(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0007782
(43) 공개일자 2020년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 9/20 (2006.01) *B01J 19/24* (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01) *C10G 9/36* (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01) *F28D 7/00* (2006.01)
F28F 1/40 (2006.01) *F28F 21/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10G 9/20 (2013.01)
B01J 19/2415 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7031253
(22) 출원일자(국제) 2018년04월04일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년10월23일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/058615
(87) 국제공개번호 WO 2018/185167
국제공개일자 2018년10월11일
(30) 우선권주장
10 2017 003 409.5 2017년04월07일 독일(DE)
17000601.9 2017년04월07일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
슈미트+클레멘즈 게엠베하+콤파니.카게
독일, 린들라 51779, 에델스탈베르크 카이저라우
(72) 발명자
자코비, 디에트린드
독일, 쾰른 50733, 슈버린스트라쎄 27
헤이랜드, 스티픈 알렉산더
독일, 오베라트 51491, 뮐러바이제 13
바이간트, 죄르그 디에트마르
독일, 카스트 41564, 안토니어스플라쯔 11
(74) 대리인
박경재

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **탄화 수소를 열적으로 분해하기 위한 파이프 및 디바이스**

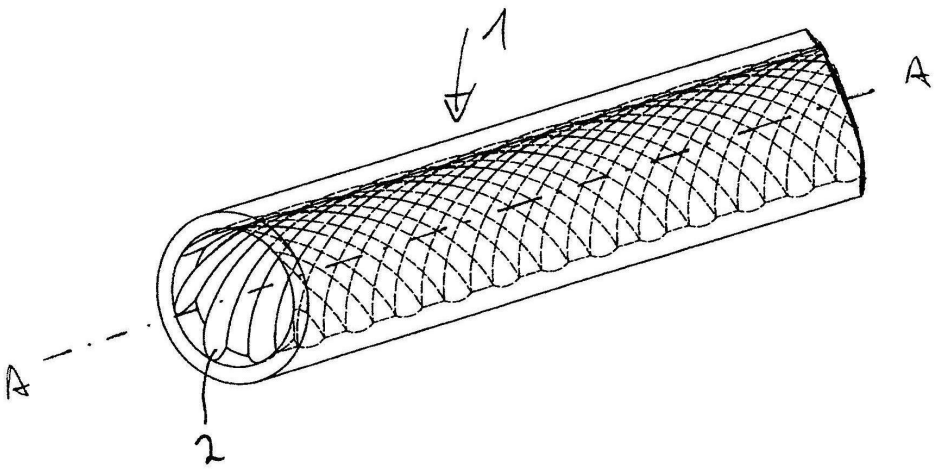
(57) 요 약

본 발명은 공급 혼합물이 외부적으로 가열된 파이프를 통해 안내되는 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹(thermal cracking)에 관한 것이며,

· 파이프는 길이 방향 축을 따라서 연장되며, 파이프의 내부면 내로 도입되어 내부면을 따라서 길이 방향 축 주

(뒷면에 계속)

대 표 도



위에서 나선으로 연장되는 그루브의 수 N_T 를 가지며,

· 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 그루브가 도입된 내부면은 지름 Di, 및 반경 r_1(= Di/2)을 가지며,

· 그루브들의 그루브 베이스에서 길이 방향 축에 직각인 단면에 있는 그루브는 원호의 형태를 각각 가지며, 상기 원호는 반경 r_2 를 가지며,

그루브는, 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 각각의 경우에, 내부면이 놓이고 그 중심이 길이 방향 축에 놓이는 지름 Di를 가지는 원과 길이 방향 축으로부터 그루브의 그루브 베이스의 가장 먼 제거된 지점 사이의 가장 작은 거리에 대응하는 그루브 깊이 TT를 각각 가진다.

(52) CPC특허분류
B01J 8/062 (2013.01)
C10G 9/36 (2013.01)
F28D 7/00 (2013.01)
F28F 1/40 (2013.01)
F28F 21/083 (2013.01)
F28D 2021/0075 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹(thermal cracking)를 위한 파이프로서,

· 파이프(1)는 길이 방향 축 A를 따라서 연장되며, 상기 파이프(1)의 내부면 내로 도입되어 상기 내부면을 따라서 상기 길이 방향 축 A 주위에서 나선으로 연장되는 그루브(2)의 수 N_T를 가지며,

· 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에서, 상기 그루브(2)가 도입된 상기 내부면은 지름 Di, 및 반경 r_1 (=Di/2)을 가지며,

· 상기 그루브들의 그루브 베이스(4)에서 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에 있는 상기 그루브(2)는 원호의 형태를 각각 가지며, 상기 원호는 반경 r_2 를 가지며,

상기 그루브(2)는, 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에서, 각각의 경우에, 상기 내부면이 놓이고 그 중심이 상기 길이 방향 축 A에 놓이는 지름 Di를 가지는 원과 상기 길이 방향 축 A로부터 상기 그루브(2)의 그루브 베이스(4)의 가장 먼 제거된 지점 사이의 가장 작은 거리에 대응하는 그루브 깊이 TT를 각각 가지며, mm 단위로 측정된 등가 지름 D_{eqv} 의 절대값($|D_{eqv}|$)과 상기 그루브(2)의 수 N_T 및 상기 그루브(2)의 그루브 깊이 TT의 절대값(|TT|)은,

C1 = 1946.066

C2 = 302.378

C3 = -2.178

C4 = 266.002

C5 = 1.954

C6 = 50.495

C7 = -2.004

C8 = 79.732

C9 = -1.041

$-0.2 \geq P1 \geq -0.3$

$310 \leq P2 \leq 315$

$200 \leq P3 \leq 1500$인 상수를 가지는,

$P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

=

$C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

$+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

$+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| = C8) * C9$인 관계를 충족시키며,

백분율 단위로 동일한 등가 지름 D_{eqv} 를 가지는 파이프의 내부 표면적에 도입될 수 있는 그루브 깊이(TT = 1.3 mm)를 가지는 그루브의 최대수의 기준수 N_{ref} 에 대한 상기 파이프에 있는 그루브들 N_T의 비율을 기술하는 그루브

밀도 VD는 다음의 관계로부터 구해지며;

$VD = /N_{ref} * 100$

상기 기준수 N_{ref} 는,

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{eqv}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{eqv}|}\right)}$$

인 관계를 충족시키는 가장 큰 자연수이며,

여기에서,

$$|r_{eqv}| = \left|\sqrt{\frac{|A_{eqv}|}{\pi}}\right|$$

$A_{eqv} = A_1 + \cdot A_T$

$A_1 = \pi \cdot |r_1|^2$

$$A_T = \left[|r_2|\cdot\frac{b_2}{2}-\frac{s\cdot(|r_2|-(|TT|+h))}{2}\right]-\left[|r_1|\cdot\frac{b_1}{2}-\frac{s\cdot(|r_1|-h)}{2}\right]$$

$$b_1 = 2\cdot|r_1|\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_1|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}\right)^2}\right|}{|r_1|}\right)$$

$$b_2 = 2\cdot|r_2|\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_1|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}\right)^2}\right|}{|r_2|}\right)$$

$$s = 2\cdot\left|\sqrt{2\cdot|r_1|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}\right)^2}\right|$$

$$h = \frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}$$

그리고, 상기 관계에 의해 확인된 A_{eqv}의 값을 참조하여, A_{eqv}가 또한,

$$\pi \geq N_{ref} \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1{,}3-1{,}3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1{,}3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1{,}3-1{,}3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1{,}3\right)}\right)^2}\right|}{\left|r_{N_{ref}}\right|}\right), r_{N_{ref}} < r_{Äqv}$$

인 경계 조건을 침해함이 없이,

$A_{eqv} = \pi \cdot |r_{Nref}|^{2} + N_{ref}$

$$\cdot\left[\left[\left[|r_2|^2\right.\right.\right.$$

$$\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right|}{|r_2|}\right)$$

$$-\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right|$$

$$\left.\left.\left.\cdot\left(|r_2|-\left(1.3+\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)\right)\right]\right.$$

$$-\left[\left[\left|r_{N_{ref}}\right|^2\right.\right.$$

$$\left.\left.\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right|}{|r_1|}\right)\right]$$

$$-\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right|$$

$$\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)\Bigg]\Bigg]$$

인 조건을 만족시키는 r_{Nref}가 존재하며,

상기 등가 지름 D_{eqv} 는 D_{eqv} = 2 r_{eqv}인 관계로부터 구해지는, 파이프.

청구항 2

외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹(thermal cracking)를 위한 파이프로서,

· 파이프(1)는 길이 방향 축 A를 따라서 연장되며, 상기 파이프(1)의 내부면 내로 도입되어 상기 내부면을 따라서 상기 길이 방향 축 A 주위에서 나선으로 연장되는 그루브(2)의 수 N_T 를 가지며,

· 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에서, 상기 그루브(2)가 도입된 상기 내부면은 지름 Di, 및 반경 r_1(= Di/2)을 가지며,

· 상기 그루브들의 그루브 베이스(4)에서 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에 있는 상기 그루브(2)는 원호의 형태를 각각 가지며, 상기 원호는 반경 r_2 를 가지며,

상기 그루브(2)는, 상기 길이 방향 축 A에 직각인 단면에서, 각각의 경우에, 상기 내부면이 놓이고 그 중심이 상기 길이 방향 축 A에 놓이는 지름 Di를 가지는 원과 상기 길이 방향 축 A으로부터 상기 그루브(2)의 그루브 베이스(4)의 가장 먼 제거된 지점 사이의 가장 작은 거리에 대응하는 그루브 깊이 TT를 각각 가지며, mm 단위로 측정된 등가 지름 D_{eqv} 의 절대값($|D_{eqv}|$)과 상기 그루브(2)의 수 N_T 및 상기 그루브(2)의 그루브 깊이 TT의 절대값(|TT|)은,

C1 = 1946.066

C2 = 302.378

C3 = -2.178

C4 = 266.002

C5 = 1.954

C6 = 50.495

C7 = -2.004

C8 = 79.732

C9 = -1.041

C10 = 0.04631

C11 = -0.26550

$-0.2 \geq P1 \geq -0.3$

$310 \leq P2 \leq 315$

$200 \leq P3 \leq 1500$인 상수를 가지는,

$P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

=

$C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

$+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

$+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

$+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

$+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$인 관계를 충족시키며,

백분율 단위로 동일한 등가 지름 D_{eqv} 를 가지는 파이프의 내부 표면적에 도입될 수 있는 그루브 깊이(TT = 1.3 mm)를 가지는 그루브의 최대수의 기준수 N_{ref} 에 대한 상기 파이프에 있는 그루브들 N_T의 비율을 기술하는 그루브 밀도 VD는 다음의 관계로부터 구해지며;

$VD = N_T/N_{ref} * 100$

상기 기준수 N_{ref} 는,

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{eqv}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{eqv}|}\right)}$$

인 관계를 충족시키는 가장 큰 자연수이며,

여기에서,

$$|r_{eqv}| = \left|\sqrt{\frac{|A_{eqv}|}{\pi}}\right|,$$

$A_{eqv} = A_1 + N_T \cdot A_T$

$A_1 = \pi \cdot |r_1|^2$

$$A_T = \left[|r_2|\cdot\frac{b_2}{2}-\frac{s\cdot(|r_2|-(|TT|+h))}{2}\right]-\left[|r_1|\cdot\frac{b_1}{2}-\frac{s\cdot(|r_1|-h)}{2}\right]$$

$$b_1 = 2\cdot|r_1|\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_1|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot|TT|-|TT|^2}{2\cdot(|r_1|-|r_2|+|TT|)}\right)^2}\right|}{|r_1|}\right)$$

$$b_2 = 2 \cdot |r_2| \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}\right)^2}\right|}{|r_2|}\right)$$

$$s = 2 \cdot \left|\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}\right)^2}\right|$$

$$h = \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}$$

그리고, 상기 관계에 의해 확인된 A_{eqv}의 값을 참조하여, A_{eqv}가 또한,

$$\pi \geq N_{ref} \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1{,}3 - 1{,}3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1{,}3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1{,}3 - 1{,}3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1{,}3\right)}\right)^2}\right|}{\left|r_{N_{ref}}\right|}\right), r_{N_{ref}} < r_{Äqv}$$

인 경계 조건을 침해함이 없이,

$A_{eqv} = \pi \cdot |r_{Nref}|^{2} + N_{ref}$

$$\cdot \left[\left[\left[|r_2|^2\right.\right.\right.$$

$$\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)}\right)^2}\right|}{|r_2|}\right)$$

$$-\left[\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right]$$

$$\cdot\left(|r_2|-\left(1.3+\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)\right)\Bigg]$$

$$-\Bigg[\left|r_{N_{ref}}\right|^2$$

$$\cdot arcsin\left(\frac{\left[\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right]}{|r_1|}\right)$$

$$-\left[\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)^2}\right]$$

$$\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1.3\right)}\right)\Bigg]\Bigg]$$

인 조건을 만족시키는 r_{Nref}가 존재하며,

상기 등가 지름 D_{eqv} 는 D_{eqv} = 2 r_{eqv}인 관계로부터 구해지는, 파이프.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 파이프의 내부면은 원통형이며, 상기 그루브는 원통을 형성하는 상기 내부면의 부분이 상기 그루브 사이에 남아있는 방식으로 이러한 원통형 내부면 내로 도입되는, 파이프.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 항에 있어서, 상기 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 2개의 그루브 사이에 배열된 상기 내부면의 일부에 의해 점유되는 내부면 원에서의 원호 세그먼트는 상기 내부 표면적의 이러한 부분에 인접하는 그루브들 중 적어도 하나의 그루브 개구에 의해 점유되는 내부면 원에서의 원호 세그먼트의 1%보다 큰, 파이프.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 그루브(2)가 도입된 상기 내부면의 지름 Di는 15 ㎜ 내지 280 ㎜의 범위 내에 있는, 파이프.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 항에 있어서, 상기 그루브 깊이 TT는 0.1 ㎜ 내지 10 ㎜의 범위 내에 있는, 파이프.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 항에 있어서, 상기 그루브(2)의 수 N_T 는 1% 내지 347%의 범위 내에 있는 그루브 밀도를 야기하는, 파이프.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 항에 있어서, 상기 그루브(2)는 상기 길이 방향 축 A를 기준으로 20° 내지 40° , 바람직하게 22.5° 내지 32.5° 의 각도로 진행하는, 파이프.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 항에 있어서, 상기 파이프는 원심 주조 파이프이거나 또는 원심 주조 파이프 내로 그루브를 도입하는 것에 의해 원심 주조 파이프로부터 제조된, 파이프.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 항에 있어서, 상기 파이프는,

0.05% 내지 0.6%의 탄소

20% 내지 50%의 크롬

5% 내지 40%의 철

2% 내지 6%의 알루미늄

최대 2%의 실리콘

최대 2%의 망간

최대 1.5%의 니오븀

최대 1.5%의 탄탈륨

최대 6.0%의 텅스텐

최대 1.0%의 티타늄

최대 1.0%의 지르코늄

최대 0.5%의 이트륨

최대 0.5%의 세륨

최대 0.5%의 몰리브덴

최대 0.1%의 질소

잔부 : 용융 관련 불순물을 포함하는 니켈로 구성되는, 높은 내산화성, 내침탄성, 내파열성 및 내크리프성을 가지는 니켈-크롬-철 합금을 포함하는, 특히 이러한 합금으로 이루어진, 파이프.

청구항 11

외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹을 위한 장치에 있어서,

제1항 내지 제10항 중 어느 항에서 청구된 바와 같은 파이프를 특징으로 하는, 장치.

청구항 12

외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹을 위한 제1

항 내지 제10항 중 어느 항에서 청구된 바와 같은 파이프의 사용 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹(thermal cracking)을 위한 파이프에 관한 것이다. 본 발명은 또한 탄화수소의 열 크래킹을 위한 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 탄화수소(미네랄 오일 유도체)의 고온 열분해를 위하여, 750℃를 초과하는 온도에서 탄화수소/증기 혼합물이 높은 내산화성/내스케일링성(scaling resistance) 및 높은 내침탄성(carburization resistance)을 가지는 내열성 니켈-크롬-철 합금으로 만들어진 구불구불한 배열(크래킹 파이프 코일(cracking pipe coil))에서의 개별 파이프 또는 파이프들의 열을 통해 안내되는 파이프 로(pipe furnace)가 유용한 것으로 밝혀졌다. 파이프 코일은 수직 또는 수평으로 진행하고 U-자 형상 파이프 곡선을 통해 서로 연결되거나 또는 서로 평행하게 배열된 직선 파이프 섹션으로 이루어진다. 이러한 것들은 전형적으로 측벽 버너의 도움으로 및/또는 그 밖의 베이스 버너의 도움으로 가열되며, 그러므로, 버너를 향한 "밝은 측면(light side)" 및 90° 만큼 오프셋된, 즉 파이프의 열들의 방향으로 진행되는 "어두운 측면(dark side)"을 가진다. 평균 파이프 벽 온도(TMT)는 여기에서 일부 경우에 1000℃를 초과한다.

[0003] 크래킹 파이프의 수명은 파이프 재료의 내크리프성 및 내침탄성 및 탄화 속도에 매우 상당히 의존한다. 내부 파이프 벽에서의 탄화 속도, 즉 탄소 침적물(열분해 코크(pyrolysis coke))의 층 성장에 대한 결정적인 요인은 사용된 탄화수소의 유형뿐만 아니라 내벽 영역에서의 크래킹 가스 온도 및 소위 크래킹 심각도(cracking severity)로 지칭되는 것이며, 크래킹 심각도는 에틸렌 수율(ethylene yield)에 대한 파이프 시스템에서의 시스템 압력 및 체류 시간의 영향을 파악한다. 크래킹 심각도는 크래킹 가스의 평균 배출 온도(예를 들어, 850℃)를 사용하여 조정된다. 내부 파이프 벽 부근에서의 가스 온도가 이러한 온도보다 높을수록, 열분해 코크의 층 성장이 더욱 상당할 것이며, 그 단열 효과는 파이프 벽 온도가 더욱 상승하게 한다. 파이프 재료로서 사용되는 0.4%의 탄소, 25% 이상의 크롬 및 20% 이상의 니켈, 예를 들어 35%의 크롬, 45%의 니켈 및 선택적으로 1%의 니오븀을 가지는 니켈-크롬-철 합금이 높은 내침탄성을 가질지라도, 산화물층의 결함에 있는 탄소는 파이프 벽으로 확산되며, 이러한 것은 0.5 ㎜ 내지 3 ㎜의 벽 깊이에서 1% 내지 3%의 탄소 함유량까지 확장될 수 있는 상당한 침탄으로 이어진다. 이러한 것은 특히 노의 시동 및 정지시에 열 사이클링 응력 하에서 크래킹의 위험이 있는 파이프 재료의 상당한 취화(embrittlement)와 관련된다.

[0004] 내부 파이프 벽에서의 탄소 침적물(코킹)을 분해하기 위하여, 때때로 크래킹 작용을 정지시키고 증기/공기 혼합물의 도움으로 열분해 코크를 연소시키는 것이 필요하다. 이러한 것은 최대 36 시간 동안 작업의 중단을 수반하며, 그러므로 공정의 경제성을 상당히 손상시킨다.

[0005] 영국 특허 출원 969 796 및 유럽 특허 출원 1 136 541 A1은 내부 핀(internal fin)을 구비한 크래킹 파이프의 사용을 또한 개시한다. 이러한 내부 핀은 많은 백분율만큼, 예를 들어 10% 보다 큰 내부 표면적을 초래하여 보다 양호한 열전달을 초래할지라도, 이러한 것들은 증가된 내부 표면적에서의 마찰로 인해 평활한 파이프에 비해 압력 강하가 상당히 증가한다는 단점과 관련된다. 보다 높은 압력 강하는 보다 높은 시스템 압력을 수반하고, 그러므로, 체류 시간을 변경하고 수율을 악화시킨다. 추가적인 요인은 높은 탄소 및 크롬 함유량을 가지는 공지된 파이프 재료가 더 이상 냉간 성형, 예를 들어 냉간 인발에 의해 성형될 수 없다는 것이다. 이러한 것들은 그 성형성이 내열성이 증가함에 따라 현저히 저하되는 단점을 가진다. 이러한 것의 효과는, 예를 들어 에틸렌 수율과 관련하여 필요한 최대 1050℃의 높은 파이프 벽 온도가 원심 주조 파이프의 사용을 요구한다는 것이었다. 그러나, 원심 주조 파이프가 원통형 벽으로만 제조될 수 있기 때문에, 내부 파이프를 제조하기 위해 특별한 형상화 방법, 예를 들어 전해 재료 제거 가공 작업 또는 형상 부여 용접 방법이 요구된다.

[0006] 마지막으로, 미국 특허 제5 950 718호는 또한 핀의 특징을 고려하지 않고 내부 핀 사이의 경사각의 전체 스펙트럼 및 거리를 개시한다.

[0007] EP 1 525 289 B9는 파이프 축에 대해 경사진 나선형 내부 핀을 가지는 탄화수소의 열 크래킹을 위한 피닝된 파이프(finned pipe)를 개시한다.

[0008] WO 2010/043375 A1은 0.4% 내지 0.6%의 탄소, 28% 내지 33%의 크롬, 15% 내지 25%의 철, 2% 내지 6%의 알루미늄, 최대 2%의 실리콘, 최대 2%의 망간, 최대 1.5%의 니오븀, 최대 1.5%의 탄탈륨, 최대 1.0%의 텅스텐, 최대 1.0%의 티타늄, 최대 1.0%의 지르코늄, 최대 0.5%의 이트륨, 최대 0.5%의 세륨, 최대 0.5%의 몰리브덴, 최대의 0.1% 질소, 잔부로서 용융 관련 불순물을 포함하는 니켈로 구성된 높은 내산화성 및 내침탄성, 내파열성 및 내크리프성을 가지는 니켈-크롬-철 합금을 개시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 이러한 배경에 대하여, 본 발명의 목적은 외부적으로 가열되는 파이프를 가지는 파이프 로에서 탄화수소의 열 크래킹의 경제성을 개선하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 이러한 목적은 청구항 제1항, 제2항, 제9항 및 제10항의 요지에 의해 달성된다. 유익한 실시예는 종속항 및 다음의 상세한 설명에서 제공된다.

[0011] 제1항의 서문의 특징을 가지는 파이프에서, 파이프를 특징화하는 특징들, 즉

[0012] · 파이프의 내부면 내로 도입되어 내부면을 따라서 길이 방향 축 주위에서 나선으로 연장되는 그루브의 수 N_T,

[0013] · 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 그루브가 도입된 내부 표면적의 지름,

[0014] · 그것의 그루브 베이스에서 원호의 형태를 각각 가지며 길이 방향 축에 대한 단면에서 직각인, 그루브들의 그루브 베이스의 반경 r_2 , 및

[0015] · 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 각각의 경우에, 내부면이 놓이고 그 중심이 길이 방향 축에 놓이는 지름 Di를 가지는 원과 길이 방향 축으로부터 그루브의 그루브 베이스의 가장 먼 제거된 지점 사이의 가장 작은 거리에 대응하는, 그루브의 그루브 깊이 TT 사이에 특정 관계가 있으며,

[0016] 이러한 것은 외부적으로 가열되는 파이프를 가지는 파이프 로에서 탄화수소의 열 크래킹의 경제성을 개선하도록 고려될 수 있다.

[0017] 더욱 정확히 얘기하면, 2개의 상이한 방식으로 계산될 수 있는 열전달 고려 사항에 기초한 특징값을 설정하는 것이 가능하며, 그러나, 그 각각의 특징값이 파이프를 특징화하는 상기된 특징에만 의존하는 것이 인식되었다.

[0018] 제1 열전달 고려 사항에 따르면, 이러한 특징값은 상수(P1, P2 및 P3) 및 mm 단위로 측정된 내부 직경 Di에 의존하는 등가 지름 D_{eqv} 의 절대값($|D_{eqv}|$)을 가지는 $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$으로서 표현될 수 있다.

[0019] 선택된 상수(P1)가 -0.2 내지 -0.3의 청구된 범위로부터의 수일 때 양호한 결과가 달성된다. 바람직한 실시예에서, 상수(P1)는 -0.25 내지 -0.295의 범위, 특히 바람직하게 -0.287 내지 -0.2655의 범위로부터 선택된다. 특히 바람직하게, 상수(P1)는 -0.287 또는 -0.2655이다.

[0020] 선택된 상수(P2)가 310 내지 315의 청구된 범위로부터의 수일 때 양호한 결과가 달성된다. 바람직한 실시예에서, 상수(P2)는 310 내지 312의 범위, 특히 바람직하게 310.42 내지 311.31의 범위로부터 선택된다. 특히 바람직하게, 상수(P2)는 310.42 또는 311.31이다.

[0021] 선택된 상수(P3)가 200 내지 1500의 청구된 범위로부터의 수일 때 양호한 결과가 달성된다. 바람직한 실시예에서, 상수(P3)는 230 내지 1400 범위, 특히 바람직하게 261.21 내지 1076 범위로부터 선택된다. 바람직하게, 상수(P3)는 261.21 또는 1076이다.

[0022] 파이프의 구성을 위해 본 발명에 따라서 사용된 특징값은 mm 단위로 측정된 내부 직경 Di에 의존하는 등가 지름 D_{eqv}의 절대값($|D_{eqv}|$)의 함수로서 전술한 관계로 표현된다. 이와 관련하여 그리고 명세서의 나머지 부분에서 "절대값"이라는 용어는 절대값 및 측정 단위로 구성된 물리적 파라미터의 값의 무차원 수를 의미하는 것으로 이해된다. 물리적 파라미터는 물리적 객체, 프로세스 또는 상태의 정량적인 결정 가능한 속성이다. 그 값(크기)은 절대값(측정값)과 측정 단위의 곱으로서 보고된다. 파이프의 구성을 위해 본 발명에 따라서 사용된 관계가이 무한하기 때문에, 물리적 파라미터의 절대값이 이용된다. 이러한 것을 명확하게 하기 위해, 파라미터의 절대값은

상세한 설명 및 청구범위에서 예를 들어 $|D_{eqv}|$로서 수량의 표현을 위해 달리 자주 사용되는 명명법으로 표현된다. 2개의 수평선 사이의 변수의 표현, 예를 들어 $|D_{eqv}|$는 이러한 상세한 설명 및 청구범위와 관련하여 변수에 의해 표현된 물리적 파라미터의 값(크기)의 절대값의 표현인 것으로 이해된다. 70mm의 mm 단위로 표현된 지름 Di의 절대값(|Di|)은 예를 들어 수 70이다.

[0023] 본 발명에 따른 파이프의 구성에 사용된 특징값은 mm 단위로 측정된 내부 직경 Di에 의존하는 등가 지름 D_{eqv}의 절대값($|D_{eqv}|$)의 함수로서 상기 관계로 표현된다. 등가 지름은 본 발명의 파이프의 통로 면적에 대응하는 통로 면적의 평활한 그루브가 없는 파이프가 가질 내부 표면적의 지름이다. 통로 면적은 길이 방향 축에 직각인 단면에서 파이프 내의 자유 면적을 의미하는 것으로 이해된다. 열전달 기반 고려 사항이 평활한 파이프에서 자주 보다 용이하게 만들어질 수 있다는 것이 밝혀졌다. 또한, 외부적으로 가열된 튜브를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹을 위한 그 장치에서, 본 발명의 파이프의 사용자는 과거에 평활한 파이프를 자주 사용하는 것으로 밝혀졌다. 그러므로, 본 발명의 파이프로의 전환에 대해, 이러한 것은 대응하는 통로 면적의 평활한 파이프와의 비교가 만들어질 수 있으면 더욱 용이하다.

[0024] 등가 지름 D_{eqv}는 본 발명의 파이프의 통로 면적에 대응하는 통로 면적을 가지는 평활한, 그루브가 없는 파이프가 가질 내부 표면적의 반경으로부터 관계($D_{eqv} = 2\ r_{eqv}$)를 통해 구해진다. 평활한 파이프의 통로 면적(A_{eqv})($A_{eqv} = \pi(r_{eqv})^2$)이 본 발명의 파이프의 통로 면적과 동일하면, 평활한 파이프의 통로 면적(A_{eqv})은 다음과 같이 파이프를 특징화하는 특징에서 평활한 파이프의 통로 면적(A_{eqv})을 표현하는 것이 가능하다(사용된 기호는 도 5의 예를 통해 또한 자세히 설명된 명명법과 관련된다):

[0025]

$$|r_{eqv}| = \left|\sqrt{\frac{|A_{eqv}|}{\pi}}\right|$$

$$A_{eqv} = A_1 + N_T \cdot A_T$$

$$A_1 = \pi \cdot |r_1|^2$$

$$A_T = \left[|r_2| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot (|r_2| - (|TT| + h))}{2}\right] - \left[|r_1| \cdot \frac{b_1}{2} - \frac{s \cdot (|r_1| - h)}{2}\right]$$

$$b_1 = 2 \cdot |r_1| \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}\right)^2}\right|}{|r_1|}\right)$$

$$b_2 = 2 \cdot |r_2| \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}\right)^2}\right|}{|r_2|}\right)$$

$$s = 2 \cdot \left|\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}\right)^2}\right|$$

$$h = \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}$$

[0026]

[0027] 평활한 파이프의 통로 면적(A_{eqv})과 동등한 본 발명의 파이프의 통로 면적은, 그루브가 도입된 내부 표면적에 의

해 제한되고 $A_1 = \pi\ r1^2$에 의해 내부면의 반경으로부터 용이하게 결정될 수 있는 통로 면적(A_1), 및 그 각각의 통로 면적(A_T)을 가지는 그루브의 수 N_T에 의해 제공되는 추가의 면적으로 구성된다.

[0028] 그러므로, 상기 관계를 해결한 후에, 평활한 파이프의 통로 면적(A_{eqv})과 동일한 본 발명의 파이프의 통로 면적은 파이프를 특징화하는 특징들로 독점적으로 다음과 같이 설명될 수 있다(이후에 수학식 1로서 지칭된다):

[0029] [수학식 1]

[0030] $$A_{eqv} = \pi \cdot |r_1|^{2} + N_T$$

$$\cdot \left[\left[|r_2|^2 \cdot \arcsin\left(\frac{\left| \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 } \right|}{|r_2|} \right) - \left| \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 } \right| \cdot \left(|r_2| - \left(|TT| + \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right) \right) \right]$$

$$- \left[|r_1|^2 \cdot \arcsin\left(\frac{\left| \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 } \right|}{|r_1|} \right) - \left| \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 } \right| \cdot \left(|r_1| - \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right) \right]$$

[0031]

[0032] 제2 열전달 고려 사항에 따르면, 이러한 특징값은 mm 단위로 측정된 내부 직경 Di에 의존한 등가 지름 D_{eqv} 의 절대값($|D_{eqv}|$), 그루브의 수 N_T 및 mm 단위로 측정된 그루브 깊이 TT의 절대값(|TT|), 및 동일한 등가 지름 D_{eqv}를 가지는 파이프의 내부 표면적에 도입될 수 있는 그루브 깊이(TT = 1.3 mm)를 가지는 그루브의 최대수의 기준수(reference number) N_{ref} 에 관계되는 파이프에서의 그루브들 N_T의 비율을 기술하는 그루브 밀도 VD의 함수로서,

[0033] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0034] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0035] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$로서 기술될 수 있거나, 또는 추가의 교차 결합을 고려하여,

[0036] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0037] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0038] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0039] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0040] $+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$로서 기술될 수 있다. 여기에서 상수는 다음과 같이 고정된다:

[0041] $C1 = 1946.066$

[0042] $C2 = 302.378$

[0043] $C3 = -2.178$

[0044] $C4 = 266.002$

[0045] $C5 = 1.954$

[0046] $C6 = 50.495$

[0047] $C7 = -2.004$

[0048] $C8 = 79.732$

[0049] $C9 = -1.041$

[0050] $C10 = 0.04631$

[0051] $C11 = -0.26550.$

[0052] 특징값을 위한 이러한 두 가지 계산 방법이 동일하면,

[0053] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

[0054] =

[0055] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0056] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0057] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$인 관계, 또는, 추가적인 교차 결합을 고려하여,

[0058] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

[0059] =

[0060] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0061] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0062] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0063] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0064] $+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$인 관계는 서로 외부적으로 가열된 파이프를 가지는 파이프 로에서 탄화수소의 열 크래킹의 경제성을 개선하는 파이프를 특징화하는 파이프 특징화 특징의 서로의 관계의 설명으로서 얻어진다는 것이 밝혀졌다. 파이프를 위해 특별히 사용되는 파이프 특징화 특징, 즉,

[0065] · 파이프의 내부면 내로 도입되어 내부면을 따라서 길이 방향 축 주위에서 나선으로 연장된 그루브의 수 N_T,

[0066] · 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 그루브가 도입된 내부 표면적의 지름,

[0067] · 그루브의 그루브 베이스에서 원호의 형태를 각각 가지며 길이 방향 축에 대한 단면에서 직각인, 그루브의 그루브 베이스의 반경 r_2 , 및

[0068] · 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 각각의 경우에, 내부면이 놓이고 그 중심이 길이 방향 축에 놓이는 지름 Di를 가지는 원과 길이 방향 축으로부터 그루브의 그루브 베이스의 가장 먼 제거된 지점 사이의 가장 작은 거리에 대응하는, 그루브의 그루브 깊이 TT는 이러한 관계에 기초하여 간단한 반복으로 확인될 수 있다. 이러한 관계를 충족시키는 이러한 4개의 파이프 특징화 특징의 모든 쌍은 외부적으로 가열된 파이프를 구비한 파이프 로에서 탄화수소의 열 크래킹의 경제성을 개선하는 파이프를 구성한다.

[0069] 실제로, 반복과 관련된 작업이 실제 더욱 감소될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 예를 들어, 파이프를 특징화하는 4개의 특징 중에서 개별 특징에 대한 결과(finding)는 강성 또는 제조 제한 또는 특정 통로 면적을 가지는 파이프를 제조해야할 필요성으로부터 발생한다.

[0070] 파이프가 사용될 플랜트에서 발생하는 개별 파이프의 최대 가능한 중량은 파이프의 최대 벽 두께에 대한 제한을 초래할 수 있으며, 이러한 것은 차례로 강성 측면으로부터 최대 생산 가능한 그루브 깊이 TT에 대한 제한을 초래한다. 벽 두께에 대한(그러므로 최대 생산 가능한 그루브 깊이에 대한) 제한은 다른 측면, 예를 들어 달성될 열 전달로부터 또한 발생할 수 있다.

[0071] 강성 고려 사항은 또한, 파이프의 내부면 내로 도입되고 그루브 깊이 TT와 조합하여 내부면을 따라서 길이 방향 축 주위에서 나선으로 연장되는 그루브의 수 N_T에 대한 상한을 초래할 수 있다. 과도한 수의 과도하게 깊은 그루브가 도입되면, 파이프의 강성은 과도하게 약화될 수 있다.

[0072] 그루브 깊이 TT와 조합하여 그루브 베이스의 원호의 반경 r_2 에 관한 한계가, 외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹에서 파이프가 코킹되는 경향에 기인할 것이라는 것이 또한 가능하다.

[0073] 더욱이, 제한은 예를 들어 그루브 깊이 TT와 조합하여 그루브 베이스의 원호의 반경 r_2 에 관하여 제조 측면으로부터 발생한다. 그루브는, 예를 들어 출원인에 의해 출원되었지만 아직 공개되지 않은 독일 출원 번호 제10 2016 012 907.7호에 기술된 방식으로 예를 들어 심공 천공 방법(deep-hole drilling method)에 의해 제조될 수 있다. 이러한 것은 그루브의 제조를 위해 인덱서블 인서트(indexable insert)를 사용하여 행해진다. 이러한 인덱서블 인서트는 고정된 크기로 이용 가능하다. 경제성의 이유로 권장되는 바와 같이, 이미 획득 가능한 인덱서블 인서트가 이용되면, 특정 파이프의 제조를 위해 인덱서블 인서트를 특별히 제조할 수 있는 유사한 고려될 수 있는 옵션을 생략하고, 이러한 것은 그루브 깊이 TT와 조합하여 그루브 베이스의 원호의 반경 r_2 를 위한 설정을 또한 초래한다. 또한, 제1 수의 그루브를 가지는 파이프가 제1 수에 비해 제2의 더욱 많은 수의 그루브를 가지는 파이프보다 더욱 신속하고 훨씬 저렴한 비용으로 제조될 수 있으며, 그래서 이러한 것은 역시 도입될 그루브의 수에 대한 제한을 초래할 수 있는 경우인 것으로 또한 밝혀질 수 있었다.

[0074] 공급 혼합물의 특정 처리량이 파이프, 그러므로 파이프의 최소 통로 면적에 요구된다는 사실로부터 제한이 또한 발생할 수 있다.

[0075] 그 결과, 반복의 수행 전에, 파이프를 특징화하는 4개의 특징 중에서 개별 특징이 놓일 수 없는 범위가 이미 존재하고, 그러므로 이러한 것들이 반복에서 제외될 수 있다.

[0076] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0077] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0078] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$의 전술한 관계, 또는 추가 교차 결합을 포함하는,

[0079] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0080] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0081] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0082] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0083] + (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11인 관계는 그루브 밀도 VD와 관련된다. 그루브 밀도 VD는 백분율 단위로 동일한 등가 지름 D_{eqv} 를 가지는 파이프의 내부 표면적에 도입될 수 있는 그루브 깊이(TT = 1.3 mm)를 가지는 그루브의 최대수의 기준수 N_{ref} 에 대한 파이프에서의 그루브들 N_T의 비율 이다.

[0084] 본 발명의 결과는 그루브가 도입되는 내부면의 넓은 스펙트럼의 지름 Di를 가지는 파이프에 적용될 수 있다. 작은 지름 Di를 가지는 파이프보다 더욱 큰 지름 Di를 가지는 파이프 내로, 그루브의 그루브 베이스에서의 원호의 고정 반경 r_2 및 고정된 그루브 깊이 TT를 가지는 더욱 많은 그루브를 도입하는 것이 명백히 가능하다. 그럼에도 불구하고, 모든 지름에 대한 관계를 기술할 수 있기 위해, 상기 관계로 도입되는 것은 더 이상 실제 그루브의 수 N_T 가 아니라 그루브 밀도 VD인 표준화가 개발되었다.

[0085] 그루브 밀도 VD는 백분율로 표현되기 때문에 VD = N_T/N_{ref} * 100인 관계로부터 구해지며, 여기에서, 기준수 N_{ref} 는 다음의 관계가 충족되는 가장 큰 자연수이며,

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{eqv}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{eqv}|}\right)}$$

[0086]

[0087] 여기에서, A_{eqv}는 수학식 1로부터 계산된 등가 지름이고,

$$|r_{eqv}| = \left|\sqrt{\frac{|A_{eqv}|}{\pi}}\right|,$$

[0088] 이며,

[0089] 그리고, 이 경우에, 수학식 1에 의해 계산된 등가 지름(A_{eqv})을 참조하여 다음의 관계(이후에 수학식 2로서 또한 지칭됨)를 충족시키는 반복에 의해 결정된 r_{Nref} 를 구하는 것이 동시에 가능하다:

[0090] [수학식 2]

$$\pi \geq N_{ref}\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1{,}3-1{,}3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1{,}3\right)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1{,}3-1{,}3^2}{2\cdot\left(\left|r_{N_{ref}}\right|-|r_2|+1{,}3\right)}\right)^2}\right|}{\left|r_{N_{ref}}\right|}\right),\ r_{N_{ref}} < r_{\ddot{A}qv}$$

[0091] 인 2차 조건을 가지는,

[0092] $$A_{eqv} = \pi \cdot |r_{Nref}|^{2} + N_{ref}$$

$$\cdot \left[\left[|r_2|^2 \cdot arcsin\left(\frac{\left| \sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right)^2} \right|}{|r_2|} \right) \right.\right.$$

[0093] $$\left. - \left| \sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right)^2} \right| \right.$$

$$\left. \cdot \left(|r_2| - \left(1.3 + \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right) \right) \right]$$

$$- \left[\left|r_{N_{ref}}\right|^2 \cdot arcsin\left(\frac{\left| \sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right)^2} \right|}{|r_1|} \right) \right.$$

[0094] $$\left. - \left| \sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right)^2} \right| \right.$$

$$\left. \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} \right) \right] \right]$$

[0095]

[0096] N_{ref}는 다음 단계의 순서에 의해 용이하게 결정할 수 있다:

[0097] 제1 단계에서, 관계의 우측

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{eqv}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{eqv}|}\right)}$$

[0098] 은 본 발명의 이점을 달성하기 위해 검사될 파이프의 값을 사용하여 계산된다. N_{ref}가 자연수여야만 하기 때문에, 계산된 값이 자연수 또는 계산된 값에 가장 근접한 가장 작은 자연수일 때 계산된 값에 대응하는 자연수가 가정된다. 여기에서 파이프는 Di = 60 mm, TT = 2.05 mm, r_2 = 8 mm, 및 N_T = 8인 예로서 취해진다. 이러한 것은 $N_{ref} \leq 19.4967769$를 제공한다. 그러므로, N_{ref}는 제1 단계에서 19인 것으로 가정된다.

[0099] 제2 단계는 제1 단계에서 구한 N_{ref}를 사용하여 r_{Nref}를 계산하는 것이 가능한지를 검사하며, 이와 함께 수학식 1에 의해 계산된 등가 지름(A_{eqv})를 참조하여, 수학식 2는

$$\pi \geq N_{ref}\cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot\left|r_{N_{ref}}\right|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{N_{ref}}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot 1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{N_{ref}}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{N_{ref}}|}\right),\ r_{N_{ref}} < r_{eqv}$$

[0100] 인 2차 조건을 침해함이 없이 충족될 수 있다.

[0101] A_{eqv}는 수학식 1에 의해 계산된 본 발명의 이점을 달성하기 위해 검사될 파이프의 값으로 계산된다. 전술한 예시적인 값(Di = 60 mm, TT = 2.05 mm, r_2 = 8 mm 및 N_T = 8)이 주어지면, 2963.77397 mm^2의 A_{eqv}는 주어진 예시 값을 위해 구해진다. 그러므로, N_{ref}를 구하는 제2 단계는 제1 단계에서 구한 N_{ref}를 사용하여 계산된 A_{eqv}와 함께 수학식 2를 충족시키는 r_{Nref}를 구하는 것이 가능하고, 동시에 언급된 2차 조건이 충족되는지를 검사한다.

[0102] 이러한 반복은 스프레드시트 프로그램, 예를 들어 Microsoft® Excel 및 이러한 스프레드시트 프로그램에서 제공되는 "Goal Seek" 기능을 이용하여 용이하게 수행될 수 있다. 초기에 비어있는 제1 셀이 취해지고, 이러한 셀은 그런 다음 Goal Seek 기능에서 "가변 셀"로서 취해진다. 이러한 셀은 임의의 절대값, 예를 들어 $|r_1|$로 채워진다. 그런 다음, r_{Nref}에 관하여 A_{eqv}를 표현하는 A_{eqv}를 위한 앞서 언급된 방정식은 임의의 절대값, 예를 들어 $|r_1|$로 채워진 제1 셀을 참조하고 본 발명의 이점을 달성하기 위해 검사될 파이프의 특징 데이터로부터 r_2의 값을 취하여 r_{Nref}에 관하여 제2 셀에 입력된다.

[0103] 제3 셀에서, 방정식 "= A_{eqv} - 제2 셀로부터의 값"이 입력되고, 여기에서 수학식 1에 의해 A_{eqv}를 계산한다.

[0104] 제4 셀에 다음의 방정식이 입력된다:

$$= \pi - N_{ref} \cdot arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2 \cdot \left|r_{N_{ref}}\right| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1.3 - 1.3^2}{2 \cdot \left(\left|r_{N_{ref}}\right| - |r_2| + 1.3\right)}\right)^2}\right|}{\left|r_{N_{ref}}\right|}\right)$$

[0105]

[0106] 여기에서, r_{Nref}는 임의의 절대값, 예를 들어 $|r_1|$로 채워진 제1 셀을 참조하고, r_2의 값은 본 발명의 이점을 달성하기 위해 검사될 파이프의 특징 데이터로부터 취해진다. IF-THEN 테스트는 그런 다음 제5 셀에 추가되며, 이러한 것은 제4 셀에서의 값이 0보다 작으면 출력 단어 "FALSE"를 주고, 그렇지 않으면 출력 단어 "TRUE"를 준다.

[0107] 그러므로, 준비된 스프레드시트를 이용하여, 스프레드시트 프로그램에서 구상된 Goal Seek 기능을 시작하는 것이 가능하다. Goal Seek 기능은 어느 것이 목표 셀인지 묻는다. 제3 셀이 입력으로서 주어진다. Goal Seek 기능은 목표 값을 필요로 한다. 이러한 것은 0으로서 입력된다. Goal Seek 기능은 또한 가변 셀을 필요로 한다. 제1 셀이 입력으로서 주어진다. Goal Seek 기능은 제1 셀에서의 값으로 이어질 것이다. 제5 셀에서의 이러한 값에 대해 "TRUE"를 포함하면, 제1 단계에서 찾은 N_{ref}는 사용될 N_{ref}이다. 제5 셀에서의 값이 "FALSE"이면, 제1 단계에서 구한 N_{ref}가 1만큼 감소되고, 그러므로 새로운 N_{ref}가 형성되어, 이러한 것을 이용하여 제2 단계가 다시 수행된다. 일반적으로 Goal Seek 기능의 종료시에도, 이러한 것은 제1 셀에서의 값을 초래하며, 이를 위해, 단어 "TRUE"는 제5 셀에 또한 존재하며, 그러므로 구해진 새로운 N_{ref}는 사용될 N_{ref}이다. 그렇지 않으면, 새로운 N_{ref}는 다시 한번 수 1만큼 감소되고, 제2 단계는 다시 한번 수행된다. 스프레드시트 프로그램에서 이러한 Goal Seek 기능이 뒤의 소수 자리(later post-decimal place)에 관하여 완벽하지 않을 때에도, 이러한 것은 나머지 허용 오차로 인해 해석에 어떠한 눈에 띄는 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다.

[0108] 따라서, 구해진 N_{ref}를 이용하여, 본 발명의 이점을 달성하기 위해 검사될 파이프에 대해, $VD = 100 * N_T/N_{ref}$로부터 그루브 밀도 VD를 결정하는 것이 가능하다. 그러므로 얻어진 값을 이용하여,

[0109] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

[0110] =

[0111] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0112] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0113] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$이거나, 또는 추가 교차 결합을 고려하여,

[0114] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

[0115] =

[0116] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0117] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0118] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0119] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0120] $+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$인 것이 확인되면, 계산이 기초로 하는 파이프(N_T, Di, r_2, TT)를 특징으로 하는 이들 4개의 특징을 가지는 파이프가 외부적으로 가열된 파이프를 가지는 파이프 로에서 탄화수소의 열

크래킹의 경제성을 개선한다는 것이 확인된다.

[0121] 위에서 언급한 예제 값(Di = 60 mm, TT = 2.05 mm, r_2 = 8 mm 및 NT = 8)을 이용하여, 19의 N_{ref}가 제1 단계에서 구해진다. 제2 단계에서, N_{ref}가 19인 Goal Seek 기능은 29.4509992의 r_{Nref}를 준다. 그러나, 제4 셀에서, 0.07096658의 값이 생기고, 그래서 단어 "FALSE"가 제5 셀에서의 출력이다. 19의 N_{ref}가 수 18로 1만큼 감소되고 제2 단계가 다시 수행되면, 18의 N_{ref}를 가지는 Goal Seek 기능은 29.5192908의 r_{Nref}를 초래한다. 그러나, 제4 셀에서, 값 0.10620948이 생기고, 그래서, 단어 "TRUE"는 제5 셀에서의 출력이다. N_{ref} = 18은 그루브 밀도 VD의 계산을 위한 본 발명의 준수를 위해 파이프의 추후 검사에서 사용되는 값일 것이다.

[0122] 본 발명의 파이프는 길이 방향 축을 따라 연장되며, 그 내부면 내로 도입된 그루브를 가진다. 존재하는 그루브의 수는 변수 N_T로 표현된다. 그루브는 파이프의 내부면을 따라서 길이 방향 축 주위에서 나선 형태로 연장된다. 바람직한 실시예에서, 그루브는 파이프의 원주에 걸쳐서 균등하게 분포된다. 이러한 것은 길이 방향 축에 직각인 임의의 단면에서, 모든 그루브에 대해, 인접한 배열에 있는 2개의 그루브 사이에서 원주 방향으로의 거리가 모든 그루브에 대해 동일하다는 것을 의미한다.

[0123] 그루브 깊이는 내부면으로부터 그루브에서 가장 낮은 지점의 거리로서 간주된다. 이러한 것은 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 반경 방향으로 길이 방향 축으로부터 보았을 때, 그루브에서 가장 먼 제거된 지점(가장 낮은 지점)과, 그루브 사이에 남아있는 가장 안쪽에 배열된 내부면의 부분이 놓이는 길이 방향 축 주위 내부면 원 사이의 가장 짧은 거리를 의미한다. 파이프의 내부면이 원통형이고 그루브가 이러한 원통형 내부면 내로 도입되는 본 발명의 실시예가 고려된다. 이러한 경우에, 원통의 일부를 형성하는 내부면의 부분들이 그루브 사이에 남는다. 이러한 실시예에서 내부면의 모든 나머지 부분이 안쪽을 향해 동일한 거리에 배열되기 때문에, 가장 안쪽에 배열된 내부면의 부분이 놓이는 내부면 원은 원통형 내부면의 나머지 부분이 놓이는 단면에서의 원이다. 그러나, 선택된 그루브 개구(내부 표면적에서 그루브의 개구 단면)가 매우 크기 때문에, 2개의 그루브 사이에 남아있는 내부면이 실질적으로 라인으로 수축되는 실시예가 또한 고려된다. 특히, 이러한 실시예에서, 그루브의 표면의 곡률이 그루브 베이스에서 오목 곡률(그루브 베이스에서의 원호)로부터 그루브 개구의 영역에 있는 그루브의 표면의 볼록 곡률로 변경될 때, 이러한 실시예의 효과는 원주 방향으로, 그루브(이 경우에, 그루브의 볼록 곡선 영역을 의미함)에는 그루브(이 경우에 오목 곡선 영역을 의미함) 사이에 배열된 핀, 및 핀의 외부 표면 내로 합쳐지는 그루브(또는 더욱 양호한 : 오목 곡선의 그루브 베이스)와 경계를 이루는 벽이 이어진다. 이러한 실시예에서, 물론 가장 안쪽으로 배열된 내부면의 부분이 놓이는 내부면 원은 이러한 단면에서의 "핀"의 정점이 놓이는 단면에서의 원이다. 그루브 깊이는 본 발명에 따라서 구해진 파이프를 특징화하는 관계에서 변수 TT로 표현된다.

[0124] 바람직한 실시예에서, 적어도 그루브 베이스에서 길이 방향 축에 직각인 단면에서의 그루브는 바람직하게 원호에 의해 근사되거나 또는 원호에 대응할 수 있는 둥근 단면을 가진다. 그루브 개구의 영역에서, 바람직한 실시예에서, 그루브의 단면 기하학적 형상은 특히 그루브 베이스의 오목 단면 기하학적 형상으로부터 그루브 개구의 영역에서 볼록 단면 기하학적 형상으로의 변경의 결과로 넓혀질 수 있다. 대안적인 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 전체 그루브의 단면 기하학적 형상은 원호에 의해 근사되거나 또는 원호에 대응할 수 있다. 길이 방향 축에 직각인 단면에서의 그루브가 타원의 일부의 단면 기하학적 형상을 가지는 실시예가 마찬가지로 고려될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 그루브의 단면의 형상은 길이 방향 축에 직각인 모든 단면에 대해 동일하게 유지된다. 특히 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 그루브의 단면의 형상 및 크기는 길이 방향 축에 직각인 모든 단면에 대해 동일하게 유지된다. 바람직한 실시예에서, 파이프의 모든 그루브는 동일한 형상, 특히 바람직하게 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 바람직하게 길이 방향 축에 직각인 모든 단면에서 동일한 형상 및 크기를 가진다. 그루브가 다른 크기, 특히 다른 그루브 깊이를 가지면, 가장 깊은 그루브의 그루브 깊이 TT는 파이프를 특징화하는 본 발명의 관계를 위해 사용된다.

[0125] 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 파이프의 단면은 길이 방향 축을 중심으로 회전 대칭이다. 이러한 것은 0° 내지 360° 사이의 적어도 하나의 각도가 존재하며, 파이프의 단면이 이러한 각도만큼 길이 방향 축을 중심으로의 회전에 의해 자체적으로 매핑될 수 있다는 것을 의미한다.

[0126] 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 파이프의 단면은 그 단면에서 길이 방향 축에 의해 점유된 지점을 중심으로 점 대칭을 가진다.

[0127] 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각으로 파이프의 단면은, 길이 방향 축에 직각으로 진행하고 그 단면에

놓이는 축을 중심으로 거울 대칭을 가진다.

[0128] 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 파이프는 변수 Di로 표현되는 내부 직경을 가진다. 내부 직경은 그루브들 사이에 남아있는 가장 안쪽에 배열된 내부면의 일부가 놓이는 내부면 원의 지름, 즉 길이 방향 축 주위의 원이다.

[0129] 바람직한 실시예에서, 내부의 파이프 단면은 15 mm 내지 280 mm, 특히 바람직하게 15 mm 내지 180 mm, 특히 바람직하게 20 mm 내지 150 mm, 특히 바람직하게 30 mm 내지 140 mm의 범위 내의 지름 Di를 가진다.

[0130] 바람직한 실시예에서, 그루브 깊이 TT는 0.1 mm 내지 10 mm, 특히 바람직하게 1.0 mm 내지 7 mm, 가장 바람직하게 1.0 mm 내지 4 mm의 범위 내에 있다.

[0131] 바람직한 실시예에서, 그루브의 수 N_T는 1 내지 100, 특히 바람직하게 2 내지 50, 가장 바람직하게 2 내지 30개의 범위 내에 있다.

[0132] 바람직한 실시예에서, 그루브 밀도 VD는 1% 내지 347%, 특히 바람직하게 2% 내지 113%, 가장 바람직하게 10% 내지 105%의 범위 내에 있다.

[0133] 바람직한 실시예에서, 그루브는 길이 방향 축을 기준으로 20° 내지 40° , 바람직하게 22.5° 내지 32.5° 의 각도로 진행된다.

[0134] 바람직한 실시예에서, 길이 방향 축에 직각인 단면에서, 2개의 그루브 사이에 배열된 내부면의 일부에 의해 점유되는 내부면 원에서의 원호 세그먼트는 내부 표면적의 이러한 부분에 인접한 그루브 중 적어도 하나의 그루브 개구에 의해 점유되는 내부면 원에서의 원호 세그먼트의 1%보다, 특히 2%보다, 특히 5%보다, 특히 10%보다, 특히 30%보다, 특히 50%보다, 특히 70%보다 크다. 바람직한 실시예에서, 단면에서, 2개의 그루브 사이에 배열된 내부면의 부분에 의해 점유되는 내부면 원의 원호 세그먼트는 내부면의 이러한 부분에 인접한 그루브 중 적어도 하나의 그루브 개구에 의해 점유되는 내부면 원의 원호 세그먼트와 같거나 이보다 크다.

[0135] 외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹을 위한 본 발명의 장치는 본 발명의 적어도 하나의 파이프를 가진다.

[0136] 본 발명의 파이프에서, 밝은 측면과 어두운 측면 사이의 파이프 원주에 걸쳐서 불가피하게 다른 파이프 벽 및 파이프 내부에서의 열 공급은 균형을 이루고, 열은 코어 구역을 향하여 빠르게 제거된다. 이러한 것은 파이프 벽에서 공정 가스의 국부적 과열 위험과 이에 의해 유발되는 코크의 형성 위험에서의 감소와 관련된다. 또한, 파이프 재료에서의 열 응력은 밝은 측면과 어두운 측면 사이의 온도 보상으로 인해 낮아지며, 이러한 것은 수명의 연장으로 이어진다. 마지막으로, 본 발명의 파이프의 경우에, 더 양호한 올레핀 수율의 결과로 파이프 단면에 걸친 온도의 균질화가 또한 존재한다. 그 이유는 파이프의 내부에서 본 발명의 반경 방향 온도 보상이 없이, 고온의 파이프 벽에서 과도한 크래킹이 있고 파이프의 중간에서 너무 낮은 반응 전환이 존재하기 때문이다.

[0137] 재료에 따르면, 본 발명의 파이프는, 예를 들어 축 방향으로 평행한 그루브를 가지는 파이프의 단부를 양쪽 방향으로 비트는 것에 의해, 또는 프로파일 몰드, 예를 들어 파이프의 내부 프로파일에 대응하는 외부 프로파일을 가지는 플로팅 맨드릴(floating mandrel) 또는 맨드릴 로드(mandrel rod)를 통하여 예를 들어, 열간 단조, 열간 인발 또는 냉간 성형에 의해 원심 주조 파이프를 예비 성형하는 것에 의해 내부 프로파일을 생성하는 것에 의해 원심 주조 파이프로부터 제조될 수 있다.

[0138] 파이프의 내부 프로파일링을 위한 절단 기계는 다양한 변형예, 예를 들어 독일 특허 명세서 195 23 280으로부터 공지되어 있다. 이들 기계는 또한 본 발명의 파이프의 제조에 적합하다.

[0139] 본 발명의 파이프의 내부면은 최소 거칠기를 가져야 하며; 그러므로, 평활화, 예를 들어 기계적으로 폴리싱되거나 전해적으로 평평하게 되었다.

[0140] 에틸렌 플랜트에서 사용하는데 적합한 파이프 재료는 0.1% 내지 0.5%의 탄소, 20% 내지 35%의 크롬, 20% 내지 70%의 니켈, 최대 3%의 실리콘, 최대 1%의 니오븀, 최대 5%의 텅스텐, 각각의 경우에 최대 0.5%의 하프늄, 티타늄, 희토류 또는 지르코늄의 첨가제, 및 최대 6%의 알루미늄을 가지는 니켈-크롬-철 합금을 포함한다.

[0141] 파이프를 위하여,

[0142] 0.05 내지 0.6%의 탄소

[0143] 20% 내지 50%의 크롬

[0144] 5% 내지 40%의 철

[0145] 최대 6%의 알루미늄

[0146] 최대 2%의 실리콘

[0147] 최대 2%의 망간

[0148] 최대 1.5%의 니오븀

[0149] 최대 1.5%의 탄탈륨

[0150] 최대 6.0%의 텅스텐

[0151] 최대 1.0%의 티타늄

[0152] 최대 1.0%의 지르코늄

[0153] 최대 0.5%의 이트륨

[0154] 최대 0.5%의 세륨

[0155] 최대 0.5%의 몰리브덴

[0156] 최대 0.1%의 질소

[0157] 잔부 : 용융 관련 불순물을 포함하는 니켈로 구성되는, 높은 내산화성, 내침탄성, 내파열성 및 내크리프성을 가지는 니켈-크롬-철 합금을 사용하는 것이 특히 바람직하다.

[0158] 아래의 표 11는 본 발명의 제안된 관계를 따르는 본 발명의 가능한 실시예를 도시한다. 하나의 라인에서, 선택된 내부 직경 D_{eqv} 에 대해, 한 쌍의 N_{TMax} 및 TT_{min}과 VD_{max}는 양호한 열전달을 위해 지정되지만, 제2 쌍의 N_{TMin} 및 TT_{Max}와 VD_{min}과 관련하여 더욱 낮은 열전달이 지정된다. 덧붙여, 이러한 표는 시뮬레이션 프로그램에 의해 추정된 열전달을 보인다(더욱 낮은 열전달에 대해 $H_{min}(D_{eqv}, TT_{min}, VD_{Max})$[와트]); 더욱 개선된 열전달에 대해 $H_{Max}(D_{eqv}, TT_{max}, VD_{min})$[와트]).

표 11

[0159]

No.	D_{eqv}	N_{Tmax}	VD_{max}	TT_{min}	$H_{min}(D_{eqv}, TT_{min}, VD_{max})$ [watts]
1	35	9	100	1.3	10831.95559
2	40	11	100	1.3	12288.96106
3	45	12	100	1.3	13732.69121
4	50	14	100	1.3	15163.14603
5	55	16	100	1.3	16580.32553
6	60	18	100	1.3	17984.2297
7	65	20	100	1.3	19374.85855
8	70	21	100	1.3	20752.21208
9	75	23	100	1.3	22116.29028
10	80	25	100	1.3	23467.09315
11	85	27	100	1.3	24804.62071
12	90	29	100	1.3	26128.87294
13	95	30	100	1.3	27439.84984
14	100	32	100	1.3	28737.55142
15	105	34	100	1.3	30021.97768
16	110	36	100	1.3	31293.12861
17	115	38	100	1.3	32551.00422
18	120	39	100	1.3	33795.6045
19	125	41	100	1.3	35026.92946
20	130	43	100	1.3	36244.9791
21	135	45	100	1.3	37449.75341
22	140	47	100	1.3	38641.25239
23	160	54	100	1.3	43274.4951

24	180	61	100	1.3	47695.33262
25	200	68	100	1.3	51903.76496
26	280	97	100	1.3	66613.44243
27	35	3	33.33333333	2.7	11564.65262
28	40	3	27.27272727	2.7	13032.35209
29	45	3	25	2.7	14463.96054
30	50	3	21.42857143	2.7	15887.80079
31	55	3	18.75	2.7	17292.40888
32	60	3	16.66666667	2.7	18679.77042
33	65	3	15	2.7	20051.07678
34	70	3	14.28571429	2.7	21404.40771
35	75	3	13.04347826	2.7	22746.18795
36	80	3	12	2.7	24073.38983
37	85	3	11.11111111	2.7	25386.30292
38	90	3	10.34482759	2.7	26685.1369
39	95	3	10	2.7	27969.09023
40	100	3	9.375	2.7	29240.37497
41	105	3	8.823529412	2.7	30497.91084
42	110	3	8.333333333	2.7	31741.77677
43	115	3	7.894736842	2.7	32972.03508
44	120	3	7.692307692	2.7	34188.38764
45	125	3	7.317073171	2.7	35391.6438
46	130	3	6.976744186	2.7	36581.40387
47	135	3	6.666666667	2.7	37757.6973
48	140	3	6.382978723	2.7	38920.54851
49	160	3	5.555555556	2.7	43437.89962
50	180	3	4.918032787	2.7	47741.49693
51	200	3	4.411764706	2.7	51831.75693
52	280	3	3.092783505	2.7	66063.32146

[0160] 더욱 최적화된 값(H_{min})(D_{eqv}, TT_{min}, VD_{Max})[와트])과 관련하여 양호하지만 약간 더욱 낮은 값과 더욱 최적화된 값(H_{Max})(D_{eqv}, TT_{max}, VD_{min})[와트]) 모두에 대하여, 예상되는 열전달은 도 4에 도시된 바와 같이 내부 직경에 정비례로 플롯팅될 수 있는 것이 인식되었다. 아래의 표 22는 개별 파이프에 대해 본 발명에 따라서 사용된 관계의 상이한 변수의 값을 나타낸다. 그루브 베이스에서의 원호는 반경 r_2 가 8 ㎜이었다.

표 22

[0161]

No.	A_{eqv}	A_1	A_T	r_1	b_1	b_2	s	h
1	962.113	870.691	10.158	16.648	11.365	12.331	11.146	0.961
2	1256.637	1149.789	9.713	19.131	10.883	11.77	10.737	0.769
3	1590.431	1477.643	9.399	21.688	10.543	11.374	10.44	0.638
4	1963.495	1835.026	9.176	24.168	10.303	11.093	10.226	0.547
5	2375.829	2231.74	9.006	26.653	10.12	10.878	10.059	0.479
6	2827.433	2667.765	8.87	29.141	9.975	10.708	9.927	0.426
7	3318.307	3143.09	8.761	31.63	9.858	10.57	9.818	0.383
8	3848.451	3666.405	8.669	34.162	9.76	10.455	9.727	0.348
9	4417.865	4220.229	8.593	36.652	9.679	10.359	9.65	0.319
10	5026.548	4813.348	8.528	39.143	9.609	10.278	9.585	0.295
11	5674.502	5445.756	8.472	41.635	9.55	10.207	9.529	0.274
12	6361.725	6117.451	8.423	44.128	9.498	10.146	9.48	0.255
13	7088.218	6836.823	8.38	46.65	9.452	10.092	9.436	0.239
14	7853.982	7587.043	8.342	49.143	9.411	10.044	9.397	0.225
15	8659.015	8376.545	8.308	51.637	9.375	10.001	9.362	0.213
16	9503.318	9205.329	8.277	54.131	9.343	9.963	9.331	0.201
17	10386.891	10073.393	8.25	56.626	9.314	9.928	9.303	0.191
18	11309.734	10988.968	8.225	59.143	9.287	9.897	9.278	0.182

19	12271.846	11935.564	8.202	61.638	9.263	9.868	9.254	0.174
20	13273.229	12921.438	8.181	64.133	9.241	9.842	9.233	0.166
21	14313.882	13946.589	8.162	66.628	9.221	9.818	9.213	0.159
22	15393.804	15011.017	8.144	69.124	9.202	9.796	9.195	0.153
23	20106.193	19669.568	8.086	79.127	9.14	9.722	9.135	0.132
24	25446.9	24956.406	8.041	89.128	9.092	9.666	9.088	0.116
25	31415.927	30871.542	8.006	99.13	9.055	9.621	9.052	0.103
26	61575.216	60807.235	7.917	139.124	8.962	9.511	8.96	0.072
27	962.113	877.692	28.14	16.715	14.619	17.379	14.158	1.573
28	1256.637	1175.212	27.142	19.341	14.145	16.706	13.832	1.279
29	1590.431	1511.08	26.45	21.932	13.82	16.241	13.592	1.08
30	1963.495	1885.673	25.941	24.5	13.582	15.899	13.409	0.935
31	2375.829	2299.186	25.548	27.053	13.4	15.636	13.263	0.825
32	2827.433	2751.727	25.236	29.596	13.255	15.426	13.145	0.739
33	3318.307	3243.365	24.981	32.131	13.138	15.256	13.047	0.669
34	3848.451	3774.144	24.769	34.66	13.041	15.114	12.964	0.612
35	4417.865	4344.095	24.59	37.186	12.959	14.994	12.894	0.563
36	5026.548	4953.239	24.437	39.707	12.889	14.891	12.833	0.522
37	5674.502	5601.591	24.304	42.226	12.829	14.802	12.779	0.486
38	6361.725	6289.163	24.187	44.743	12.776	14.724	12.732	0.455
39	7088.218	7015.965	24.085	47.257	12.729	14.656	12.691	0.428
40	7853.982	7782.002	23.993	49.77	12.688	14.595	12.653	0.404
41	8659.015	8587.28	23.912	52.282	12.651	14.54	12.62	0.382
42	9503.318	9431.804	23.838	54.793	12.617	14.491	12.589	0.363
43	10386.891	10315.577	23.771	57.302	12.587	14.446	12.562	0.345
44	11309.734	11238.601	23.711	59.811	12.56	14.406	12.537	0.329
45	12271.846	12200.88	23.656	62.319	12.535	14.369	12.514	0.315
46	13273.229	13202.415	23.605	64.826	12.512	14.335	12.493	0.302
47	14313.882	14243.208	23.558	67.333	12.491	14.304	12.473	0.289
48	15393.804	15323.26	23.515	69.839	12.472	14.275	12.455	0.278
49	20106.193	20036.081	23.371	79.86	12.407	14.178	12.394	0.241
50	25446.9	25377.119	23.26	89.877	12.357	14.105	12.347	0.212
51	31415.927	31346.407	23.173	99.889	12.318	14.046	12.31	0.19
52	61575.216	61506.358	22.953	139.922	12.22	13.899	12.216	0.133

[0162] 값($H_{min}(D_{eqv}, TT_{min}, VD_{Max})$[와트]) 및 $H_{Max}(D_{eqv}, TT_{max}, VD_{min})$[와트]의 추정에 사용된 CFD 분석(컴퓨터 유체 역학 분석)에서, 다음 시뮬레이션 조건이 사용되었다:

[0163] 열전달 시뮬레이션을 위한 경계 조건:

[0164] 파이프의 외부 가열을 위한 공간의 온도: 1300℃

[0165] 파이프의 방사율(ε): 0.85

[0166] 밝은/어두운 측면(밝은 측면 : 80% 복사 20% 대류; 어두운 측면 : 20% 복사 80% 대류) 및 온도의 함수로서 밀도, 비열 용량, 및 열전도성의 물리적 재료 특성의 포함

[0167] 시뮬레이션 길이: 2 m

[0168] 표 1: 파이프 입구에서의 공급 혼합물의 상태

표 1

[0169]

파라미터	값
온도, ℃	621
압력, bar	2
면적 특정 질량 유량, g/(s·m²)	52912.8

[0170] 표 2: 공급 혼합물의 물리적 특성

표 2

[0171]

온도 ℃	밀도 kg/m³	비열 용량 kJ/kgK	동적 점도 kg/ms	열전도성 W/mK
620	0.87467615	2.81553015	2.941481E-05	0.08947538
630	0.86669998	2.82698110	2.974235E-05	0.09122076
640	0.85872380	2.83843205	3.006989E-05	0.09296613
650	0.85074763	2.84988300	3.039743E-05	0.09471151
660	0.84277145	2.86133395	3.072497E-05	0.09645688
670	0.83479528	2.87278490	3.105251E-05	0.09820226
680	0.82681910	2.88423585	3.138005E-05	0.09994763
690	0.81884293	2.89568680	3.170759E-05	0.10169301
700	0.81086675	2.90713775	3.203513E-05	0.10343838
710	0.80289058	2.91858870	3.236268E-05	0.10518376
720	0.79491440	2.93003965	3.269022E-05	0.10692913
730	0.78693823	2.94149060	3.301776E-05	0.10867451
740	0.77896205	2.95294155	3.334530E-05	0.11041988
750	0.77098588	2.96439250	3.367284E-05	0.11216526
760	0.76300970	2.97584345	3.400038E-05	0.11391063
770	0.75503353	2.98729440	3.432792E-05	0.11565601
780	0.74705735	2.99874535	3.465546E-05	0.11740138
790	0.73908118	3.01019630	3.498300E-05	0.11914676
800	0.73110500	3.02164725	3.531055E-05	0.12089213
810	0.72312883	3.03309820	3.563809E-05	0.12263751
820	0.71515265	3.04454915	3.596563E-05	0.12438288
830	0.70717648	3.05600010	3.629317E-05	0.12612826
840	0.69920030	3.06745105	3.662071E-05	0.12787363
850	0.69122413	3.07890200	3.694825E-05	0.12961901

[0172] 본 발명의 파이프는 바람직하게 외부적으로 가열된 파이프를 통해 공급 혼합물이 안내되는, 증기의 존재시에 탄화수소의 열 크래킹을 위해 사용된다.

도면의 간단한 설명

[0173] 본 발명은 본 발명의 실시예만을 도시한 도면에 의해 상세히 설명된다:

도 1은 본 발명의 파이프의 사시도,

도 2는 파이프의 길이 방향 축에 직각인 단면 평면에서 본 발명의 파이프의 제1 가능한 단면도,

도 3은 파이프의 길이 방향 축에 직각인 단면 평면에서 본 발명의 파이프의 제2 가능한 단면도,

도 4는 양호한 결과로 이어지는 그루브의 수 N_T의 및 그루브 깊이 TT의 쌍 및 추가로 개선된 결과로 이어지는 그루브의 수 N_T 및 그루브 깊이 TT의 쌍에 대해, 내부 직경에서의 이러한 쌍으로 달성된 열 전달의 의존성을 도시한 도면, 및

도 5는 그루브를 구비한 본 발명의 파이프의 단면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0174] 도 1에 도시된 본 발명의 파이프(1)는 길이 방향 축 A를 따라서 연장되고 내부면 내로 도입되는 3개의 그루브(2)를 가지며, 그루브는 내부면을 따라서 길이 방향 축 A 주위에서 나선으로 연장된다.

[0175] 도 2에 도시된 본 발명의 파이프(1)의 단면에서. 바람직한 실시예에서, 그루브(2)들이 파이프(1)의 다른 원통형 내부면 내로 도입되는 것이 명백하다. 그러므로, 그루브(2)들 사이에, 파이프(1)의 원통형 내부면의 일부가 남는다.

[0176] 그루브 깊이 TT와 지름 Di 및 내부면 원(3)이 도 2에 포함된다.

[0177] 마찬가지로, 도 2에서, 그루브(2)의 단면은 원호로 도시될 수 있다.

[0178] 도 3에 도시된 본 발명의 파이프(1)의 단면에서. 대안적인 실시예에서, 그루브 베이스(4)의 오목한 그루브는 그루브 개구(5)의 방향으로 볼록 형상으로 합쳐질 수 있고, 2개의 그루브(2) 사이에 남아있는 내부면의 부분이 라인으로 사실상 수축된다는 것이 명백하다. 그루브 깊이 TT와 지름 Di 및 내부면 원(3)이 도 3에 포함된다.

[0179] 도 4는 등가 지름 D_{eqv} 의 함수로서 표에 보고된($H_{min}(D_{eqv}, TT_{min}, VD_{Max})$[와트]) 및 $H_{Max}(D_{eqv}, TT_{max}, VD_{min})$[와트]) 의 값을 도시한다. 이들 값이 각각의 경우에 라인에 의해 표현될 수 있다는 것이 명백하다.

[0180] 도 5 및 도 5에 도시된 상세(Y)는 예로서 그루브를 가지는 본 발명의 파이프에서 청구범위 및 본 상세한 설명에 사용된 약어 A_1, r_1, TT, h, b_2, b_1, A_T, r_2 및 s의 명명법을 도시한다.

[0181] 파이프를 특징화하는 4개의 값(N_T, Di, r_2 및 TT)이 구해질 수 있는 방식은 다음의 예에 의해 보여질 수 있다.

[0182] 하나의 예에서, 통로 면적이 지름 60 mm의 평활한 파이프의 통로 면적에 대응하는 외부 요건이 존재한다. 또한, 제조의 관점으로부터, 파이프의 제조에 사용 가능한 툴은 1.3 mm의 그루브 깊이 TT 및 8 mm의 그루브 베이스의 원호의 반경 r_2가 원호의 형상에서 단면을 가지는 그루브의 경우에 선택되어야 한다는 제한을 초래한다. 문제는 외부적으로 가열된 파이프를 가지는 파이프 로에서 탄화수소의 열 크래킹의 경제성을 개선할 수 있는 그루브의 지름 Di와 수이다.

[0183] 그러므로, 시작 지점은 다음과 같다:

[0184] D_{eqv} = 60mm

[0185] $A_{eqv} = \pi(60/2)^2 = 2827.43\ mm^2$

[0186] TT = 1.3 mm

[0187] r_2 = 8mm

[0188] A_{eqv}는 $r_{eqv} = Di_{eqv}/2$ = 30 mm를 직접 준다.

[0189] r_2와 r_{eqv}는,

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{\arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{eqv}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{eqv}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{eqv}|}\right)}$$

[0190] 인 공식에 의해 제1 단계에서 N_{ref}의 결정에 대해 18의 제1 N_{ref}를 준다. 이러한 18의 제1 N_{ref}를 이용하여, 상기된 Goal Seek 기능은 29.1406241의 r_{Nref}를 주며, 이와 함께,

$$\pi \geq N_{ref}\cdot\arcsin\left(\frac{\left|\sqrt{2\cdot|r_{N_{ref}}|\cdot\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{N_{ref}}|-|r_2|+1.3)}-\left(\frac{2\cdot|r_2|\cdot1.3-1.3^2}{2\cdot(|r_{N_{ref}}|-|r_2|+1.3)}\right)^2}\right|}{|r_{N_{ref}}|}\right),\ r_{N_{ref}} < r_{eqv}$$

[0191] 인 2차 조건이 동시에 수행된다. 그러므로, 수 18이 N_{ref}로서 사용되어야 한다.

[0192] N_{ref} = 18는 VD = N_T/18 * 100을 준다.

[0193] 상수로서,

[0194] C1 = 1946.066

[0195] C2 = 302.378

[0196] C3 = -2.178

[0197] C4 = 266.002

[0198] C5 = 1.954

[0199] C6 = 50.495

[0200] C7 = -2.004

[0201] C8 = 79.732

[0202] C9 = -1.041

[0203] C10 = 0.04631

[0204] C11 = -0.26550

[0205] $-0.2 \geq P1 \geq -0.3$

[0206] $310 \leq P2 \leq 315$

[0207] $200 \leq P3 \leq 1500$을 가지는 방정식,

[0208] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3$

[0209] =

[0210] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0211] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0212] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0213] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0214] $+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$의 좌측 항에 대하여 P1, P2 및 P3의 최소값을 삽입하는 것은,

[0215] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3 = -0.3 * (60)^2 + 310 * 60 + 200 = 17720$을 주며, 방정식의 좌측 항에 대해 P1, P2 및 P3의 최대값을 삽입하는 것은

[0216] $P1 * |D_{eqv}|^2 + P2 * |D_{eqv}| + P3 = -0.2 * (60)^2 + 315 * 60 + 1500 = 19680$을 준다.

[0217] 방정식,

[0218] $C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{eqv}|$

[0219] $+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$

[0220] $+ (|TT| - C5) * (|D_{eqv}| - C8) * C9$

[0221] $+ (VD - C6) * (|D_{eqv}| - C8) * C10$

[0222] $+ (|D_{eqv}| - C8) * (|D_{eqv}| - C8) * C11$의 우측항에 대해, $|TT| = 1.3$ 및 $|D_{eqv}| = 60$을 삽입하는 것은,

[0223] $1946.066 + 302.378 * 1.3 + -2.178 * VD + 266.002 * 60$

[0224] $+ (1.3 - 1.954) * (VD - 50.495) * -2.004$

[0225] $+ (1.3 - 1.954) * (60 - 79.732) * -1.041$

[0226] + (VD - 50.495) * (60 - 79.732) * 0.04631

[0227] + (60 - 79.732) * (60 - 79.732) * -0.26550을 주며,

[0228] 그래서:

[0229] 18162.4329 - 1.7812 VD 및,

[0230] $VD = N_T/N_{ref} * 100 = N_T/18 * 100 = 5.5556\ N_T$를 이용하여, 결과는 18162.4329 - 9.8954 N_T이다.

[0231] 파이프가 본 발명의 이점을 달성하는 것을 보장하기 위하여, N_T는.

[0232] 관계 19680 ≥ 18162.4329 - 9.8954 N_T 및 관계 18162.4329 - 9.8954 N_T ≥ 17720가 이행되도록 선택되어야 한다. 두 관계는 1≤ N_T ≤ 44.71일 것이다.

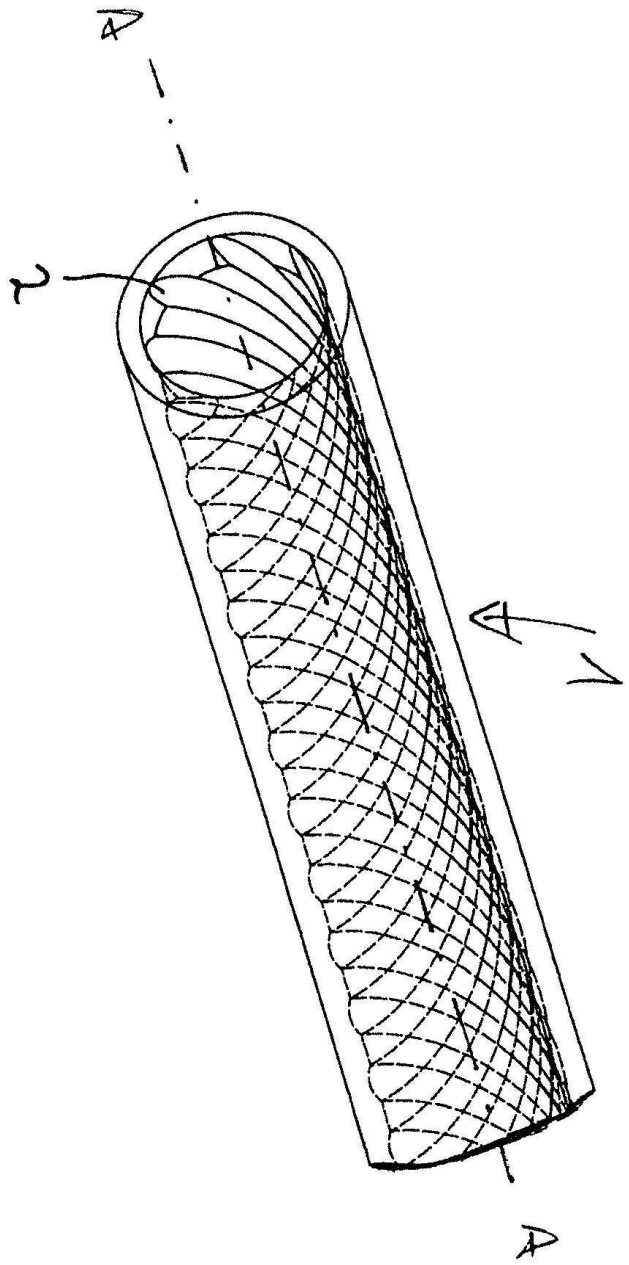
[0233] 그러므로, 구해진 N_T가 이전에 계산된 파라미터 N_{ref}보다 크기 때문에, 그루브의 최대 가능한 수(N_{ref} = 18)의 도입의 경우에도, 본 발명의 장점은 이러한 골 깊이(valley depth)에서 여전히 달성할 수 있다. 따라서, 사용자는 이러한 계산 예에서 본 발명의 장점을 잃지 않으면서 최대 가능한 수의 그루브를 파이프에 부여할 수 있다.

[0234] 그러므로, 구해진 N_T는 A_{eqv} = 2827.43 mm^2이기 때문에, 수학식 1을 사용하여 파이프의 반경 r_1 즉, 파이프의 내부 직경 Di (= 2 r_1)을 반복적으로 결정하는데 사용될 수 있다.

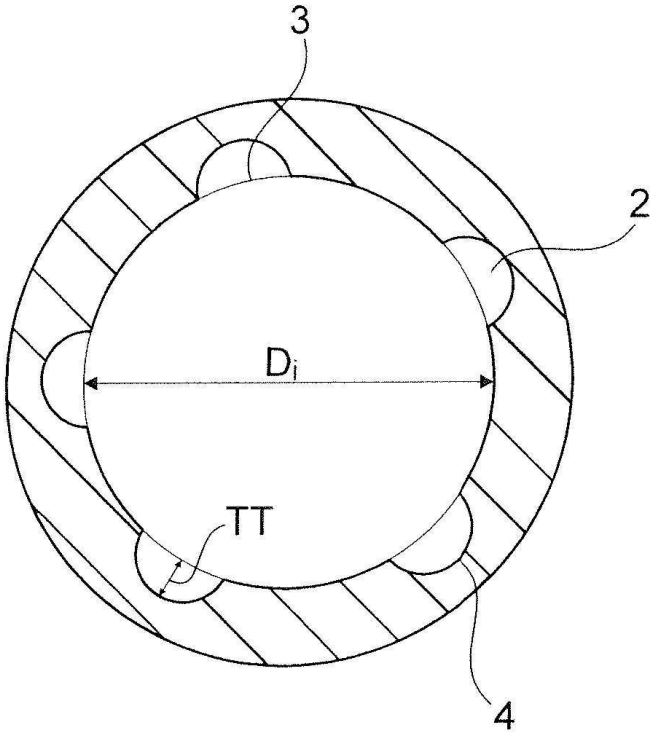
[0235] 그러므로, 본 발명의 이점을 구현하는 파이프의 제조에 필요한 모든 파라미터를 결정할 수 있다.

도면

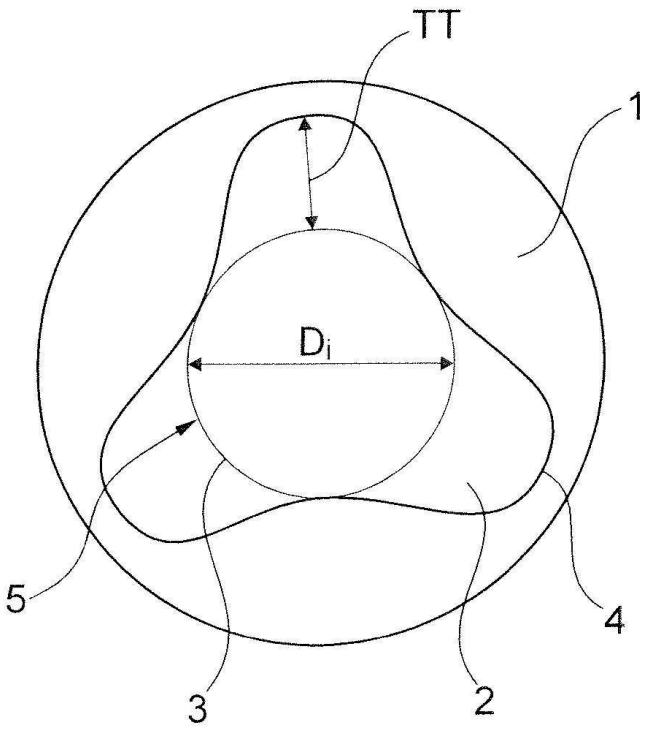
도면1



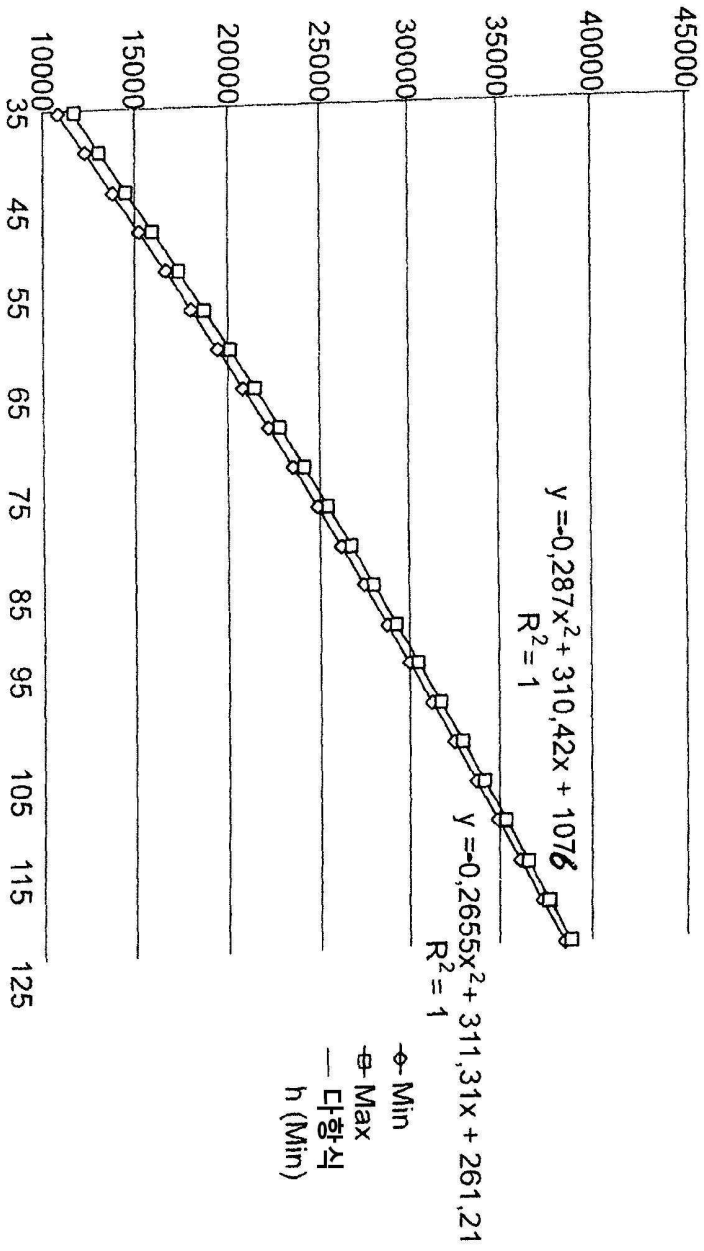
도면2



도면3



도면4


45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
35
45
55
65
75
85
95
105
115
125
y =-0,287x2+ 310,42x + 1076
R2 = 1
y =-0,2655x2+ 311,31x + 261,21
R2 = 1
Min
Max
다항식
h (Min)

도면5

