3. PUMP 개요

- NPSHR

NET POSITIVE SUCTION HEAD REQUIRED 의 약자이며 PUMP MFR 에 의해 결정되어지는 값이다. 이 값에 영향을 주는 요소로는 CASING 의 DIMENSION , IMPELLER INLET TYPE , IMPELLER DESIGN , PUMP FLOW , ROTATIONAL SPEED , LIQUID 의 특성등이다. 첨부의 PERFORMANCE CURVE 를 보면 일반적으로 NPSHR 은 PLOTTING 되게끔 되어있다. PUMP 가 정상적으로 운전되기 위해서는 기본적으로 충족되어져야 하는 중요한 값이며 $RPM \propto NPSH^{0.75}$ 의 관계가 있다. 즉 충분한 SUCTION HEAD 가 보장이 되면 RPM 을 높힐 수 있다는 말이된다. 하지만 CRITICAL 한 SUCTION HEAD 를 가진 SYSTEM 에는 RPM 이 낮은 PUMP 를 쓰게된다.

- NPSHA

NET POSITIVE SUCTION HEAD 의 약자이며 이 값은 처리하는 LIQUID 의 VAPOR PRESSURE 이상이 되게끔 해줘야 한다. 작은 NPSHA 는 CAVITATION 의 주원인으로 작용하게되며 PUMP 의 수명을 단축시키게 된다. NPSHA 가 작아 PUMP SUCTION 으로 유입되는 LIQUID FLOW 의 양이 줄어들고 VAPORIZING 되어 VAPOR 혹은 BUBBLE 이 PUMP 로 유입됨으로써 CAVITATION 이 발생하게 되며 PERFORMANCE 를 충분히 내지 못하게 된다. 만약 운전이 된다 손 치드라도 굉장한 NOISE 및 ERROSION 등이 발생하여 수명이 단축되게 되는 것이다. 이러한 PUMP SUCTION HEAD 의 부족현상이 발생하지 않도록 PUMP 의 DESIGN 및 설치시 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

① VENDOR 측에서 제시한 NPSHR 보다 최소 2 FEET 이상의 NPSH 를 보장해야 함.
② SUCTION PIPING SYSTEM 의 PLUGGING
③ NONCONDENSIBLE GAS 가 PUMP 로 유입되지 않도록 하는것.
④ SUCTION 의 LIQUID LEVEL , PRESSURE 및 온도 HUNTING 으로 인한 SUCTION HEAD 의 손실
⑤ 설치시의 PIPING LAYOUT
⑥ SUCTION VESSEL 의 VORTEXING 현상으로 인한 ENTRAINED GAS 가 PUMP 로 유입되는 현상
⑦ 부적절한 NOZZLE SIZE

NPSHA 의 값은 $NPSHA = h_a - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs}$ 와 같이 구할 수 있으며 ha = absolute pressure on suction liquid surface , hvpa = 운전온도에서의 LIQUID 의 VAPOR PRESSURE , hst = SUCTION 의 LEVEL 에 따르는 STATIC HEAD , hfs = SUCTION 배관 및 NOZZLE 등에서의 FRICTION 에 따르는 HEAD LOSS 의 합이다. 이 값은 PUMP 의 CENTER LINE 을 기준으로 한다.

- DISCHARGE HEAD

PUMP DISCHARGE NOZZLE 에서 잰 TOTAL HEAD 값이며 DISCHARGE 배관상의 FRICTION 에의한 HEAD 및 DISCHARGE VESSEL , CONTROL VALVE , DISCHARGE 에서의 EXIT LOSS 등을 포함하는 값이다.

- DIFFERENTIAL HEAD

PUMP 에 의해 얻어지는 HEAD 의 차이이며 SP.GR DATA를 가지고 PRESSURE 로 변환가능한 값이다.

- SPECIFIC SPEED

IMPELLER SPECIFIC SPEED 와 SUCTION SPECIFIC SPEED 가 있다.

- IMPELLER SPECIFIC SPEED

1 GALLON 의 LIQUID 를 1 FEET 의 HEAD 를 주기위해 필요한 SPEED 이며 아래와 같은 식으로 표현된다. 이 값은 IMPELLER TYPE 의 INDEX 와 같은 역할을 하며 다양한 HEAD , CAPACITY , SUCTION CONDITION , SPEED 등을 맞춰 IMPELLER 를 DESIGN 하는데 기본자료로서의 역할을 한다.

$$N_S = \frac{rpm \cdot \sqrt{gpm}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

일반적으로 HEAD 가 크고 SUCTION HEAD 가 작을 경우 SPECIFIC SPEED 가 작은 IMPELLER 를 사용하게 되며 반면에 HEAD 가 작고 NPSHR 이 클경우에는 SPECIFIC SPEED 가 큰 IMPELLER 를 사용하게 된다. SPECIFIC SPEED 에 따라 IMPELLER 와 PUMP 를 SELECTION 하는 기준은 아래와 같다.

BELOW 4,000 - CENTRIFUGAL OR RADIAL TYPE
BETWEEN 4,000 AND 9,000 - MIXED FLOW
ABOVE 9,000 - AXIAL FLOW

또한 SPECIFIC SPEED 는 갖가지 PROCESS NEED 에 따른 MINIMUM SUCTION HEAD 를 계산하는 기본자료가 되기도 한다.

- SUCTION SPECIFIC SPEED

SUCTION CAPABILITY와 IMPELLER 의 DESIGN 을 하기위한 기본적인 PARAMETER 로서의 역할을 하며 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$S = \frac{rpm\sqrt{gpm}}{NPSHR^{\frac{3}{4}}}$$

위의 식은 경험적으로 적당한 S 값을 규정지을 수만 있으면 처리하고자 하는 물량을 알고있을 때 NPSHR 값을 구할 수 있다는 것을 말해준다. RANGE 는 일반적으로 3,000 ~ 20,000 정도이며 IMPELLER DESIGN , SPEED , CAPACITY , LIQUID 의 특성 및 CAVITATION 의 정도등에 따라 값이 정해진다. HYDROCARBON 을 다루는 PUMP 의 경우 15,000 이상이 필요하며 물의 경우 7,000 ~ 12,000 정도가 경험적으로 적당하다.

- RELATIONS BETWEEN HEAD , HORSEPOWER , CAPACITY , SPEED

① BRAKE HORSEPOWER INPUT AT PUMP

$\boxed{BHP = Q \cdot H \cdot (SP.GR) / 3960 \cdot e}$ 와 같은 식으로 표현되며 특정 IMPELLER DIAMETER 에서 모든 RANGE 의 OPERATING 이 가능하게 하기위한 MAX BRAKE HORSEPOWER 는 $\boxed{BHP(MAX) = 1.18 \cdot BHP(AT\ MAXIMUM\ EFFICIENCY\ POINT)}$ 로 산정한다.

② DRIVER HORSEPOWER

PUMP 의 올바른 작동을 위해서는 DRIVER 로 INPUT 되는 HORSEPOWER 가 PUMP 가 필요로하는 BHP 의 값보다 커야 한다. COUPLING 에서의 LOSS , V-BELT , DRIVER 에서의 기타 LOSS 를 포함한 값을 보상할만큼 충분히 커야한다.

③ AFFINITY LAWS

1. 일정 IMPELLER SIZE 와 EFFICIENCY 에서 SPEED 의 변화에 따른 유량 , HEAD , BHP 의 변화를 표현해주는 식

$$\boxed{Q_2 = Q_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right),\ H_2 = H_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2,\ (BHP)_2 = (BHP)_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3}$$

와 같으나 SPEED 의 변화가 1.5 배 이내여야 한다.

2. FIXED SPEED , EFFICIENCY 에서의 DIAMETER 변화시의 유량 , HEAD , BHP 변화

$$\boxed{Q_2 = Q_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right),\ H_2 = H_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2,\ (BHP)_2 = (BHP)_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^3}$$

와 같으나 IMPELLER SIZE 의 변화가 20% 미만이어야 한다.

❑ TEMPERATURE RISE AND MINIMUM FLOW

PUMP 가 작동할 때 SHUT OFF 또는 적은 FLOW 가 흐르게 되면 PUMP SUCTION 으로 RETURN 되는 FLOW 의 양이 증가하여 SUCTION 의 온도가 지속적으로 상승하는 현상이 일어난다. 이경우 지나치게 온도가 상승하는 것은 SUCTION 의 CONDITION 및 PUMP HARDWARE 에 심각한 DAMAGE 를 미칠 가능성이 있다. 따라서 이러한 온도상승을 예방하기 위해서 필요한 MINIMUM FLOW 의 양을 안다는 것은 중요하다.

1. TEMPERATURE RISE IN AVERAGE PUMP DURING OPERATION

$$\boxed{\Delta T = \frac{(1-e)\cdot H}{778 \cdot C_P \cdot e}}$$

2. TEMPERATURE RISE AT SHUT OFF

$$\boxed{\text{Temp. rise (F / min)} = \frac{\text{BHP at shut off} \cdot 42.4}{\text{weight of liquid in pump} \cdot C_P}}$$

3. MINIMUM FLOW 를 결정하기 위한 5 STEP

STEP 1 : NPSH 결정

STEP 2 : NPSH + VAPOR PRESSURE AT SUCTION CONDITION 의 값을 구하여 VAPOR PRESSURE 가 앞의 값일때의 온도(T2)를 읽어라

STEP 3 : ALLOWABLE TEMPERATURE RISE = T2 - ACTURAL PUMPING TEMPERATURE.

STEP 4 : MINIMUM SAFE CONTINUOUS FLOW EFFICIENCY

$$e = \frac{\text{H at shut off from curve}}{778 \cdot Dt \cdot C_P + \text{H at shut off}}$$

STEP 5 : PERFORMANCE CURVE 로 부터 STEP4 의 EFFICIENCY 에 해당되는 FLOW 값을 읽으면 된다.

[끝]