Production of Power From Heat

인류가 이제까지 에너지를 얻어온 원천은 자연이었습니다. 더 정확히 하면 태양으로부터 에너지를 얻었습니다. 태양으로부터 지구로 전달되는 열과 빛은 여러 다양한 형태의 에너지원으로 변했습니다.

태양열에너지

태양에너지

풍력에너지

지열에너지

파력에너지(해양에너지)

복사에너지가 지표면을 불균일하게 가열함으로 생기는 풍력, 달과 지구의 인력에 의한 조력등이 이에 해당합니다. 하지만 이러한 에너지원들은 특정 지역에서만 주로 얻어질 수 있는 특징이 있기 때문에 인류가 요구하는 에너지 필요량을 충당할 수 없습니다. 인류에게 필요한 에너지는 수 천년 동안 지구에 저장된 화석에너지가 대신하였고, 이러한 화석에너지는 열에너지를 통해 인류에게 보다 유용한 에너지원으로 바뀌게 됩니다. 본 강의록 부분에서는 이러한 열에너지를 에너지원으로 사용한 Heat engine의 기본구조에 대해 알아보고자 합니다.

The Steam Power Plant

Heat Engine중 가장 단순하고 이상적인 것은 Carnot-engine입니다.

Carnot-engine의 구조는 다음과 같습니다.

1. 일정한 고온(T_H)에서 열 Q_H를 흡수한다.
2. 단열팽창하면서 W만큼의 일을 한다.
3. 일정한 저온(T_C)에서 열 Q_C를 방출한다.
4. 단열압축하면서 원 상태로 되돌아 온다.

이 Carnot-engine은 작동유체로 이상기체가 사용됩니다. 하지만 실제 엔진에서는 주로 steam을 작동유체로 씁니다. 하지만 실제 엔진의 구조는 Carnot-engine의 구조와 그리 크게 다르지 않습니다. 그림 1은 단순한 수증기 동력 기관을 보여줍니다.

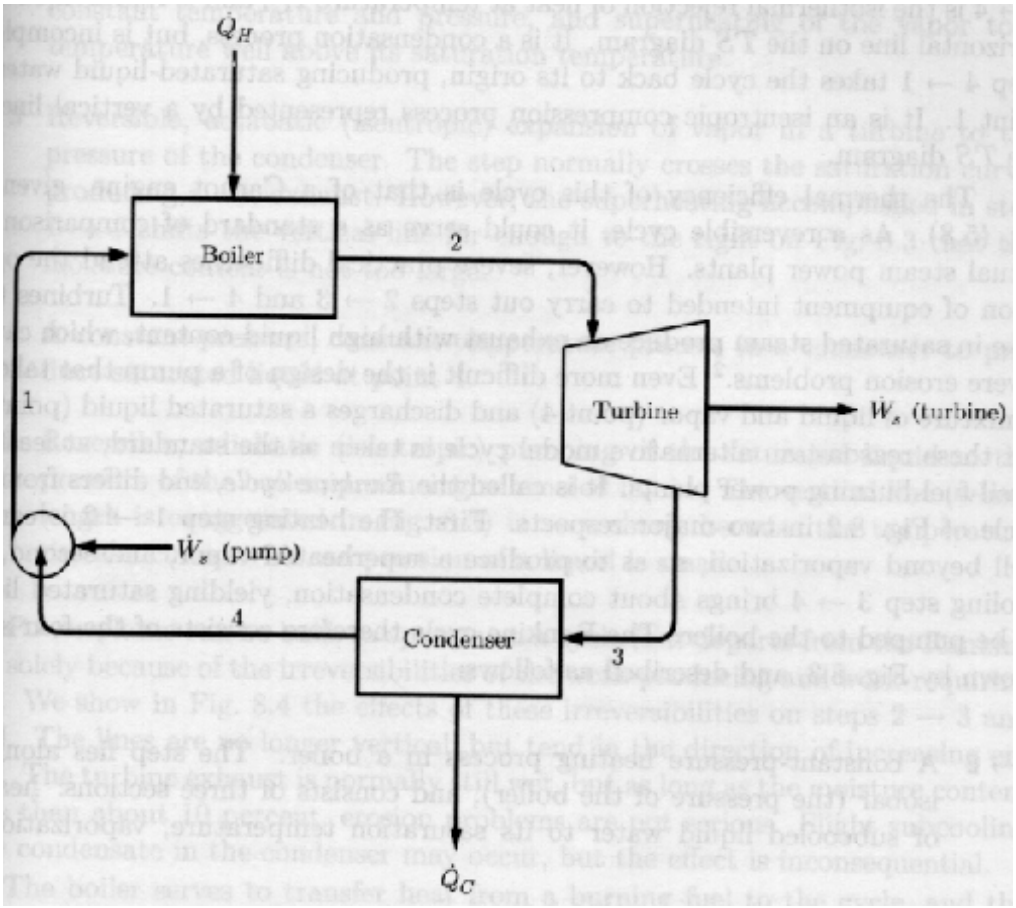
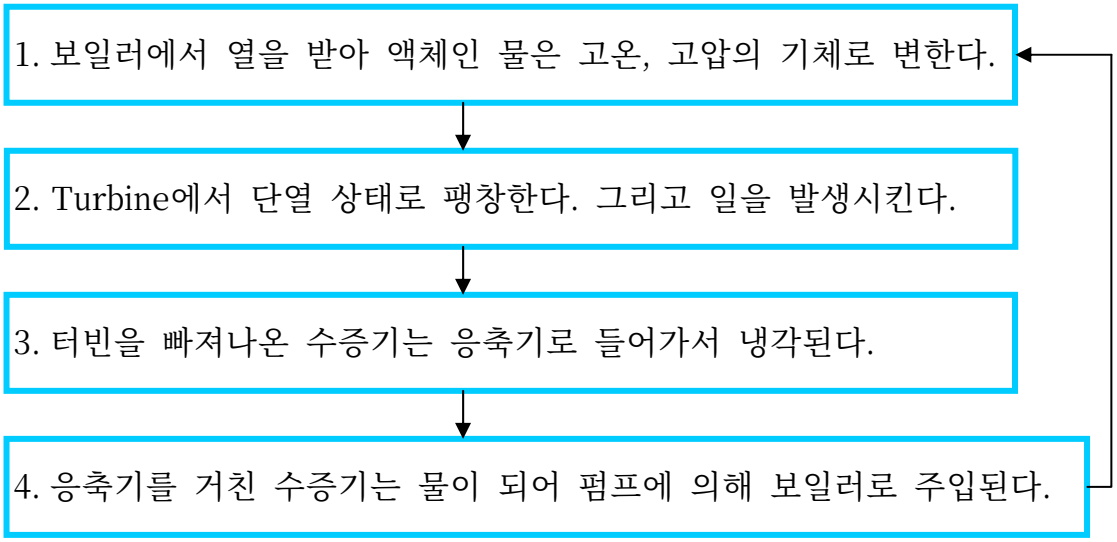


그림. 1 Steam power plant



이 Carnot-engine을 TS(온도-엔트로피) 선도로 표현하면 다음과 같습니다. (그림. 2)

1 T_H라는 등온에서 열을 흡수한다.(그러므로 TS선도에서 수평선을 가짐)
2 Turbine에서 가역 단열팽창한다.(그러므로 TS선도에서 수직선을 가짐)
3 T_C라는 등온에서 열을 배출한다.(그러므로 TS선도에서 수직선을 가짐)
4 Pump에서 가역 단열압축한다.(그러므로 TS선도에서 수직선을 가짐)

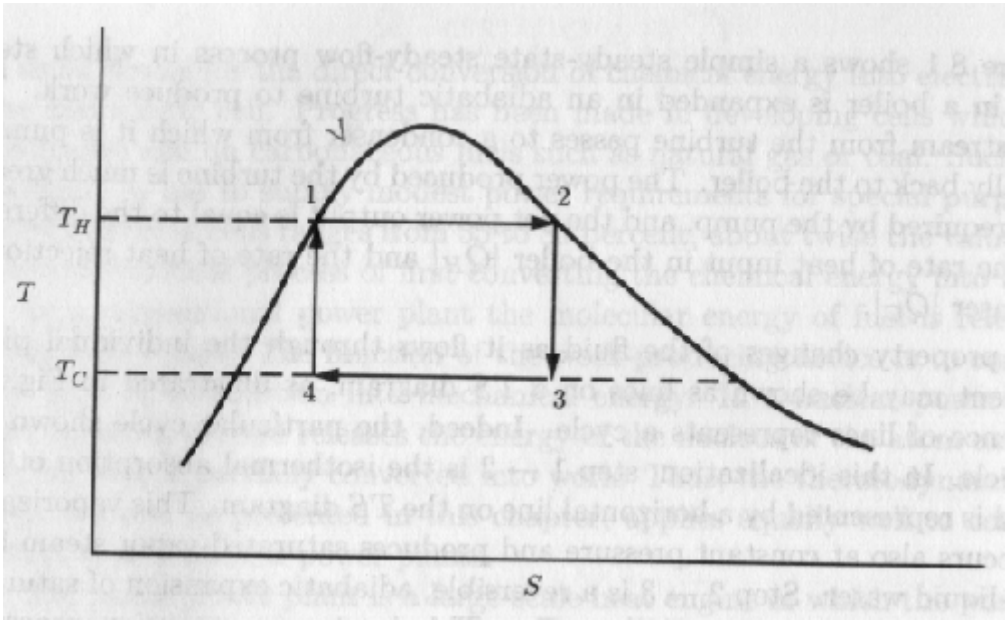


그림. 2 Carnot cycle on a TS diagram

하지만 실제 운전과정에서는 이렇게 조업할 수 없습니다. 왜냐하면 2의 과정 후에 Turbine을 나오는 유체에는 상당량의 물이 있기 때문에 **부식의 문제가 있을 수 있으며** 4의 과정대로 하면 pump에 물과 수증기가 혼합되어 들어가게 되는데, **pump에 기체가 들어가면 종종 고장을 일으키기** 때문입니다. 그러므로 이러한 이유로 인해 Carnot Cycle을 수정하여 나온것이 Rankin Cycle입니다. Rankin Cycle은 다음과 같습니다.(그림. 3)

1-2 일정한 압력에서 보일러의 물을 가열하는 공정. 일정 압력에서 과냉각된 물을 가열, 과열된 수증기로 만듬.
2-3 과열된 수증기를 가역 단열 팽창시켜 압력을 condenser의 압력까지 떨어 뜨림. Carnot cycle보다 생성물내 물의 함량이 작은 것을 볼 수 있다.
3-4 일정한 온도, 일정한 압력에서 응축기를 통해 포화액체로 응축
4-1 응축기를 나온 유체를 가역, 단열 pumping하여 보일러의 압력을 갖는 과냉각된 액체를 만듬.

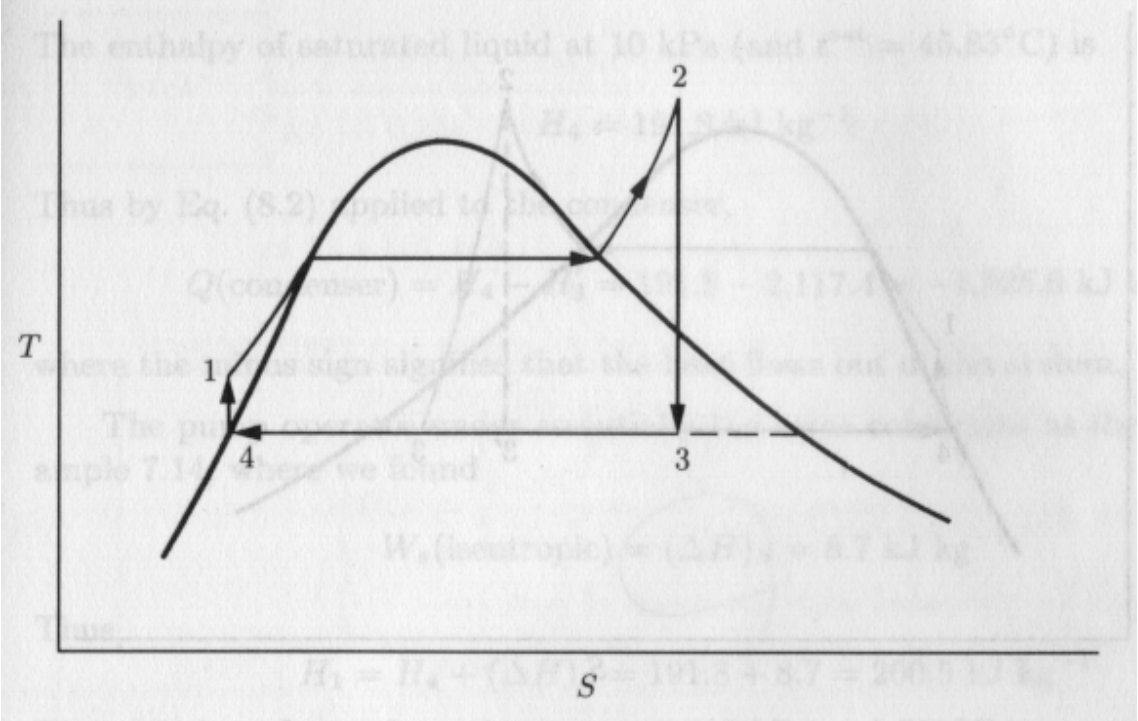


그림. 3 The Rankine cycle on a TS diagram

실제 발전소에서는 Rankine cycle과 다르게 작동합니다. 이유는 그 이유는 일을 생산하는 공정이 등 엔트로피를 유지하면서 일어날 수 없기 때문입니다.(등 엔트로피 – 가역 공정, 실제 공정 – 비가역 공정) 또한 Turbine을 나가는 유체 내 액체의 비율이 10%미만이면 그리 부식의 문제는 크게 고려되지 않기 때문에 등 엔트로피 선도에서 약간 오른쪽으로 이동하게 됩니다. (그림. 4)

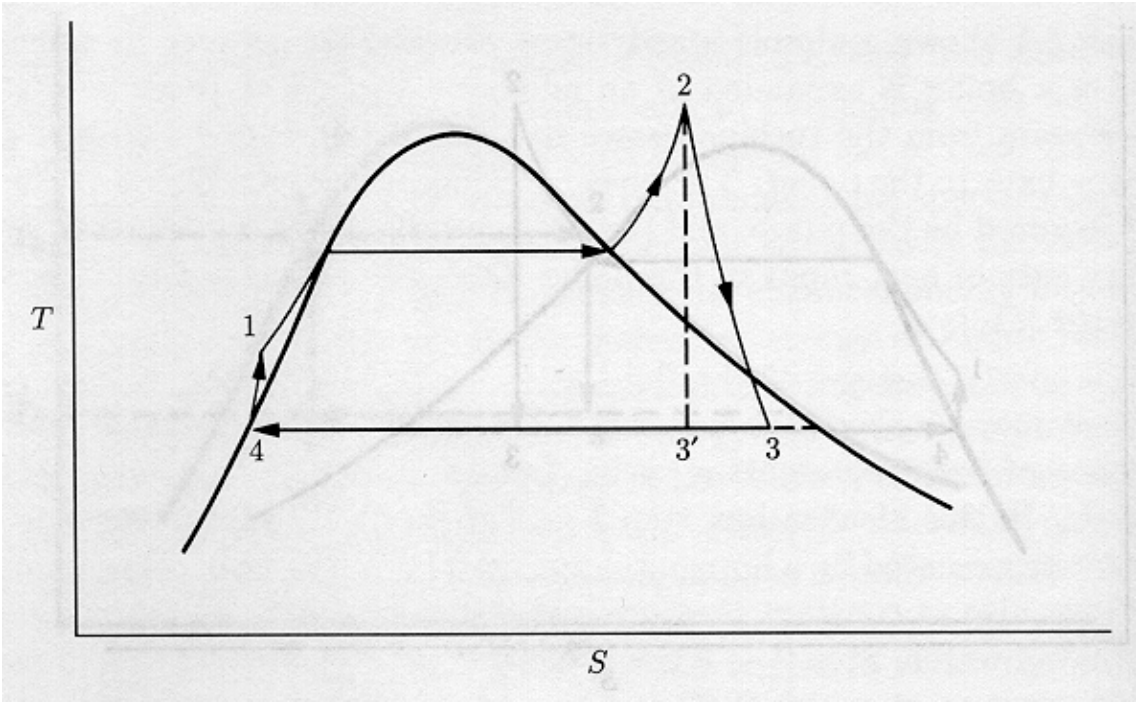


그림.4 Simple practical power cycle

Regenerative Cycle

수증기 동력 엔진의 효율은

$$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

보일러의 압력과 증발온도가 증가할 때 ,

보일러로 들어가는 수증기를 과열상태로까지 가열할 때 (Q_H 가 증가하게 됨)

증가하게 됩니다. 하지만 위와 같은 방법으로 효율을 높여줄 땐 capital cost가 매우 크게 증가합니다. 그러므로 현대의 대부분의 동력기관들은 Rankine cycle에 약간 수정을 가해서 운전합니다. 방법은 그림 4와 같습니다.

Condenser로부터 나오는 물을 직접 boiler에 넣어주는 것이 아니라

turbine에서 일부 끌어낸 수증기로 가열을 해줍니다. 이렇게 해 주면 보일러에 들어가는 유체의 평균 온도를 높여서 전체적인 효율을 증가시킬 수 있습니다.