

디젤유수소첨가공정의 열교환망개조에 대한 연구

김학성, 신계룡

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《화학공업, 금속공업, 건재공업을 비롯하여 에너지를 많이 쓰는 공업부문에서 그것을 절약하기 위한 과학기술적문제를 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 136페이지)

석유가공공업은 에너지소비가 매우 큰 분야[1]이며 에너지의 리용효률을 높이는것은 공정운영과 현대화에서 중요한 문제로 제기된다.

우리는 핀치기술(Pinch Technology)[2]을 리용하여 디젤유수소첨가공정에서 열교환망의 개조방안을 연구하였다.

1. 열교환망의 분석

공정흐름지표 Aspen Plus 7.2에서 얻은 모의결과[5]에 기초하여 공정안에 존재하는 11개의 더운흐름과 9개의 찬흐름을 찾고 매 흐름의 상관지표들을 구한 결과는 표와 같다.

표. 공정흐름지표

번호	시작온도/℃	목표온도/℃	열부하/kW	번호	시작온도/℃	목표온도/℃	열부하/kW
H ₁	382.9	232.0	66 618.5	C ₁	64.2	147.7	19 325.5
H ₂	232.0	154.9	7 017.8	C ₂	152.0	342.5	55 341.1
H ₃	105.4	43.0	8 759.2	C ₃	330.3	345.0	5 287.3
H ₄	229.0	29.0	63.6	C ₄	269.9	281.0	7 855.7
H ₅	148.6	29.7	3 578.6	C ₅	221.8	246.1	7 316.1
H ₆	152.1	43.9	2 098.6	C ₆	81.4	185.6	7 017.8
H ₇	270.6	51.6	53 090.6	C ₇	175.6	367.0	11 281.4
H ₈	43.9	37.0	13.8	C ₈	95.0	191.0	2 193.5
H ₉	50.5	45.8	322.1		191.0	192.0	9 820.4
H ₁₀	50.5	43.2	146.4	C ₉	189.9	266.1	727.8
H ₁₁	51.0	34.1	27.5				

에너지절약지표설정 최소열전달온도차 ΔT_{\min} 은 열교환망설계에서 중요한 지표이다. ΔT_{\min} 이 작을수록 열회수량은 많아지고 공정소비량은 적어지지만 열교환면적이 커지면서 설비원가가 높아진다. 우리는 공정소비량, 열교환면적과 최소열전달온도차사이의 관계[3]를 고려하여 최소열전달온도차를 20℃로 정하였다.

다음 Problem Table방법[2]을 리용하여 계의 에너지절약지표를 확정하였다.

계의 더운공정과 찬공정에서 연간 최소공정소요량을 계산한 결과는 5 085.7, 20 613.9kW로서 열교환망의 공정소요량인 13 870.8, 29 399kW/y에 비하여 연간 8 785.1kW를 절약할 수 있다. 열교환망의 더운흐름과 찬흐름의 합성곡선은 그림 1과 같다.

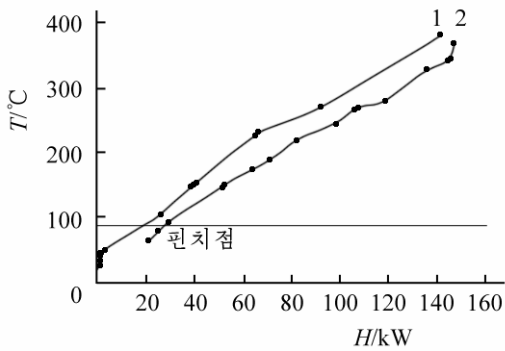


그림 1. 더운흐름(1)과 찬흐름(2)의 합성곡선

찬공정을 쓰지 말아야 한다는 설계원칙에 어긋난다.

열교환망에 존재하는 불합리한 열교환기배치 찾기 연구대상의 열교환망은 그림 2와 같다.

핀치설계원칙[4]에 근거하여 열교환망에서 불합리한 쌍짓기를 한 열교환기들을 찾았다.

열교환기 E_4 , E_8 은 핀치점을 넘어 열을 전달하므로 첫번째 원칙에 어긋난다. 흐름 H_2 와 C_6 은 E_4 를 통하여 298kW의 열량을, 흐름 H_7 과 C_1 은 E_8 을 통하여 핀치점을 넘어 4 907kW의 열량을 전달한다.

핀치점웃부분에 2대의 물랭각기와 4대의 공기랭각기가 설치되어있으므로 핀치점웃부분에서

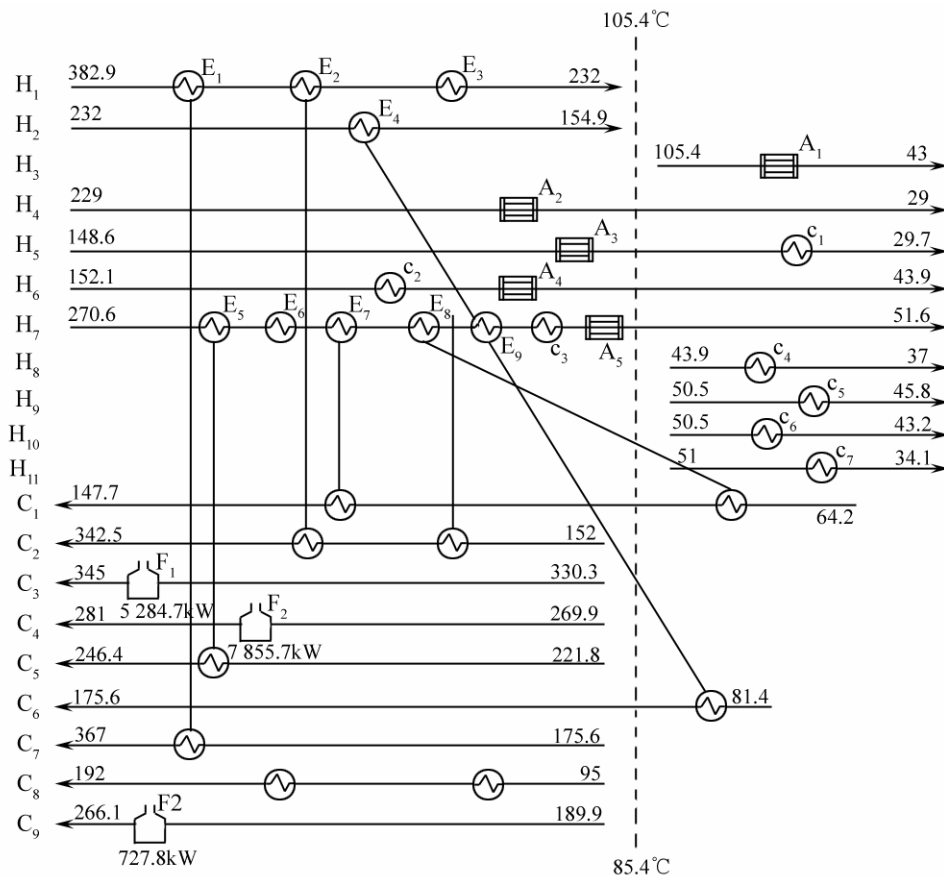


그림 2. 개조전 열교환망

흐름 H_4 가 공기랭각기 A_2 를 통하여 229°C에서 29°C로 랭각될 때, 흐름 H_5 가 A_3 을 통하여 148.6°C에서 29.7°C로 랭각될 때, 흐름 H_6 이 물랭각기 c_2 와 A_4 를 거치면서 152.1°C에서 43.9°C로 랭각될 때, 흐름 H_7 이 c_3 과 A_5 를 통하여 121°C에서 51.6°C로 랭각될 때 핀치점웃부분에서 찬공정소비량은 각각 39.2, 1 300, 905.7, 1 339kW이다. 따라서 열교환망의 불합리한 열교환량은 8 788.9kW이다.

2. 열교환망의 개조방안

열교환망에 존재하고있는 불합리한 배치를 극복하기 위한 개조방안은 그림 3과 같다.

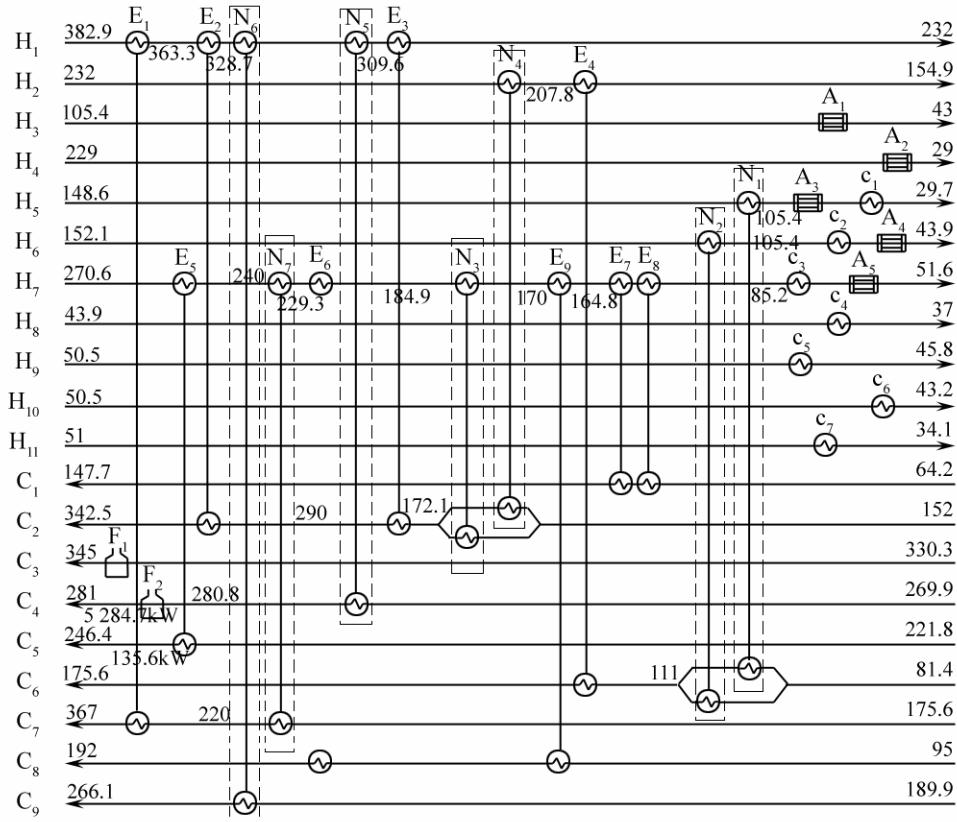


그림 3. 열교환망의 개조방안

먼저 찬흐름 C_6 을 2개로 가르고 각각 더운흐름 H_5 , H_6 과 열교환시켜 C_6 의 온도를 111°C 로 가열시킨다. 핀치점웃부분에 있는 랭각기 c_3 의 입구온도를 85.2°C 로 바꾸는 동시에 찬흐름 C_2 를 2개의 흐름으로 나눈다. 그중 한 흐름은 열교환기 N_3 을 통과하면서 H_7 과 열교환시키고 다른 한 흐름은 열교환기 N_4 를 통과하면서 H_2 와 열교환시켜 찬흐름 C_2 의 온도를 172.1°C 로 올린다.

더운흐름 H_1 은 열교환기 N_5 를 거치면서 찬흐름 C_4 와 열교환시켜 C_4 의 온도를 280.8°C 로 가열한 다음 N_6 을 통과하면서 증기흐름을 목표온도까지 가열시킨다.

더운흐름 H_7 이 통과하는 열교환기 E_5 , E_6 사이에 새로 열교환기 N_7 을 설치하여 찬흐름 C_7 의 온도를 220.1°C 까지 가열한다.

개조후 새로 설치된 열교환기는 7대이며 더운공정소비량을 8 450.5kW 줄였다.

맺 는 말

핀치기술을 리용하여 디젤유수소첨가공정의 에네르기소비를 줄이기 위한 열교환망개조방안을 연구하였다.

최소열전달온도차를 20℃로 설정하면 핀치온도는 95.4℃이며 이때 더운공정소비량을 최대 63.3%까지 줄일수 있다. 핀치설계규칙에 의하여 열교환망에 존재하는 불합리한 요소들을 찾아 7대의 열교환기를 새로 추가하였으며 랭각기 c₃의 입구온도를 121℃로부터 85.2℃로 변경시킨 결과 8 450.5kW를 절약할수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] F. Friedler; Applied Thermal Engineering, 30, 2270, 2010.
- [2] 项曙光 等; 能量的有效利用, 化学工业出版社, 30~50, 2010.
- [3] 支鲁 等; 计算机与应用化学, 29, 117, 2012.
- [4] 刘铁成 等; 计算机与应用化学, 33, 1187, 2016.
- [5] 王伟 等; 化工进展, 32, 227, 2013.

주체106(2017)년 10월 5일 원고접수

On the Retrofitting of Heat Exchanger Network in Diesel Hydrotreating Unit

Kim Hak Song, Sin Kye Ryong

We retrofitted a heat exchanger network(HEN) for energy saving in the diesel hydrotreating unit by Pinch analysis.

If we set the minimum allowable temperature difference 20℃, there is a possibility to save the energy in the HEN. The minimal requirements of the hot and cold utility are 5 085.7 and 20 613.9kW, respectively. By adding newly seven heat exchangers in the HEN and changing operating conditions, the hot utility can be reduced to 63.3%.

Key words: Pinch technology, energy saving