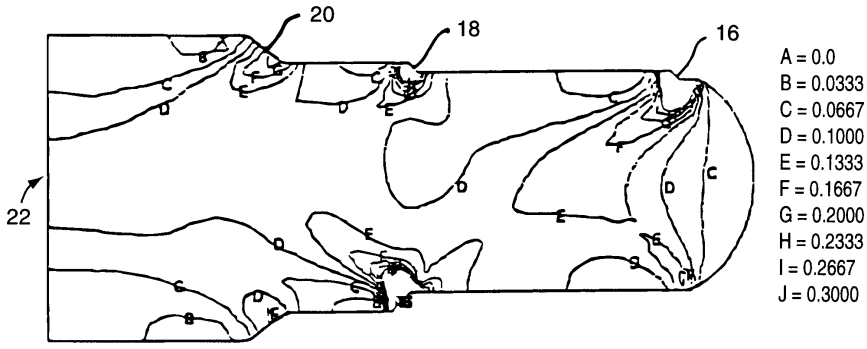
도면2


14

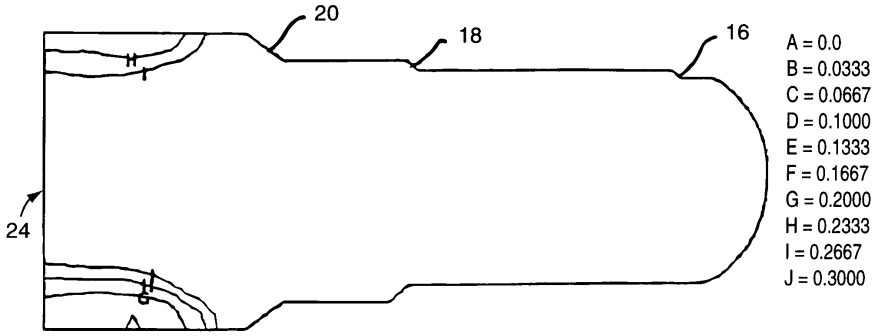
도면3


14
H
G
F
E
D
C
B
A = 0.0
B = 0.0727
C = 0.1455
D = 0.2182
E = 0.2910
F = 0.3637
G = 0.4365
H = 0.5092
I = 0.5820
J = 0.6547

도면4


20
18
16
22
A = 0.0
B = 0.0333
C = 0.0667
D = 0.1000
E = 0.1333
F = 0.1667
G = 0.2000
H = 0.2333
I = 0.2667
J = 0.3000

도면5


20
18
16
24
A = 0.0
B = 0.0333
C = 0.0667
D = 0.1000
E = 0.1333
F = 0.1667
G = 0.2000
H = 0.2333
I = 0.2667
J = 0.3000