

تأثير تغير الاتجاه ونسبة التحميل على طاقة جريان خليط ثنائي الطور (غاز - صلب)

احمد أديب عبد الواحد
مدرس مساعد
رئاسة جامعة النهريين / القسم الهندسي

		المستخلص	
m	القطر الداخلي للأنبوب $d_p = 0.0255$	d_p	تناول هذا البحث دراسة تأثير تغير نسبة تحميل الصلب ورقم رينولدز ومقدار زاوية اتجاه الجريان بثبات قطر مقطع الجريان على معامل الخسائر الثانوية لجريان ثنائي الطور غاز - صلب خلال فوهة Orifice وذلك من خلال بناء جهاز خاص لهذا الغرض وحل المعادلات الحاكمة رياضياً
m	القطر الداخلي للفوهة $orifice = 0.016$	d_o	لقد تم اختيار ثلاث زوايا مختلفة للدراسة وهي على الترتيب 0° و 30° و 45° حيث يتحول اتجاه الجريان لدراسة التغيرات التي تطرأ على عمود الخسائر الثانوية ومعامل الخسائر الثانوية لعدة نسب تحميل تراوحت من ٠ إلى ١.٩ . كما اختبرت عدة معدلات تدفق للخليط لبيان تأثير أرقام رينولدز حيث تتراوح أرقام رينولدز من ٣٦٢٠٩ إلى ٧٨٠٧٨
m/s^2	التعجيل الأرضي	g	
m_{water}	الخسائر الثانوية نتيجة تغير اتجاه الجريان	h_{Le}	من أهم الاستنتاجات التي حصلنا عليها هي إن عمود الخسائر الثانوية نتيجة لتغير الاتجاه يقل بزيادة كل من سرعة الخليط ثنائي الطور ورقم رينولدز وتختلف العلاقة بينهما بالاعتماد على مقدار زاوية المرفق ، كما يتناسب خطياً مع نسبة تحميل الصلب حيث يزداد بزيادة النسبة . كما وجد أن معامل الخسائر الثانوية يتناسب طردياً مع عمود الخسائر الثانوية وخطياً مع السرعة أو رقم رينولدز للخليط ثنائي الطور وهو الحال نفسه مع نسبة تحميل الصلب . يمثل الشكل رقم (١) مخططاً للجهاز المستخدم
m_{water}	التغير بالضغط الديناميكي عبر الفوهة	Δh_o	
m_{water}	التغير بالضغط الديناميكي عبر المرفق elbow	Δh_e	
	معامل الخسائر الثانوية	K	
	ميل الخط المستقيم	m	
kg/s	معدل تدفق الهواء الكتلتي	m^*_a	
kg	كتلة الدقائق الصلبة	m_{solid}	
kg/s	معدل تدفق الدقائق الصلبة الكتلتي	m^*_{solid}	A_p مساحة مقطع الأنبوب 0.000511 النحاسي =
m^3/s	معدل تدفق الهواء الحجمي	Q	A_o مساحة مقطع الفوهة $0.000201 =$

قائمة الرموز

الغيوم في السماء . كما أن الجريانات متعددة الأطوار مهمة أيضاً في معظم التطبيقات الصناعية ، كما في تحويل الطاقة ، صناعة الورق ، صناعة الأغذية والتطبيقات الطبية ، الفقاعات المرتفعة في قذح مملؤ بمشروب غازي بارد يعتبر مثال آخر من أمثلة الجريان متعدد الأطوار .

نظراً للاستخدامات الهائلة في المجال الصناعي للجريان ثنائي الطور من نوع غاز – صلب ، كما في المطاحن وفي معامل الأسمنت نحتاج إلى معرفة الخسائر الثانوية minor losses ففي هذه الدراسة ستتم دراسة تأثير تحول الاتجاه لجريان ثنائي الطور غاز – صلب (حيث غالباً ما تتم عملية تغيير الاتجاه في المنظومة الواحدة) وبالتالي معرفة الضغط اللازم توفيره من قبل المراوح والشايفات لنقل كتلة معينة من الصلب أو بالعكس أي معرفة الكتلة التي نستطيع نقلها عند توفر ضغط معلوم ، ولزوايا مختلفة . ومن أهم الأعمال السابقة التي تطرقت لهذا المجال:-

قام الباحثون Slater , etal . (2003) (5) بدراسة معدل ترسيب الدقائق الصلبة صغيرة القطر لجريان غاز ثنائي البعد اضطرابي خلال طبقات متاخمة صلبة واستطاعوا توضيح الحسابات من خلال ترسيب جريان مضطرب في قناة مما يسمح بالتنبؤ لمنطقة المدخل التي يكون فيها جريان الدقائق غير كامل النمو .

وقدم الباحثان Kartushinsky & Michaelides (2004) (6) دراسة تأثير التصادمات بين الدقائق الصلبة المتحركة في جريان ثنائي الطور اضطرابي داخل أنبوب أو قناة . وتم اعتماد آليتين للتصادمات ، مع وبدون الاحتكاك ، كما تم استخدام ثلاثة محاور للتصادمات الأول والثاني زاويتين والمحور الثالث هو المسافة بين مراكز الدقائق المتصادمة .

قام الباحثون Wang , etal . (2006) (7) بدراسة استجابة الدقائق الصلبة للاضطراب على طول مسار الجريان وتم تحليل الطور الغازي وطور الصلب والمقارنة بينهما لمدى رقم ستوكس Stokes No للدقائق بين 0.01 إلى 111.18 ورقم رينولدز Re.No. 18400 . أظهرت النتائج أن الدقائق تتصرف بالاعتماد على اضطراب المائع الموقعي على طول مسار الجريان وخاصة بالنسبة للدقائق الصغيرة الحجم أما بالنسبة للدقائق الكبيرة الحجم فإنها لا تستجيب لتذبذب المائع بسبب قوة القصور الذاتي .

لقد تم تطوير دراسة لإيجاد انخفاض الضغط لوحدة طول الأنبوب لجريان ثنائي الطور من

رقم رينولدز =

$$\frac{\rho_a * U_p * d_p}{\mu_a}$$

Re

الزمن اللازم لجمع الدقائق الصلبة

t_{solid}

سرعة الخليط ثنائي الطور في الأنبوب

m/s

U_p

سرعة الهواء عبر الفوهة

m/s

U_o

نسبة تحميل الصلب

kg solid / kg gas

X

كثافة الهواء

kg/m³

ρ_a

كثافة الماء الموجود في المانومترا

kg/m³

ρ_w

زاوية المرفق

rad.

α

الوزن النوعي للهواء = ρ_a * g

kg/m².s²

γ_a

اللزوجة الديناميكية للهواء عند درجة حرارة المحيط

kg/m.s

μ_a

التغير بالضغط نتيجة تغير الاتجاه عند المرفق

Pa

Δp_e

فرق ضغط الهواء عبر الفوهة

Pa

Δp_o

١ . المقدمة:

الجريان متعدد الأطوار هو جريان متزامن لأطوار غازية ، سائلة أو صلبة لمكون واحد أو لمكونات مختلفة ، وأحد صور الجريانات متعددة الأطوار هو الجريان ثنائي الطور وهو من حالات الجريان الشائعة جداً في الطبيعة ، مثل انجراف

• لا يوجد إضافة أو طرح للكتلة والطاقة من وإلى النظام .

٣ . الجزء العملي :-

لأجراء التجارب الخاصة تم استخدام الجهاز الموضح في الشكل (1) والصور رقم (١). وقد بلغ طول الجهاز من بداية المنفاخ blower حتى نهاية وحدة جمع الدقائق الصلبة 2 m وبارتفاع 1 m . مقطع جريان الخليط دائري الشكل ذا قطر 25.5 mm . يتكون الجهاز من وحدة نفخ (ضخ) الهواء air-blowing unit وجهاز حقن دقائق الصلب solid-particles injector يتكون بصورة رئيسة من خزان من مادة البلاستيك توضع فيه دقائق الصلب والتي هي عبارة عن مادة الرمل يكون بأقطار ٠ إلى ١ mm ، يحتوي في أعلاه على فتحة الملىء لملىء الخزان بالدقائق الصلبة وفتحة أخرى تتصل بأنبوب من المطاط يقوم بتوفير الضغط اللازم لتسهيل انسياب الدقائق الصلبة إلى مجرى الهواء ووحدة قياس معدل تدفق الهواء تتكون من فوهة orifice قياسية قطرها الداخلي 16 mm . يرتبط احد طرفي أنبوب مجرى الخليط بالأنبوب القادم من الفوهة ، ويرتبط الطرف الأخر للأنبوب بألية فصل الصلب . ومانومتران مائيان water manometers يوضع طرفي احدهما على جانبي الفوهة orifice لقياس فرق ارتفاع سائل المانومتر وبالتالي إمكانية حساب كمية الهواء المار في الجهاز ، أما طرفي المانومتر الأخر فيوضع احدهما قبل المرفق والأخر بعده للتمكن من احتساب مقدار الخسائر نتيجة وجود المرفق . أما مقطع الاختبار فيتكون من مرفق (عكس) بقطر داخلي 25.5 mm مصنوع عن طريق لحام الأنابيب النحاسية بعد قطعها حسب الزاوية المطلوبة ، حيث يتم حقن الدقائق الصلبة فيه قبل مسافة من المرفق . جميع التوصيلات والأنابيب ذوات سطوح داخلية صقيلة وذلك لاستبعاد تأثير خشونة السطح على حسابات الخسائر كون الجريان اضطرابي وحسب ما هو مبين في مخطط مودي (Moody chart) . بالإضافة إلى ذلك يتكون الجهاز من وحدة جمع دقائق الصلب تقوم باستلام المزيج ثنائي الطور القادم من منطقة الاختبار وتقوم بفصل المزيج إلى دقائق صلبة تقع إلى الأسفل بسبب وجود الجاذبية الأرضية والهواء يخرج للأعلى عن طريق وجود آلية أشبه ما تكون بفرع حرف T ذات تصميم دائري لا مركزي لتخفيف الضغط أي ضمان عدم وجود قوة كبح على مجرى الخليط ولتسهيل ولتستبعاد هذا التأثير عند إجراء الحسابات ولتسهيل عملية جمع الدقائق الصلبة لإعادة استخدامها مرة أخرى . أما الأجهزة الأخرى

قبل الباحثين (8) (2007) . Seyun Kim , etal . وفيها تم صياغة انخفاض الضغط نتيجة الاحتكاك بواسطة موازنة القوى على حجم التحكم control volume باعتبار أن إجهاد القص الموجود نتيجة وجود الدقائق إضافة لوجود إجهادات القص على الأسطح الصلبة . النتائج العددية أظهرت توافقاً جيداً مع البيانات المختبرية المتوفرة .

التحليل العددي المباشر لمعلق الدقائق في قناة لجريان مضطرب تم اختياره من قبل Morten (9) (2008) . Sen , etal . وأظهرت المزاوجة بين المائع وبين الدقائق انه عند تسليط عزم وقوة كبح هيدروديناميكية على الدقائق الصلبة في المنطقة القريبة من الجدار فان الدقائق تأخذ اتجاه الجريان الرئيسي وهذا التشابه بالاتجاه يزداد كلما كان حجم الدقائق اكبر كما وجد انه بزيادة قوة القصور الذاتي للدقائق تكون دورانية الدقائق حول نفسها بصورة اقل عما هي عليه باتجاه عمودي على الجدار .

يمكن تلخيص الهدف من الدراسة الحالية بكونها دراسة عملية لجريان ثنائي الطور من نوع غاز - صلب لغرض التعرف على تأثير تغير اتجاه الجريان على مقدار الطاقة الديناميكية لخليط الجريان

٢ . الفرضيات :

يتناول هذا البحث تحليل تصرف جريان ثنائي الطور من نوع غاز - صلب وذلك بالاعتماد على معادلات حفظ الكتلة والزخم ومعادلة حفظ الطاقة ، حيث تم اعتماد الجريان أحادي البعد لغاز - صلب ، أما الفرضيات التي تم اعتمادها في هذا البحث فهي :

- يعامل الغاز على انه غاز مثالي .
- الدقائق الصلبة تكون كروية ومنتظمة الشكل (هذا خلاف الواقع حيث يوجد بعض التأثير للشكل غير المنتظم لجزيئات الرمل على النتائج) .
- لا توجد خسائر داخل الفوهة ، أي أن معدل تدفق الهواء الحجمي الحقيقي = معدل تدفق الهواء الحجمي المثالي .
- يمتلك الطور الصلب كتلة صغيرة .
- الحجم المحجوز من قبل الجسيمات الصلبة مهمل ، لذلك يمكن إهمال سرعتها داخل المجرى .
- بما إن الكتلة صغيرة للجسيمة الصلبة والحجم مهمل فمن الممكن استبعاد تأثير كثافة الطور الصلب في الحسابات لان الكثافة = الكتلة نسبة إلى الحجم .
- إن قوة الإعاقة هي الوحيدة المسؤولة عن تعجيل أو تباطؤ الدقائق الصلبة .
- إن الجريان أحادي البعد ومستقر .

• ولحساب فرق ضغط الهواء عبر الفوهة Δp_o بوحدات Pa يتم تحويل قراءة الضغط الأستاتيكي المأخوذة من المانومتر بوحدات mm_{water} إلى ما يعادلها :

$$\Delta p_o = \rho_w * g * \Delta h_o \dots \dots \dots \quad ٦$$

• بتعويض المعادلات (٣) و(٦) في المعادلة (٥) نحصل على المعادلة :

$$U_p = \sqrt{\frac{2 * g * \Delta h_o * \rho_w}{((A_p/A_o)^2 - 1) * \rho_a} \dots \dots \dots \quad ٧$$

لحساب معدل تدفق الهواء الحجمي Q بوحدات m^3/s نستعمل المعادلة التالية :

$$Q = A_p * U_p \quad . \quad ٨$$

وبالتالي نستعمل المعادلة أدناه لحساب كتلة الطور الغازي بوحدات kg/s :

$$m^*_a = \rho_a * Q \quad . \quad ٩$$

يتم احتساب كمية أطور الصلب المار كما يلي :

$$m^*_{solid} = \frac{m_{solid}}{t_{solid}} \quad . \quad ١٠$$

بعدها نستطيع إيجاد نسبة التحميل X :

$$X = \frac{m^*_{solid}}{m^*_a} \quad ١١$$

لاحتساب معامل الخسائر الثانوية minor losses coefficient نتيجة وجود المرفق elbow نقوم بتطبيق معادلة الطاقة energy equation عند طرفي مانومتر منطقة المرفق وبعد التبسيط نحصل على المعادلة :

$$h_{L_e} = \frac{\Delta p_e}{\gamma_a} \quad ١٢$$

وكما معلوم أن فرق الضغط نتيجة وجود المرفق يمكن حسابه من المعادلة :

$$\Delta p_e = \rho_w * g * \Delta h_e \quad ١٣$$

المساعدة في إجراء التجارب فهي كما مبين في الصور رقم (٢) وهي عبارة عن ساعة توقيت لقياس زمن جمع الطور الصلب وميزان لمعرفة كمية الصلب المتجمعة خلال فترة زمنية معينة وجهاز الانيموميتر والذي استخدم للتحقق من سرعة الهواء المحسوبة من خلال قراءة المانومتر (علماً إن الجهاز الظاهر بالصورة لا يتحمل قياس سرعة أكبر من ٣٠ m/sec) كما يوضح الشكل السابق الرمل المستخدم في إجراء التجارب

٤ . الحسابات :

تم حساب معدل تدفق الهواء الكتلتي m_a بعد قياس فرق الضغط الكلي total pressure عبر الفوهة بواسطة جهاز المانومتر بوحدات mm_{water} (h_o) كما يلي :

• نتيجة تطبيق معادلة الاستمرارية continuity equation بين طرفي الفوهة نحصل على المعادلة الآتية :

$$\rho_a * U_o * A_o = \rho_a * U_p * A_p \quad . \quad ١$$

وبما أن كثافة الهواء خلال التجارب ثابتة ، لذا تصبح المعادلة :

$$U_o * A_o = U_p * A_p \quad ٢$$

أي بالإمكان كتابة السرعة خلال الفوهة بدلالة السرعة داخل الأنبوب :

$$U_o = \frac{U_p * A_p}{A_o} \quad ٣$$

• بتطبيق معادلة برنولي Bernoulli equation بين طرفي الفوهة أيضاً مع مراعاة إن مقطع الاختبار أفقي أي إهمال طاقة الموضع potential energy والسطوح الداخلية صقيلة ، لذلك لا وجود للاحتكاك فنحصل على المعادلة :

$$\frac{P_o}{\gamma_a} + \frac{U_o^2}{2g} = \frac{P_p}{\gamma_a} + \frac{U_p^2}{2g} \quad ٤$$

وبعد إجراء عملية التبسيط على المعادلة (٤) نحصل على :

$$\quad \quad \quad ٥$$

المعادلتين التاليتين منهما اللتين تمثلان المحصلة للزوايا الثلاث (تشير المعادلتين أدناه إلى محصلة المعادلات الثلاث المبينة في الشكلين ٩ و ١٠) :

$h_{Le} = 230 - 6 U_p$	١٨
$h_{Le} = 200 - 0.003 Re$	١٩

ننظر الآن للشكل رقم (٤) للتعرف إلى العلاقة التي تربط معامل الخسائر الثانوية K بعمود الخسائر الثانوية نتيجة للمرفق h_{Le} فنلاحظ انه لكل زاوية على حدة فان معامل الخسائر الثانوية يزداد خطياً بزيادة عمود الخسائر الثانوية وهذا ما توضحه المعادلة رقم (١٦) حيث إن العلاقة طردية بينهما ، ومن ملاحظة العلاقات الرياضية لجميع الزوايا المستخدمة في البحث نجد التشابه الواضح فيما بينها . لمعرفة العلاقة التي تربطهما نقوم بإيجاد محصلة الخطوط المستقيمة كما موضح بالشكل (١١) ومنه نحصل على :

$K = 0.013 h_{Le}$	٢٠
--------------------	----

من ملاحظة الشكلين رقم (٥ و ٦) لكافة الزوايا المستخدمة نلاحظ أن قيمة معامل الخسائر الثانوية نتيجة تغير اتجاه الجريان K تقل خطياً مع زيادة السرعة داخل الأنبوب U_p ومع زيادة رقم رينولدز Re (لكن بصورة غير متساوية حيث يلاحظ اختلاف ميل الخط المستقيم) وهذا يعود لكون الجريان يصبح اضطرابياً بصورة أكبر مما يجعل الدوامات التي تتكون نتيجة تغير الاتجاه تتلاشى . للحصول على العلاقة التجريبية بينهما نلجأ إلى رسم الشكلين رقم (١٢ و ١٣) اللذان يمثلان محصلة العلاقة بين معامل الخسائر الثانوية K وبين سرعة جريان الخليط ورقم رينولدز مع ملاحظة أن العلاقة الناتجة تنطبق لكافة الزوايا حيث أن الشكلين (٥ و ٦) يبينان وجود فروقات بسيطة لا تستحق الذكر بينها ، وبالتالي نحصل على :

$K = 4.166 - 0.116 U_p$	٢١
$K = 4 - 7(10)^{-5} Re$	٢٢

عند متابعة الشكل رقم (٧) نجد أن عمود الخسائر h_{Le} يزداد بزيادة نسبة تحميل الصلب X لجميع الزوايا لكون زيادة نسبة التحميل تولد إعاقة للجريان وتبطئ سرعته ، وللحصول على العلاقة بين عمود الخسائر لمنطقة المرفق وبين نسبة تحميل الصلب نقوم أولاً بإيجاد المحصلة لكل زاوية فنحصل على الشكل رقم (١٤) ومنه نحصل على :

بتعويض معادلة (١٣) في معادلة (١٢) نحصل على مقدار الخسارة في عمود الضغط بوحدات mm_{water} وبعد إجراء عملية تبسيط المعادلة نحصل على :

$h_{Le} = \frac{\rho_w * \Delta h_e}{\rho_a}$	١٤
---	----

وبما أن :

$h_{Le} = \frac{K * U_p^2}{2g}$	١٥
---------------------------------	----

إذن نستطيع الحصول على معامل الخسائر الثانوية نتيجة تغير اتجاه الجريان بسبب وجود المرفق كما يلي :

$K = \frac{2g * h_{Le}}{U_p^2}$	١٦
---------------------------------	----

أما رقم رينولدز فيحسب من :

$Re = \frac{\rho_a * U_p * d_p}{\mu_a}$	١٧
---	----

٥ . النتائج والمناقشة :-

تم استخدام أنبوب من النحاس بقطر داخلي $25.5 mm$ وسمك جدار $2 mm$ لتغيير اتجاه الجريان عند منطقة المرفق (العكس) عن طريق قطعه ومن ثم لحامه حسب الزاوية المطلوبة وفي بحثنا هذا تم استخدام ثلاث زوايا هي على الترتيب 15° ، 30° ، 45° درجة . تم استخدام عدة نسب لتحميل الصلب X لدراسة تأثيرها على النتائج حيث تم العمل على نسب التحميل 0 إلى 1.9 . وتم أيضاً استخدام معدلات عدة لتدفق الهواء هي عند أرقام رينولدز Re 36209 إلى 78078 لبيان التغيير الحاصل على الخسائر الثانوية K عند منطقة المرفق أي إن الجريان اضطرابي حسب قيم أرقام رينولدز . لمعرفة تأثير تغير سرعة الخليط ثنائي الطور U_p ورقم رينولدز Re على عمود الخسائر الثانوية لمنطقة المرفق h_{Le} (يلاحظ الشكلين ٢ و ٣) تم تثبيت الزاوية α وتغيير كمية الجريان مع تغيير نسبة تحميل الصلب X ، وبتكرار العملية لزوايا مختلفة كلاً على حدة نستطيع تحليل سلوك الخليط والذي يظهر من خلاله أن عمود الخسائر يقل بزيادة سرعة الخليط رقم رينولدز داخل الأنبوب لمختلف الزوايا وهذا يعود لكون الجريان يصبح اضطرابياً بصورة أكبر مما يجعل الدوامات التي تتكون نتيجة تغير الاتجاه تتلاشى . ومن تتبع مخططات الزوايا الثلاث ورسم محصلة العلاقة نحصل على الشكلين (٩ و ١٠) الذين نستطيع إيجاد

مقطع الجريان لمدى أرقام رينولدز ٣٦٢٠٩ إلى ٧٨٠٧٨ ولنسبة تحميل الصلب لا تتجاوز ١.٩ ولزاوية مرفق لا تتعدى ٤٥ درجة ولقطر دقائق صلبة لا يتعدى ١ mm :

$$h_{Le} = 230 - 6 U_p$$

$$h_{Le} = 200 - 0.003 Re$$

$$h_{Le} = 27 X - 0.5$$

$$K = 0.013 h_{Le}$$

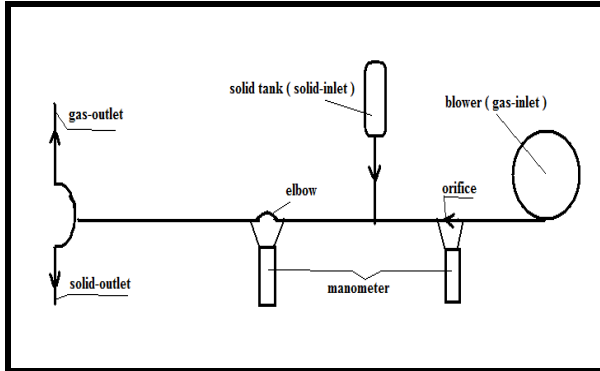
$$K = 4.166 - 0.116 U_p$$

$$K = 4 - 7(10)^{-5} Re$$

$$K = 0.5 X - 0.05$$

يمكن إجراء عدة تغييرات لتطوير الجهاز من جهة والحصول على حالات دراسة أخرى من جهة ثانية ، ومن بين هذه التغييرات :

١. يمكن دراسة زوايا أخرى للمرفق .
٢. يمكن دراسة أنواع أخرى من التوصيلات الخاصة بالأنايبب .
٣. من الممكن إدخال تأثير تغير درجة الحرارة على النتائج .
٤. إمكانية استخدام طور صلب أكبر حجماً وإدخال تأثير الكتلة .



شكل رقم (١) مخطط الجهاز المستخدم

$$h_{Le} = 27 X - 0.5$$

٢٣

التي تمثل المحصلة النهائية لاحتساب قيمة عمود الخسائر الثانوية نتيجة وجود المرفق بدلالة نسبة تحميل الصلب .

أما عند ملاحظة الشكل رقم (٨) فنجد أن معامل الخسائر الثانوية K يزداد بزيادة نسبة تحميل الصلب X لجميع الزوايا لكون زيادة نسبة التحميل تولد إعاقة للجريان وتبطئ سرعته ، وللحصول على العلاقة بين معامل الخسائر لمنطقة المرفق وبين نسبة تحميل الصلب نقوم أولاً بإيجاد المحصلة لكل زاوية فنحصل على الشكل رقم (١٥) ومنه نجد أن ميل المحصلة لكل زاوية تم دراستها يكون بشكل عشوائي عن الزاوية الأخرى وهذا يدل على أن معامل الخسائر الثانوية يتأثر بنسبة تحميل الصلب أكثر مما يتأثر بتغير زاوية المرفق وبالتالي نستطيع إيجاد المعادلة النهائية :

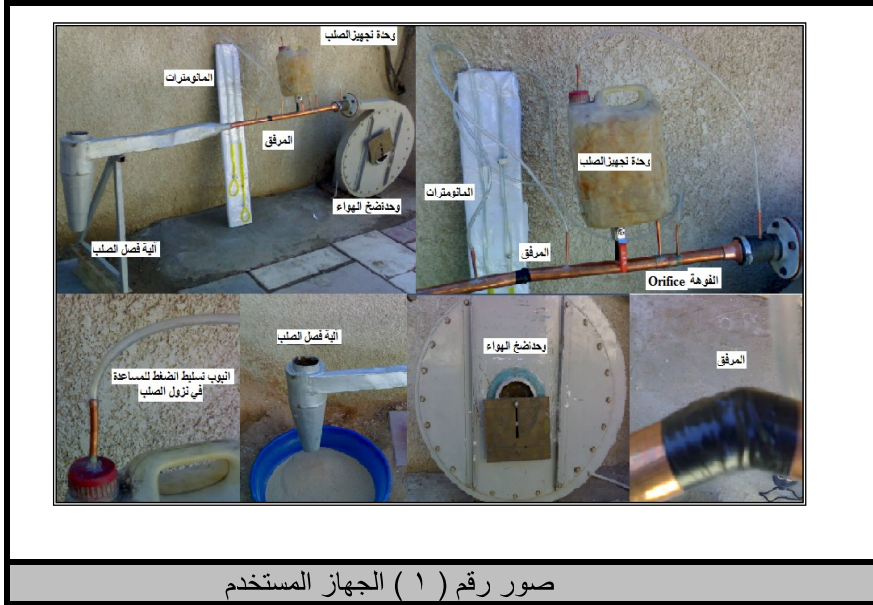
$$K = 0.5 X - 0.05$$

٢٤

٦ . الاستنتاجات والتوصيات :

في ضوء النتائج التي حصلنا عليها تم استنتاج ما يلي:

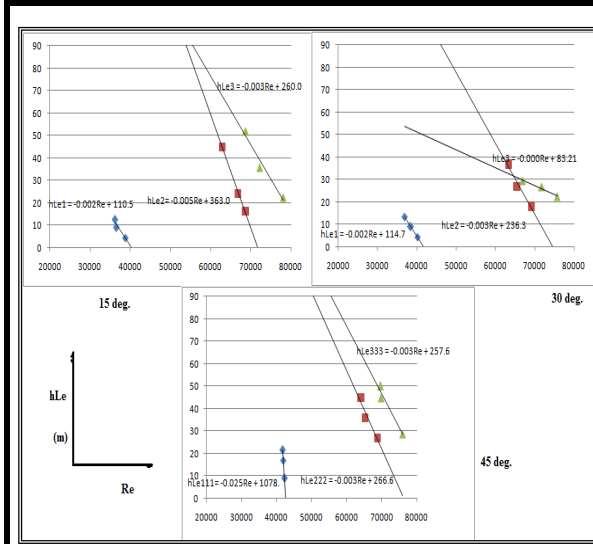
١. بزيادة نسبة تحميل الصلب يزداد معامل الخسائر الثانوية وعمود الخسائر الثانوية نتيجة وجود المرفق وتكون هذه الزيادة خطية .
٢. بزيادة سرعة الخليط ثنائي الطور أو رقم رينولدز للخليط فان عمود الخسائر الثانوية ومعامل الخسائر الثانوية يقلان خطياً .
٣. يتناسب معامل الخسائر الثانوية طردياً مع عمود الخسائر الثانوية بسبب تغير اتجاه الجريان .
٤. إن خسارة الطاقة نتيجة لزيادة نسبة التحميل تكون أكبر بكثير من خسارة الطاقة نتيجة تغير اتجاه الجريان .
٥. تم الحصول على العلاقات المختبرية التالية بسبب وجود المرفق (العكس) بثبات قطر



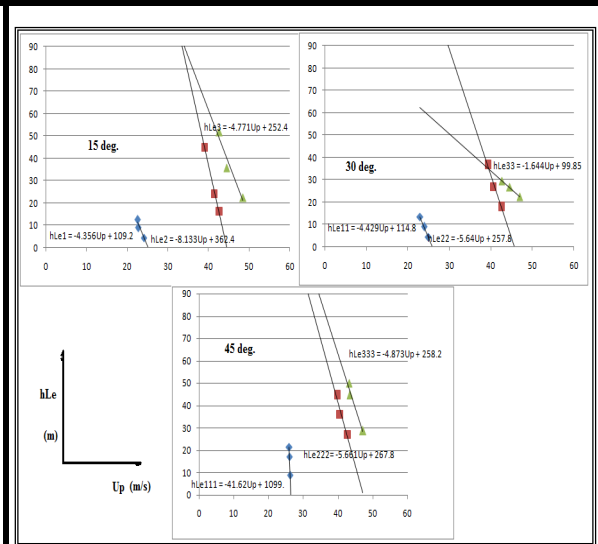
صور رقم (١) الجهاز المستخدم



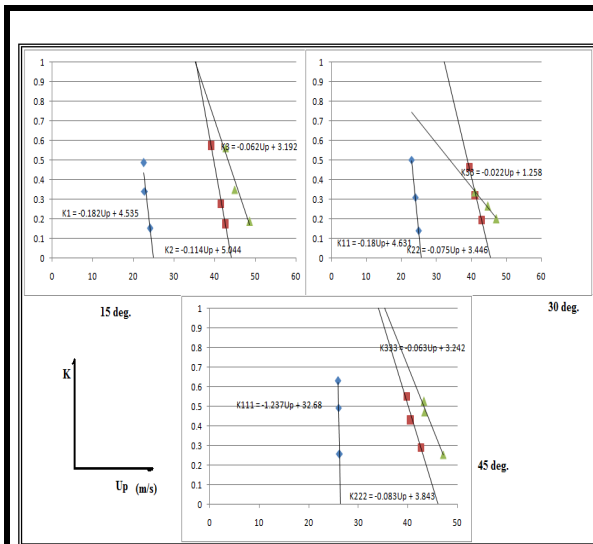
صور رقم (٢) الأدوات الملحقة بالجهاز



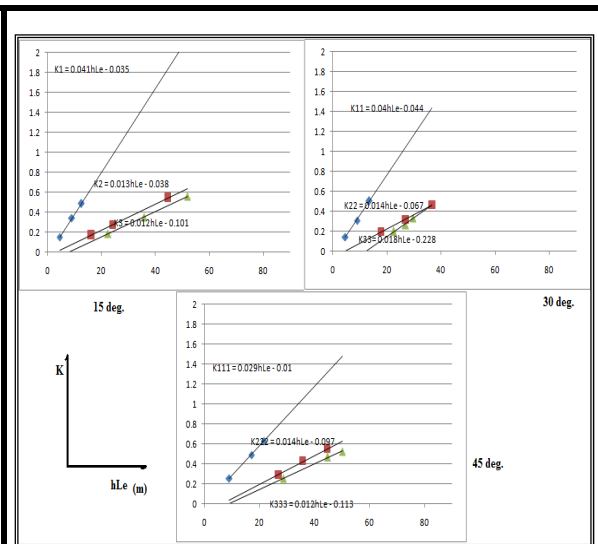
شكل رقم (٣) العلاقة بين عمود الخسائر الثانوية للمرفق وبين رقم رينولدز للخليط داخل الأنبوب لزوايا مختلفة



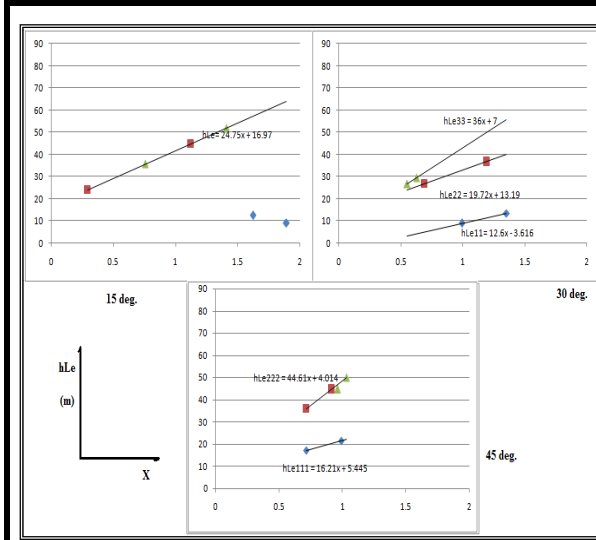
شكل رقم (٢) العلاقة بين عمود الخسائر الثانوية للمرفق وبين سرعة الخليط داخل الأنبوب لزوايا مختلفة



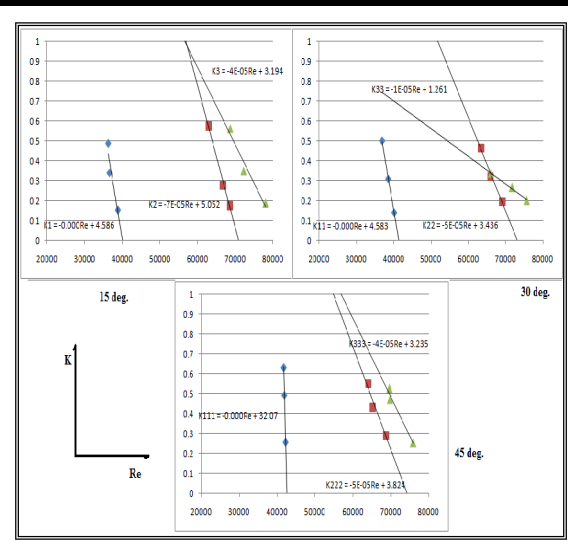
شكل رقم (٥) العلاقة بين معامل الخسائر الثانوية وبين سرعة الخليط داخل الأنبوب لزوايا مختلفة



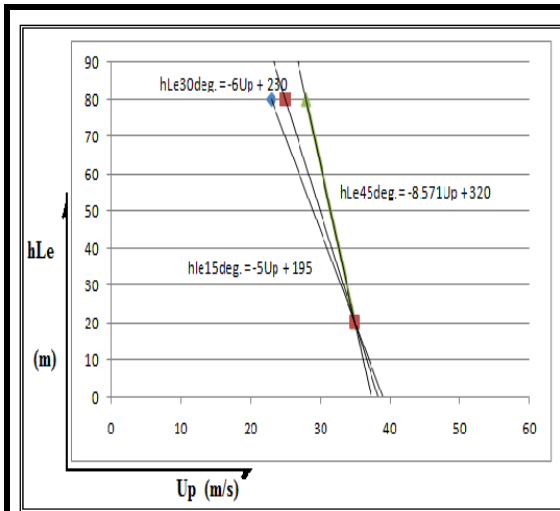
شكل رقم (٤) العلاقة بين معامل الخسائر الثانوية وبين عمود الخسائر الثانوية للمرفق لزوايا مختلفة



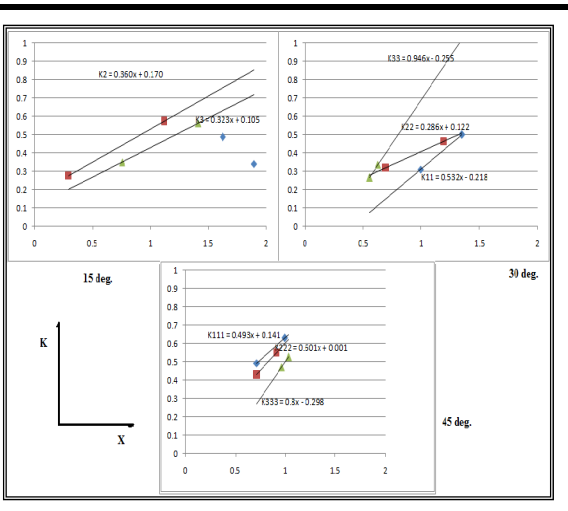
شكل رقم (٧) العلاقة بين عمود الخسائر الثانوية وبين نسبة تحميل الصلب لزوايا مختلفة



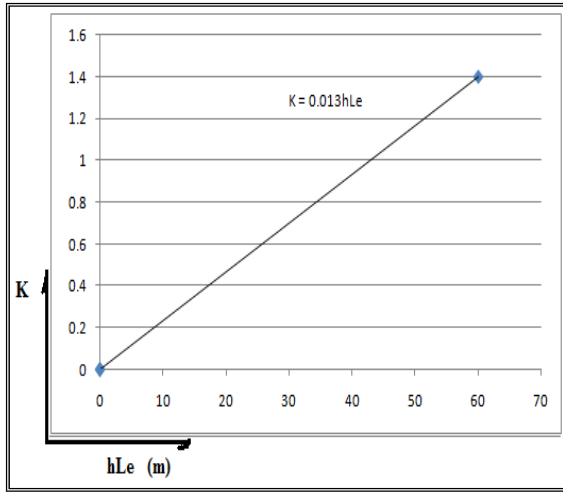
شكل رقم (٦) العلاقة بين معامل الخسائر الثانوية وبين رقم رينولدز داخل الأنبوب لزوايا مختلفة



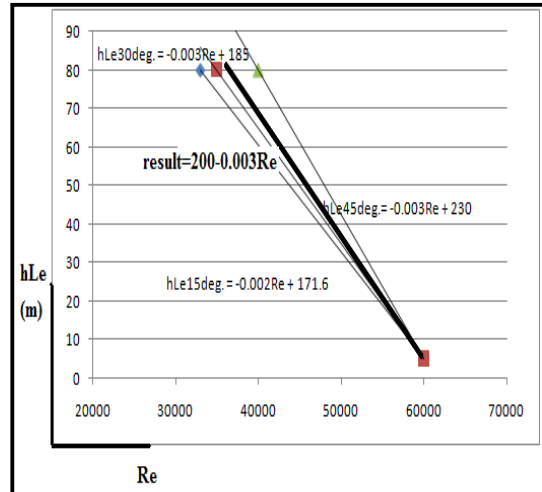
شكل رقم (٩) محصلة عمود الخسائر الثانوية نسبة لسرعة جريان الخليط لزوايا مختلف



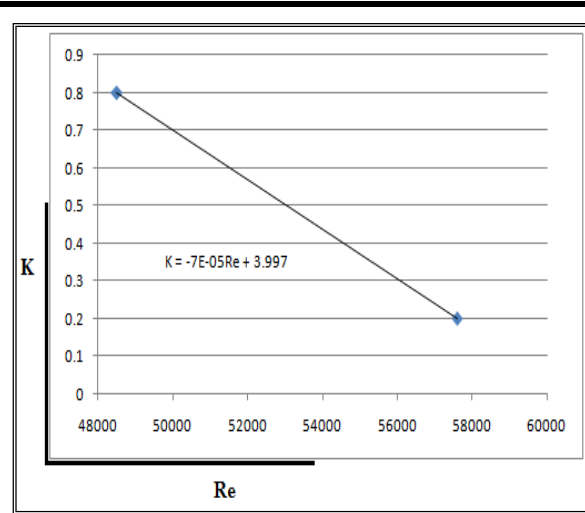
شكل رقم (٨) العلاقة بين معامل الخسائر الثانوية وبين نسبة تحميل الصلب لزوايا مختلف



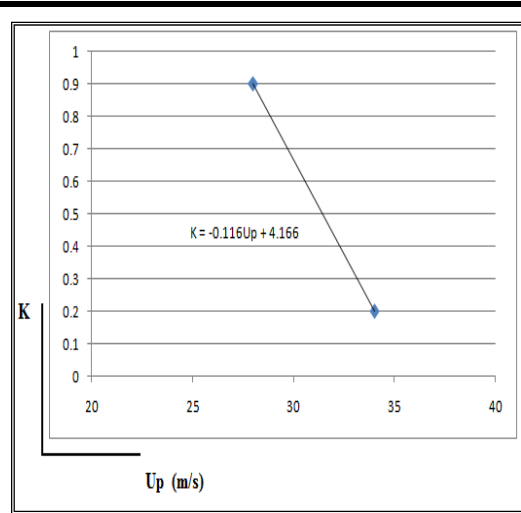
شكل رقم (١١) محصلة معامل الخسائر الثانوية نسبة إلى عمود الخسائر الثانوية



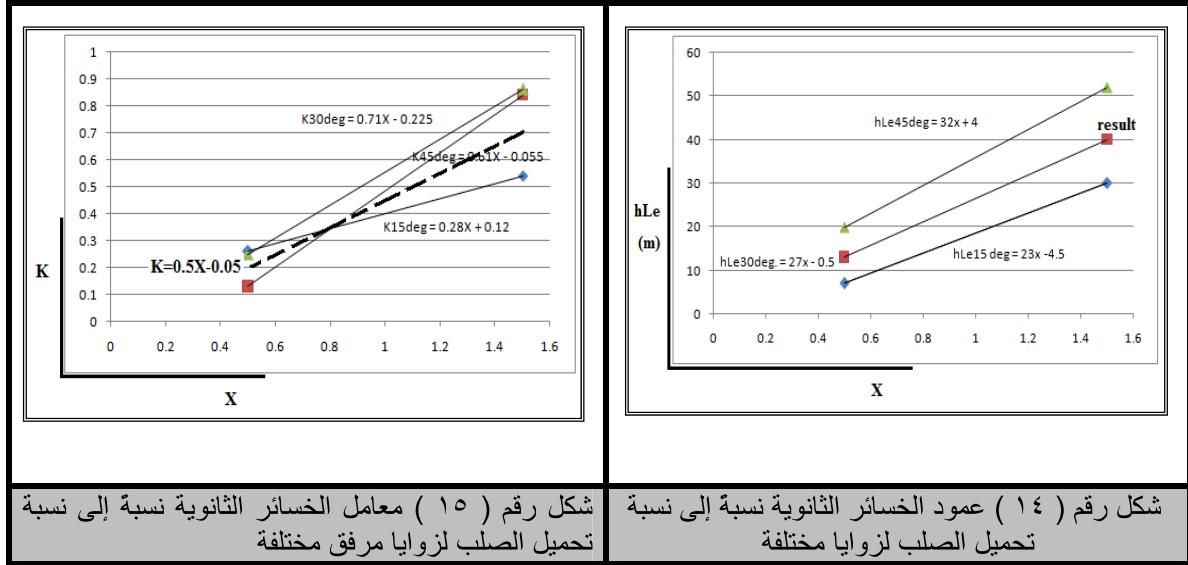
شكل رقم (١٠) محصلة عمود الخسائر الثانوية نسبة لرقم رينولدز للخليط لزوايا مختلفة



شكل رقم (١٣) محصلة معامل الخسائر الثانوية نسبة إلى رقم رينولدز للخليط ثنائي الطور



شكل رقم (١٢) محصلة معامل الخسائر الثانوية نسبة إلى سرعة الخليط ثنائي الطور



شكل رقم (١٥) معامل الخسائر الثانوية نسبة إلى نسبة تحميل الصلب لزوايا مرفق مختلفة

شكل رقم (١٤) عمود الخسائر الثانوية نسبة إلى نسبة تحميل الصلب لزوايا مختلفة

<http://www.sciencedirect.com> , Int . J . multiphase flow , 2006 , vol.32 , issue3 , pp.334-364 .

8. Seyun Kim, Kye Bock Lee, Chung Gu Lee & Seong-O Kim , (THEORETICAL APPROACH FOR A PRESSURE DROP IN TWO-PHASE PARTICLE-LADEN FLOWS) , <http://www.sciencedirect.com> , Int . J . multiphase flow , 2007 , vol.33 , pp.153-161.

9. - P.H. Morten Sen , H.I. Andersson , J.J.J. Gillissen & B.J. Boersma , (ON THE ORIENTATION OF ELLIPSOIDAL PARTICLES IN A TURBULENT SHEAR FLOW),<http://www.sciencedirect.com> , Int . J . multiphase flow , 2008 , vol.34 , issue7 , pp. 678-683 .

المصادر

1. B . S . Massey , (MECHANICS OF FLUIDS) , 4th edition.
2. Maurice L . Alberton , James B . Barton & Daryl B . Simons , (FLUID MECHANICS FOR ENGINEERS) .
3. Fox & McDonald , (INTRODUCTION TO FLUID MECHANICS) .
4. Graham B.Wallis,(ONE DIMENSIONAL TWO-PHASE FLOW) , 1969 .
5. S.A. Slater, A.D. Leeming & J.B. Young , (PARTICLE DEPOSITION FROM TWO DIMENSIONAL TURBULENT GAS FLOWS) , Int . J . multiphase flow , 2003 , vol.29 , issue12 , pp.721-750 .
6. Alexander Kartushinsky & Efstathios E. Michaelides , (AN ANALYTICAL APPROACH FOR CLOSURE EQUATIONS OF GAS-SOLID FLOWS WITH INTER-PARTICLE COLLISIONS) , Int . J . multiphase flow , 2004 , vol.30 . issue2 , pp.159-180 .
7. B. Wang , H.Q. Zhang & X.L. Wang , (LARGE EDDY SIMULATION OF PARTICLE RESPONSE TO TURBULENCE ALONG ITS TRAJECTORY IN BACKWARD-FACING STEP TURBULENT FLOW) .

The Influence of Direction & Solid Loading Ratio on Two Phase Flow Energy

Ahmed Adeeb AbdulWahid

Abstract

This research investigates the influence of solid loading ratio , Reynolds number & angle of flow direction change on minor losses coefficient for two-phase flow type gas-solid through an orifice by manufacturing a special apparatus with solving the equations mathematically .

Three different angles of elbow 15 , 30 & 45 deg. was chosen to study this effect on minor losses head and minor losses coefficient for a solid loading ratio range 0 to 1.9 , Reynolds number range 36209 to 78078 .

It is found that the minor losses head decrease with increase of mixture velocity and Reynolds number with relationship of elbow angle increasing linearly with solid loading ratio increment . also the minor losses coefficient increasing with minor losses head increment and linearly with mixture velocity , Reynolds number as same as solid loading ratio . fig.(1) shows the apparatus which used in this research .

Key words *two phase flow , loading*

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.