(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0024367
(43) 공개일자 2013년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B27N 1/00 (2006.01) *B27N 3/28* (2006.01)
B29C 47/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0087776
(22) 출원일자 2011년08월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이기윤
대전광역시 유성구 가정로 65, 110동 806호 (신성동, 대림두레아파트)
이용현
대전광역시 중구 목중로35번길 12-2, 우석하이츠 103호 (목동)
(74) 대리인
김종관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **고분자수지 복합체의 연속 압출 방법**

(57) 요 약

본 발명은 a) 목분과 고분자수지의 복합체 및 첨가제를 압출기에 투입하는 단계; b) 상기 혼합물을 용융하며 고분자복합체 용융물을 다이로 이송하는 단계; c) 상기 다이의 내부로 고분자복합체 용융물의 표면에 윤활 작용을 하는 오일 코팅제를 주입하여 상기 고분자복합체 용융물의 표면을 코팅하면서 다이로부터 압출하여 성형체를 제조하는 단계; 를 포함하는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

a) 목분과 고분자수지의 복합체를 압출기에 투입하는 단계;

b) 상기 혼합물을 용융하며 고분자복합체 용융물을 다이로 이송하는 단계;

c) 상기 다이의 내부로 고분자복합체 용융물의 표면에 윤활 작용을 하는 오일 코팅제를 주입하여 상기 고분자복합체 용융물의 표면을 코팅하면서 다이로부터 압출하여 성형체를 제조하는 단계;

를 포함하는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 a)단계에서 첨가제로 발포제, 산화아연, 스테아릭산 및 탈크에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물을 더 포함하는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 오일 코팅제의 점도는 500 PaS 이하인 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 오일 코팅제는 물, 실리콘오일, 에틸렌글리콜, 카놀라유, 올리고머 또는 합성오일에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물인 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 다이의 온도범위는 결정성고분자인 경우 하기 식 1을 만족하고, 무결정성 고분자인 경우 하기 식 2를 만족하는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

[식 1]

T_m+10℃ ≤ P_T ≤ T_m+300℃

[식 2]

T_g℃+50 ≤ P_T ≤ T_g+350℃ 이다.

(상기 식 1 및 식 2에서 P_T는 다이에서 고분자복합체 용융물의 온도이며, T_m은 결정성 고분자 수지의 용융온도를 의미하고, T_g는 무결정성 고분자 수지의 유리전이온도를 의미한다.)

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 결정성 고분자 수지는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리비닐 아세테이트공중합체 및 이들의 공중합체 또는 블렌드물에서 선택되고, 무결정성 고분자 수지는 폴리염화비닐, 폴리스타이렌, 및 이들의 공중합체 또는 블렌드물에서 선택되는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 목분과 고분자수지의 복합체(wood-polymer composites, 이하 WPC로 명기함)의 연속적인 압출 생산 공정에서 고분자의 표면에 윤활 작용을 하는 유무기 물질, 즉 오일을 주입하여 다이에 부하되는 압력을 현저히 낮춤으로써 생산 공정의 원활화와 압출 생산 속도를 증가시키는 방법에 관한 것이다. 이때에 WPC의 용융체와 다이 내부의 금속면 사이에 오일이 코팅되면서 압력저하가 연속적으로 가능하도록 한 연속압출방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고분자와 목분을 혼합하여 용융압출을 하는 경우 압출 작업 시 다이내의 압력이 매우 높아져서 압출속도를 저하시킨다. 따라서 낮은 생산속도가 생산성 저하를 가져오고 제품 가격을 정하는 큰 요소로 작용하고 있다.

[0003] 본 출원인은 우리나라 등록특허 제10-1016386호 “인조 목재 복합재 및 이의 제조방법” 건에 대해 출원하여 등록된 바 있으며, 상기 선행발명에는 인조목재 복합재를 제조하는 방법에 대해서 기재되어 있으나, 연속적으로 용융압출하기 위해서는 압출기의 압출 부하를 낮춰야 하였으며, 따라서 연속적으로 용융압출하는 방법에 대한 연구를 한 결과 본 발명에 이르게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 우리나라 등록특허 제10-1016386호(2011.02.14)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 고분자복합체 용융물과 다이 내부의 금속면 사이에 오일이 코팅되어 압출압력을 낮춰 압출속도를 향상시키고 고분자복합체 용융물이 쉽게 압출되도록 하는 고분자복합체 용융물의 새로운 연속 압출방법을 제공하고자 한다.

[0006] 본 발명은 점도가 매우 높은 고분자복합체 용융물의 압출이 가능하도록 하며, 저압 압출이 가능하도록 하기 위한 것으로, 코팅 역할을 하는 오일을 다이에 주입하여 압출물의 표면이 코팅되도록 함으로써, 압출압력을 낮춰 고분자복합체 용융물이 쉽게 압출되도록 하는 새로운 연속 압출방법을 제공하고자 한다.

[0007] 또한 오일의 온도를 적절히 조절하여 냉각과정의 시간을 단축시켜 생산성을 향상시킬 수 있는 연속 압출방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 다이에 주입되는 오일이 다이에서 고분자복합체 용융물을 코팅하여 압출압력을 감소시켜 압출속도를 향상시킬 뿐만 아니라 오일의 온도를 적절히 조절하여 냉각속도를 높여 냉각과정의 시간을 단축시킴으로써 생산성을 증대할 수 있는 방법에 그 특징이 있다.

[0009] 보다 구체적으로 본 발명은 고분자 수지의 연속 압출방법에 있어서,

[0010] a) 목분과 고분자수지의 복합체를 압출기에 투입하는 단계;

[0011] b) 상기 혼합물을 용융하며 고분자복합체 용융물을 다이로 이송하는 단계;

[0012] c) 상기 다이의 내부로 고분자복합체 용융물의 표면에 윤활 작용을 하는 오일 코팅제를 주입하여 상기 고분자복합체 용융물의 표면을 코팅하면서 다이로부터 압출하여 성형체를 제조하는 단계;

[0013] 를 포함하는 목분과 고분자수지의 복합체의 연속 압출방법에 관한 것이다.

[0014] 이하 본 발명에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0015] 본 발명에서 상기 목분과 고분자수지의 복합체(wood-polymer composites, WPC)는 상기 목분이 고분자수지 내에 분산된 형태의 조성물을 의미하며, 1차적으로 펠렛 형태이며 추후 제품의 형태로 가공 성형된다.

[0016] 본 발명에서 상기 고분자는 종류가 서로 다른 1종 이상의 고분자 블렌드 또는 고분자 수지와 첨가제의 혼합물을 사용할 수 있다. 압출 공정과 그 이외의 연속 공정에 사용되는 모든 고분자가 사용될 수 있다.

[0017] 구체적으로 상기 고분자 수지는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐, 폴리스타이렌, 폴리비닐 아세테이트 공중합체 및 이들의 공중합체 또는 블렌드물을 사용할 수 있다.

[0018] 본 발명에서 목분은 칩, 셰이빙 및 톱밥과 같은 재활용 물질을 미세한 가루의 형태로 파쇄시켜 만들어진 것을 의미한다. 상기 목분의 파티클 크기는 30 ~ 120메쉬의 범위인 것을 사용하는 것이 바람직하며, 함수율이 4%미만, 구체적으로 1 ~ 4%인 것을 사용한다. 만약에 함수율이 4% 를 초과하면, 기계적물성과 생산성에 치명적인 저하를 초래하는 원인이 된다.

[0019] 본 발명에서 상기 오일 코팅제는 점도가 500 PaS(=약 $50^{5}mm^{2}/s$) 이하인 유기물 또는 무기물을 오일코팅제로 사용하는 것이 바람직하다. 오일 코팅제의 점도가 500 PaS를 초과하는 경우는 특이한 경우에 고분자복합체 용융물의 용융점도보다 높아 오일 코팅제가 고분자 유체와 다이표면 사이를 흐르지 못하고 유체의 중심부로 이동하려는 경향이 있기 때문이다. 보다 구체적으로는 오일 코팅제의 점도는 100 PaS 이하인 범위가 바람직하다.

[0020] 상기 오일 코팅제는 구체적으로 예를 들면, 물, 실리콘오일, 에틸렌글리콜, 카놀라유, 올리고머 또는 합성오일 등을 사용할 수 있다. 또한 증점제를 혼합하여 점도를 조절할 수 있다.

[0021] 본 발명에서의 구체적인 일예로써, 상기 고분자 수지로는 폴리올레핀을 사용할 수 있으며, 용융온도(T_m)는 130 ~ 170℃, MI는 0.1 ~ 50, 비중이 0.8 ~ 1.0인 폴리프로필렌 수지나 폴리에틸렌 수지 또는 그 유도체 및 그의 혼합물을 사용하는 것이 압출가공성이 우수하고 오일 코팅제를 주입하기에 바람직하다. 그 유도체로는 염소화 폴리에틸렌 또는 염소화 프로필렌이 사용될 수 있다.

[0022] 본 발명은 필요에 따라 상기 a)단계에서 첨가제를 더 추가할 수 있다. 상기 첨가제는 통상적으로 용융압출 공정에서 첨가되거나, 고분자 수지의 물성을 향상시키기 위하여 사용되는 첨가제를 의미하는 것으로 그 종류는 한정되지 않으나, 구체적으로 예를 들면, 발포제, 산화아연, 스테아릭산 및 탈크에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물을 사용할 수 있다.

[0023] 본 발명에서 상기 수지조성물을 압출기에서 연속작업 시 용융 혼련되며, 이 과정에서 첨가제와 폴리프로필렌계 수지가 균일하게 혼합이 되며, 이때 압출기에서 스크류 회전 속도는 10 ~ 50 rpm, 압출량은 0.1 ~ 1.2 Kg/h인 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명은 상기 압출물인 고분자복합체 용융물 보다 점도가 낮고 고분자복합체 용융물에 용해되지 않는 용매(poor solvent)인 오일을 코팅하여 종래의 목분과 고분자수지의 복합체의 압출압력보다 낮은 압력에서 다이를 통하여 높은 생산성으로 압출 제조하는데 특징이 있다.

[0025] 본 발명에서 상기 다이의 온도범위는 결정성고분자인 경우 하기 식 1을 만족하고, 무결정성 고분자인 경우 하기 식 2를 만족하는 것이 바람직하다.

[0026] [식 1]

[0027] T_m+10℃ ≤ P_T ≤ T_m+300℃

[0028] [식 2]

[0029] T_g℃+50 ≤ P_T ≤ T_g+350℃ 이다.

[0030] (상기 식 1 및 식 2에서 P_T는 다이에서 고분자복합체 용융물의 온도이며, T_m은 결정성 고분자 수지의 용융온도를 의미하고, T_g는 무결정성 고분자 수지의 유리전이온도를 의미한다.)

[0031] 상기 결정성 고분자 수지는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리비닐 아세테이트공중합체 및 이들의 공중합체 또는 블렌드물에서 선택되고, 무결정성 고분자 수지는 폴리염화비닐, 폴리스타이렌, 및 이들의 공중합체 또는 블렌드물에서 선택된다.

[0032] 보다 구체적으로 상기 다이에서의 고분자복합체 용융물의 점도가 매우 높으므로 압력이 상승되어 생산성향상을 저해하므로 오일의 주입 및 코팅에 의해 고분자복합체 용융물의 연속 압출 작업을 보다 쉽게 하여 생산 속도를 향상시킬 수 있게 된다. 온도조건은 결정성 고분자의 경우는 용융온도 T_m, 무정형 고분자의 경우는 유리전이온도

T_g 보다 50 ~ 150 ℃ 높은 온도이다. 따라서 본 발명은 고분자 수지의 용융 수지의 높은 점도가 예상되는 온도 T_m으로부터 T_m+300℃까지의 범위에서도 연속압출이 가능하다.

[0033] 본 발명은 기존의 일반적인 WPC 압출 공정에서 다이에서의 압력은 일반적으로 약 100 bar ~ 3,000 bar로 측정되는데 오일을 주입하므로 이를 약 50 bar 이하로 낮출 수 있다. 기존의 WPC 연속 압출 공정에서 고압의 조건에서 작업되던 것을 낮은 압력인 약 50 bar 이하의 압력에서도 연속 압출 공정 작업이 가능하게 하였다는 것에 의미가 있다. 기존의 방식으로는 압출기내의 WPC 용융체 내부의 압력을 높은 압력 이상으로 유지해야 하므로 복합체의 제조 생산 속도에 한계가 있을 수밖에 없다.

[0034] 본 발명자는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 연구한 결과, 저 점도의 오일 코팅물을 다이에 주입하여 줌으로써 고분자 복합체의 용융 수지의 점도가 매우 높거나 고압에서 압출해야하나 고분자복합체 용융물의 압출 표면에 오일이 코팅되는 새로운 방법을 통하여 압출함으로써 이러한 문제점을 해소하고, 저압에서 고점도 복합체의 성형체를 높은 생산성으로 압출 제조할 수 있음을 발견하게 되어 본 발명을 완성하였다.

[0035] 본 발명에서 상기 오일 코팅제는 압출 가공 시 고분자복합체 용융물에 비하여 점도가 적은 물질을 사용하는 것이 바람직하며, 압출 작업 시 폴리프로필렌의 경우 100 s^{-1} 전단속도에서 점도가 약 300 Pa · s 이므로, 그 이하가 되는 오일이라면 제한되지 않는다. 보다 바람직하게는 100 PaS(=약 1.0X10^6 mm^2/s) 이하의 점도인 오일을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 보다 바람직하게는 물을 포함하여 poor solvent 이면 주입하는 오일로써 제한되지 않는다. 상기 오일로는 실리콘오일, 에틸렌글리콜, 카놀라유 등 각종 올리고머 또는 합성오일 등을 사용할 수 있으며, 물을 사용하는 경우 세척하는 후처리가 필요 없으므로 바람직하다.

발명의 효과

[0036] 본 발명에 따른 압출방법은 고점도의 고분자복합체 용융물을 저압에서도 압출이 가능하고 냉각속도를 획기적으로 상승시킬 수 있도록 한 새로운 개념의 압출공정을 제공할 수 있다.

[0037] 또한 본 발명에 따른 연속압출방법은 고점도 고분자복합체 용융물인 상태에서도 압출 작업이 가능해지며, 따라서 목분과 고분자수지 복합체의 다이 내 고압에서 저압으로 연속압출이 가능하고, 압출압력의 감소, 압출기의 토크 값의 감소로 에너지 연료비용이 절감되므로 전력 소모를 저감하고, 생산성을 증대하여 제조단가를 낮추고, 이산화탄소 발생을 저감하는 효과가 있다.

[0038] 본 발명은 기존의 고점도, 고압력의 고분자복합체 용융물를 저압에서 작업이 가능하여 연속압출 작업조건을 획기적으로 확장시킬 수 있는 방법이다.

[0039] 또한, 부수적인 효과로서 흐름의 형태가 달라자므로 다이에서의 다이 스웰 현상이 감소되어 최종 압출물의 형태에 결정하는 다이 형상에 자유도를 높일 수 있게 되었다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 일례를 들어 설명하는 바, 본 발명이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

[0041] 이하 실시 예 및 비교 예에서 연속 압출 성형공정을 위해 압출기는SMPLATEK CO., LTD의 TEK 20 Twin screw compounder를 사용 하였다. 지름이 20mm이고 L/D가 40인 이축 스크류 방식이다. 운전자 패널과 컨트롤 유닛으로 나누어져 각 장치 별로 별도의 Micro-processor를 사용하여 컨트롤 한다. 여러 개의 제어 옵션과 가장 핵심이 되는 실린더 온도의 제어 방식은 P.I.D(비례, 적분, 미분)사용으로 최상에 온도제어를 실행함으로서 더욱 정밀화 할 수 있다. 7개의 heating zone을 가지고, 각각의 heating zone은 운전자 패널을 통해 온도가 조절 된다

[0042] 압출기제원은 아래 표1과 같다.

[0043] [표 1]

압출기 제원	
Screw diameter	20 mm
L/D	40
Allowable screw toque	80 Nm
Drive motor	3.7 Kw
Machine center height	900 mm
Weight	350 kg
Through(ABS standard)	3 ~ 10 kg/hr
Shipping volume	1.93 cbm(net)

[0044]

[0045] [실시 예 1]

[0046] 연속 압출 성형공정을 위해 압출기는 SMPLATEK CO., LTD의 TEK 20 Twin screw compounder를 사용 하였다. 지름이 20mm이고 L/D가 40인 이축 스크류 방식이다. 운전자 패널과 컨트롤 유닛으로 나누어져 각 장치 별로 별도의 Micro-processor를 사용하여 컨트롤 한다. 여러 개의 제어 옵션과 가장 핵심이 되는 실린더 온도의 제어 방식은 P.I.D(비례, 적분, 미분)사용으로 최상에 온도제어를 실행함으로서 더욱 정밀화 할 수 있다. 7개의 heating zone을 가지고, 각각의 heating zone은 운전자 패널을 통해 온도가 조절 된다. 특히 7개의 온도 센서 포트(sensor port)가 있어 압출기내의 실제 압력분포나, 용융 수지의 온도를 직접 측정할 수 있다.

[0047] 목분(평균 약 80 메쉬로 분쇄하여 건조한 목분) 40 중량%와 폴리프로필렌 공중합체인 호남(주)의 SEP750(융점 131℃) 60 중량%의 혼합물을 사용하였으며, 상기 고분자수지는 수분 함량이 0.1% 미만이 되도록 건조하여 사용하였다. 연속공정으로 다이에 1개의 압력센서로 측정하였다,

[0048] 목재 분쇄물과 폴리프로필렌 수지와 첨가제가 섞인 수지조성물 원료를 호퍼에 넣고 스크류를 회전시켰다. 이때의 스크류 회전 속도는 20rpm이었고 압출량은 0.4 Kg/h 이었다.

[0049] 압출기 배럴 온도는 각각 150℃, 180℃, 180℃, 180℃, 190℃, 190℃ 로 조절하였으며, 압출기 헤드의 온도는 190 ℃로 조절하였고, 다이의 내부에서 냉각을 지속시키면서 압출되기 전에 실리콘오일(신에츠사, 제품명 : KF-96-20CS, 비중: 0.95, 점도 : 20mm^2/s(= 0.019 Pa·s, 25℃에서)을 0.03kg/h으로 주입시켜 다이를 통과하면서 압출물의 표면을 실리콘 오일이 코팅되도록 하고 이를 다이를 통하여 압출되게 하였다. 실리콘오일은 Mahr 제품의 펌프를 이용하여 다이에 주입하였으며 펌프의 흡입구에서 gear 맞물림이 풀어질 때 회전 gear의 홈에 액체가 채워진다. 이 때 gear casing 및 plate에 의해 생긴 공간에 액체가 채워지면 casing 내부원주를 따라 토출쪽으로 이동하고 토출구에서 액체는 gear 맞물림에 의해 흘러간다. 흘러간 액체는 토출구에 연결된 stainless 재질의 관을 따라서 다이에 뚫린 홈을 통해 다이 안으로 들어가게 된다. 이 때 펌프의 주입속도는 50rpm이었으며, 펌프에서 주입되는 실리콘 오일의 온도는 160℃이었다.

[0050] 펌프의 제원은 아래 표2와 같다.

[0051] [표2]

Characteristics data	
Material	N 19 - hight chromium alloyed stainless
Coating	DLC(Diamond-like Carbon)
Admissible cleaning temperature	200℃
Operating temperature	180℃
Admissible counter pressure	100 bar 1400 psi
Bores for mounting bolts	2 x ⦸ 9 mm
Intake port	G 3/8"(⦸ 9 mm)
Discharge port	G 3/8"(⦸ 9 mm)

[0052]

[0053] 이때에 다이의 끝, 즉, 다이에서의 압력은 200 bar 정도 이었으며 기존의 압력(100 ~ 2000 bar)에 비교하면 낮은 압력이었으며, 실제 오일이 주입된 후에는 20 bar를 유지하여 저압의 상태에서도 압출물을 얻을 수 있었다.

[0054] 이때 압출기 배럴 내 스크류의 압력과 토크를 측정해본 결과, 압력은 20 ~ 50 bar 이었으며 토크는 2000~3000 Ncm 정도이었으며 한 시간 동안 연속적으로 작업을 해본 결과 연속적으로 안정하게 압출물이 압출되는 것을 볼 수 있었다.

[0055] [실시 예 2]

[0056] 상기 실시 예 1에서 다이의 온도를 변화시킨 것을 제외하고는 실시 예 1과 동일하게 실험하였다.

[0057] 즉, 다이에서 배출시 압출물의 낮은 온도로 조절하기 위하여 다이의 끝, 즉, 배출되기 직전의 온도는 180℃로 조절하였다.

[0058] 이때 압출기 배럴 내 스크류의 압력을 측정해본 결과, 압력은 약 120 bar 이었으나 오일 주입 후에는 약 20 bar를 유지하였다. 한 시간 동안 연속적으로 실험해본 결과 연속적으로 안정하게 수지가 압출되는 것을 볼 수 있었다.

[0059] [실시 예 3]

[0060] 상기 실시 예 1에서 폴리올레핀계 수지로 저밀도폴리에틸렌(한화(주) LDPE 960(MI=3) 융점 114℃)과 목분(평균 약 80 메쉬로 분쇄하여 건조한 목분) 40%의 혼합물을 사용하여 수지의 종류를 변화시킨 것을 제외하고는 실시 예 1과 동일하게 실험하였다.

[0061] 즉, 다이에서 배출시 압출물의 낮은 온도로 조절하기 위하여 다이의 끝, 즉, 배출되기 직전의 온도는 170℃로 조절하였다.

[0062] 이때 압출기 배럴 내 스크류의 압력을 측정해본 결과, 압력은 약 150 bar 이었으나 오일 주입 후에는 약 20 bar를 유지하였다. 한 시간 동안 연속적으로 실험해본 결과 연속적으로 안정하게 수지가 압출되는 것을 볼 수 있었다.

[0063] [실시예 4]

[0064] 폴리비닐클로라이트(PVC) 100 중량부에 DOP(dioctyl phthalate) 20 중량부, ZnO 0.5 중량부, 스테아릭산(Stearic Acid) 0.1 중량부 및 탈크 0.2 중량부를 혼합하여 PVC 컴파운드를 펠렛상으로 제조하고, 상기 PVC 컴파운드를 펠렛 60 중량%와 목분(평균 약 80 메쉬로 분쇄하여 건조한 목분) 40중량%의 혼합물을 호퍼에 넣고 압

출기 스크류를 회전시키며 작업하였다. 이때의 스크류 회전 속도는 20rpm이었고 압출량은 0.45Kg/h이었다.

[0065] 그 밖의 압출기는 상기 실시예 1과 동일한 것을 사용하였으며 실리콘 오일도 동일한 것을 사용하였다.

[0066] 다이의 온도가 상승하면 오일을 투입하기 점차 용이해지고 오일이 투입되면 압력이 최저로 떨어지고 토크도 감소하고 작업이 안정적이 되는 것을 볼 수 있었다.