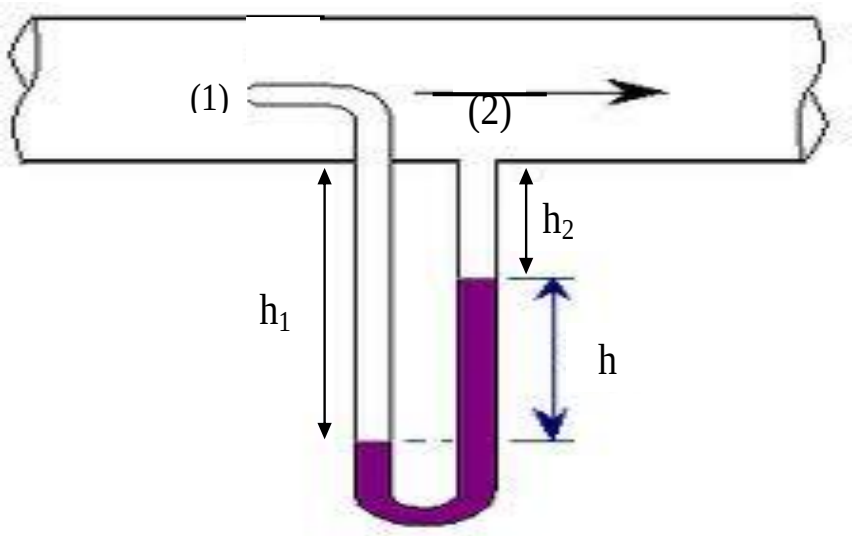
- أنبوب بيتوت Pitot tube :



هي أنبوبة زجاجية تستخدم لقياس سرعة وكمية سريان السائل حيث توضع الأنبوبة في مجرى سائل (كثافته ρ) الذي يراد قياس سرعة جريانه في أي نقطة من نقاطه وتتكون من أنبوبتين مركبتين بشكل قائم الزاوية احدهما موازية وبالاتجاه المعاكس لسريان السائل والأخرى عمودية عليه ، وتتصل الأنبوبتان عند نهايتها بطرفي مانوميتر فرقي كثافة سائله (ρ_f) ليقيس الضغط الحركي ومنه يمكن حساب سرعة الجريان في النقطة التي يوجد فيها الطرف الأمامي لأنبوب بيتوت ،حيث ينساب المائع عند النقطة (1) بسرعة (v_1) بينما عند النقطة (2) الواقعة مباشرتا بعد الأنبوبة العمودية تصبح سرعة السائل $(v_2 = 0)$ لان الأنبوبة العمودية تكون بمثابة عائق يعيق سريان السائل.

$$\frac{\mathrm{P}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \frac{\mathrm{P_s}}{\gamma} \Longrightarrow \frac{\mathrm{P_s} - \mathrm{P}}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{\mathrm{P_s} - \mathrm{P}}{\rho g} = \frac{v^2}{2g} \implies \mathrm{P_s} - \mathrm{P} = \Delta\mathrm{P} = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$\frac{1}{2}\rho v^2$:الضغط الحركي أو ضغط السرعة

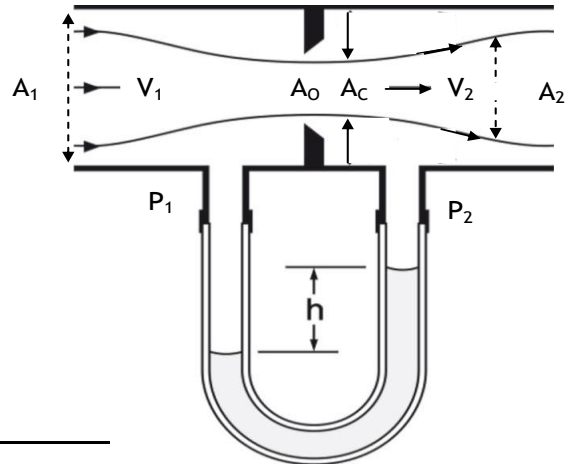
$$\Longrightarrow \Delta\mathrm{P} = \frac{1}{2}\rho v^2 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2\Delta\mathrm{P}}{\rho}}$$ سرعة الجريان

وبما ان فرق الضغط بين النقطتين وحسب قراءة المانوميتر تساوي $\mathrm{P_s} - \mathrm{P} = \rho_f gh$ حيث (ρ_f) تمثل الكثافة الكتلية لمائع المانوميتر اذن تصبح سرعة الجريان:

$$\Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2\Delta\mathrm{P}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\rho_f gh}{\rho}}$$

ويمكن قياس التصريف لأنبوب الجريان والذي يمثل حجم السائل المار في الثانية الواحدة : $Q = \mathrm{A}\, v$ حيث (A) مساحة مقطع الجريان.

٣- مقياس الفوهة الحادة (الاورفسميتر) Orifice meter :



$$v_2 = A_1\sqrt{\frac{2gh}{\gamma(A_1^2 - A_2^2)}} = v_{th} \text{ السرعة النظرية }, h = (P_1 - P_2)$$

$$v_{act} = C_v\, v_{th}$$

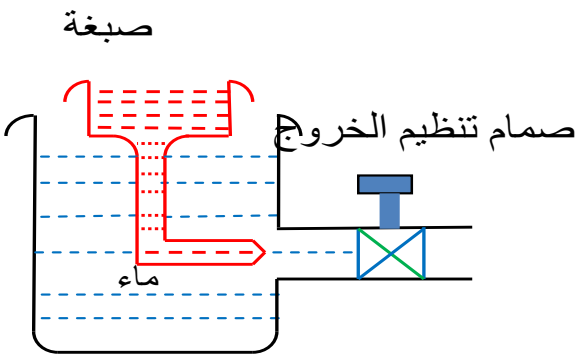
$$\Longrightarrow Q_{th} = A_1 A_o \sqrt{\frac{2gh}{\gamma(A_1^2 - A_o^2\, C_d{}^2)}} \quad \text{التصريف النظري}$$

$$\text{معامل التصريف } C_d = \frac{\text{التصريف الحقيقي } Q_{act}}{\text{التصريف النظري } Q_{th}} = C_c C_v$$

$$Q_{act} = C_d\, Q_{th}$$

$$\text{معامل التقلص أو التخصر } C_c := \frac{\text{مساحة التخصر } A_c}{\text{مساحة الفتحة الفعلية } A_o}$$

تجربة رينولدز :



اخترع العالم رينولدز تجربة للمقارنة بين الجريان الطباقي والجريان المضطرب في الأنابيب ، الشكل أعلاه يبين تجربة رينولدز فعند فتح صمام التنظيم قليلا والسماح للصبغة بالمرور في الأنبوب الزجاجي سوف نلاحظ الجريان يكون على شكل خيط مستقر ومتميز من السائل الملون دون أن يندمج مع الماء ويسمى هذا الجريان بالجريان الطباقي ولو زادت فتحة صمام التنظيم قليلا فان سرعة جريان الماء تزداد عندها يبدأ خيط السائل الملون بالانكسار ويطلق على هذه السرعة بالسرعة الحرجة الصغرى ولو استمرت سرعة الجريان في الأنبوب فان مسار الصبغة يصبح مشتت ولا يوجد نمط محدد للجريان أي يصبح الجريان مضطرب ويطلق على هذه السرعة بالسرعة الحرجة العظمى.

رقم رينولدز R_e :

وهو يمثل النسبة بين قوة القصور إلى قوة اللزوجة للسائل وهو مجرد من الوحدات ويعطي معلومات ضرورية حول نوع الجريان .

$$\text{رقم رينولدز } (R_e) = \frac{\text{قوة القصور}}{\text{قوة اللزوجة}} = \frac{\rho v^2}{\mu \frac{v}{d}} = \frac{\rho v d}{\mu}$$

$$\Longrightarrow \quad R_e = \frac{v d}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{v d}{\vartheta}$$

يمثل رقم رينولدز التحول من الجريان الطباقي إلى الجريان المضطرب ويعتمد على سرعة ولزوجة وكثافة المائع وكذلك على قطر الأنبوب .

جريان طباقي $R_e < 2100$

جريان انتقالي $R_e = (2100 \text{ ----- } 4000)$

جريان مضطرب $R_e > 4000$

فقدان الشحنة (الطاقة الميكانيكية) نتيجة الاحتكاك في الأنابيب (معادلة دايرسي) :

المعادلة السابقة لبرنولي اشتقت عند إهمال احتكاك جريان المائع بالأنبوب أما بوجود الاحتكاك فان المائع سوف يفقد جزء من طاقته الميكانيكية بسبب الاحتكاك والذي ينتج منه إجهاد قص يقاوم حركة المائع ويعرف هذا الفقدان بفاقد الاحتكاك أو الشحنة (h_f : friction head)

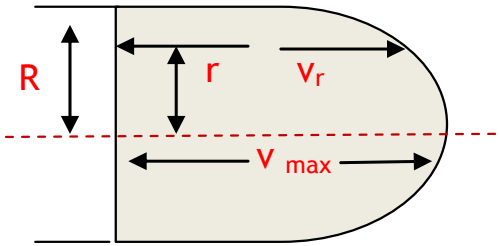
ويتوقف هذا على المادة المصنوع منها الأنابيب وعلى طول الأنابيب وكذلك على ما تحويه هذه الأنابيب من مقاطع ضيقة أو متسعة أو وصلات أو عكوس .

إن هذا الفقد بالطاقة يتم تعويضه بإضافة شغل خارجي بوجود مضخة في نظام الجريان ويعتبر هذا التصحيح الأول لمعادلة برنولي أما التصحيح الثاني للمعادلة فهو استبدال السرعة v بمتوسط السرعة

فاقد الاحتكاك او الشحنة ويسمى أيضا الهبوط بالفقد نتيجة الاحتكاك $h_f = \frac{flv^2}{2gd}(m)$

معادلة توزيع منحني السرعة في أنبوب في حالة الجريان الطباقي:

السرعة عند محور الأنبوب $v_{max} = 2v$



منحني السرعة

$v_r = v_{max}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$ السرعة على مسافة r من المحور

R: نصف قطر الأنبوب r: بعد النقطة عن المحور

وتمثل المعادلة أعلاه معادلة توزيع منحني السرعة في أنبوب في حالة الجريان الطباقي وتمثل معادلة قطع مكافئ

$\tau_r = \frac{h_f\, r\, \gamma}{2l}$ جهد القص على مسافة r محور الانبوب

المضخات عملها وأنواعها pumps

المضخات هي معدات هيدروليكية تستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة هيدروليكية للمائع (السائل أو الغاز) المار خلالها والتي تؤدي الى رفع أو زيادة طاقات المائع التالية :

١- شحنة أو طاقة الضغط (ضغط المائع)

٢- شحنة السرعة أو الطاقة الحركية (سرعة جريان المائع)

٣- شحنة الارتفاع أو الطاقة الكامنة (رفع السائل من مستوى أدنى الى مستوى أعلى منه)

أنواع المضخات :

تقسم المضخات الى نوعين رئيسيين هما :

أولا : المضخات الطاردة المركزية Centrifugal Pumps

ثانيا : مضخات الإزاحة الموجبة Positive Displacement Pumps وتقسم الى :

١- المضخات الترددية Reciprocating Pumps

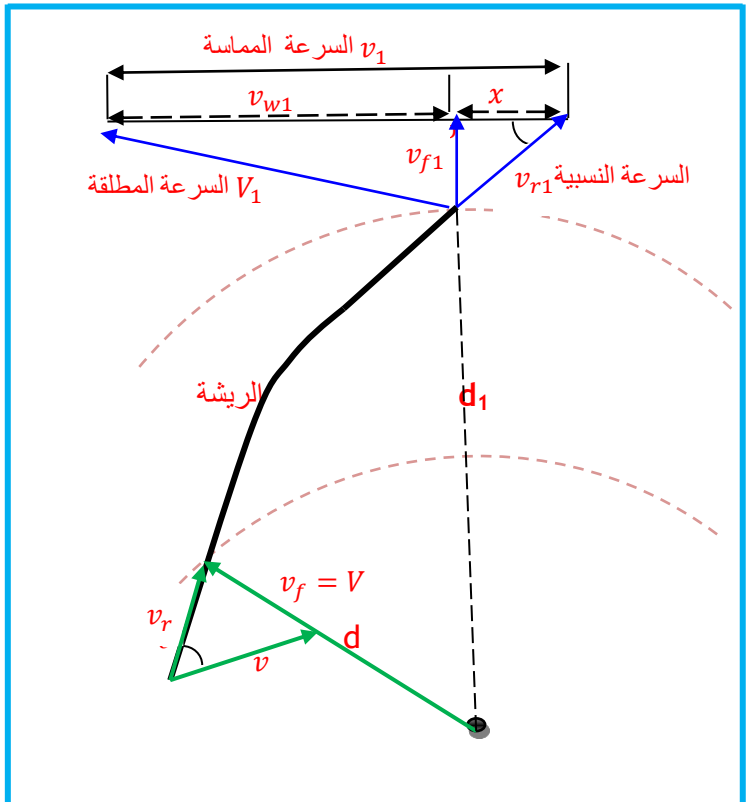
٢- المضخات الدوارة Rotary Pumps

أولاً : المضخات الطاردة المركزية

مكونات وعمل المضخة :

تتكون المضخة الطاردة المركزية من غلاف حلزوني وبداخلها دفاعه مروحية دورانية impeller تحوي على عدد من الريش المقوسة الى الخلف وهي المسؤولة عن القوة الطاردة المركزية التي تعطي الزيادة في ضغط المائع ، يدخل المائع الى المضخة من فتحة السحب عند المركز ليملأ القنوات الموجودة بين ريش الدفاعة ثم ينساب باتجاه نصف قطر محيط محور الدوران ويندفع خارجا الى السطح الداخلي للغلاف الحلزوني الذي يقوم بدور الناشرة لجمع المائع الخارج من بين الريش وتسليمه إلى أنبوب الغلاف الحلزوني نحو الخارج، أن جزء كبير من طاقة المائع التي تترك الدفاعة تعد طاقة حركية لذلك من الضروري تقليل سرعة المائع وتحويل الجزء الأكبر من هذه الطاقة الحركية الى طاقة ضغط لذلك يأخذ شكل أنبوب الغلاف الحلزوني ذات توسع تدريجي نحو الخارج لإبطاء سرعة المائع تدريجيا وتحويل طاقته الحركية الى طاقة ضغط.

مخطط مثلثات السرع Triangles of Velocities



ويمكن حساب بيانات السرع عند مخرج الدفاعة كما يلي:

١- السرعة المماسة عند مخرج الدفاعة $v_1 = \frac{\pi d_1 N}{60}\left(\frac{m}{s}\right)$

N: السرعة الدورانية للدفاعة(rpm) , قطر الدفاعة الخارجي: d_1

٢- السرعة الدوامية عند مخرج الدفاعة

$$v_{w1} = v_1 - x = v_1 - \frac{v_{f1}}{tan\varphi}$$

v_{f1}: السرعة العمودية لجريان المائع عند مخرج الدفاعة بالاتجاه النصف قطري

φ: زاوية ميل ريش الدفاعة عند المخرج

٣- الشغل المنجز بواسطة الدفاعة (السرعة الدوامية x السرعة المماسية)

$$W = \ v_{w1} \times v_1 (N.m), \ \ OR \ \ \ W = \frac{v_{w1} \times v_1}{g}(kg.m)$$

ويمكن حساب بيانات السرع عند مدخل الدفاعة كما يلي:

١- السرعة المماسة عند مدخل الدفاعة $v = \frac{d}{d_1} \times v_1 \left(\frac{m}{s}\right)$

d: قطر الدفاعة الداخلي

٢- السرعة العمودية لجريان المائع عند مدخل الدفاعة بالاتجاه النصف قطري $v_f = v\ tan\theta$

حيث θ : زاوية ميل ريش الدفاعة عند المدخل