

دراسة تأثير الأبعاد الهندسية للنواشر الحلقية على أدائها

الدكتور يوسف ياخور*

(قبل للنشر في 2005/10/2)

□ الملخص □

قمنا بدراسة مميزات الجريان الدوامي في النواشر الحلقية تمهيداً لعرض مواصفات النواشر مع مخطط ضياعات لها. وقد قمنا بتصنيف أنواع مختلفة من النواشر الحلقية وبمقارنة بينها، كما درسنا تأثير الطول الأعظمي للنواشر وتأثير زوايا النواشر على جريان قابل للانضغاط.

* أستاذ مساعد في قسم القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

Étude De L'influence Des Dimensions Géométriques Dans Les Diffuseurs Annulaires Sur Leurs Exécutions

Dr. Youssef Yakhour*

(Accepté 2/10/2005)

□ Résumé □

Nous avons étudié les caractéristiques de l'écoulement tourbillonnaire dans les diffuseurs annulaires pour présenter les performances des diffuseurs avec leur diagramme des pertes. Nous avons fait la classification des différents types des diffuseurs annulaires et on a comparé l'un à l'autre.

Nous avons étudié aussi l'influence de la longueur maximale du diffuseur et l'influence de ses angles dans l'écoulement compressible.

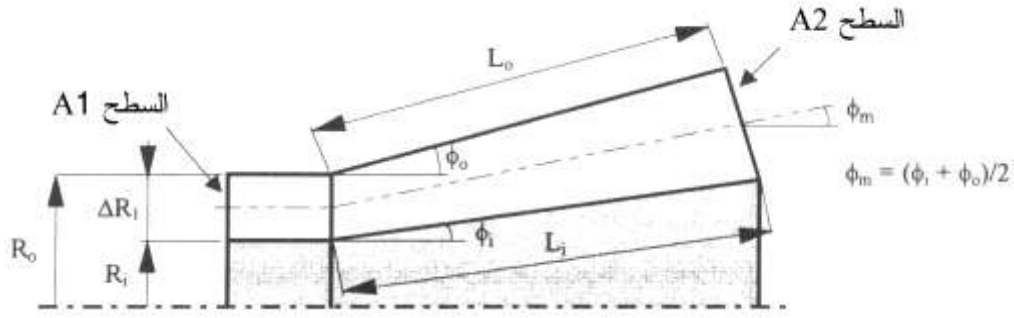
* Professeur Assistant Dans Le Département Du Pouvoir Mécanique – Faculté De Génie Mécanique Et Électrique – Université De Tichrine – Lattaquié – SYRIE.

الرموز و المسميات المستخدمة في البحث

مساحة المقطع	A	m^2
العلاقة بين مساحة سطح الخروج و مساحة سطح الدخول للناشر الحلقي A_2 / A_1	AR	-
معامل استرجاع الضغط الستاتيكي	C_p	-
معامل استرجاع الضغط الستاتيكي الأعظمي من أجل الطول اللابعد $\bar{L} / \Delta R_1$	C_p^*	-
معامل استرجاع الضغط الستاتيكي الأعظمي من أجل علاقة المساحات AR	C_p^{**}	-
معامل استرجاع الضغط الستاتيكي الأمثل	C_{pi}	-
معامل ضياع الضغط الكلي للناشر	K	-
طول الناشر الأسطواني	L	m
الطول الوسطي للناشر الأسطواني	\bar{L}	m
الطول الداخلي للناشر الأسطواني	L_i	m
الطول الخارجي للناشر الأسطواني	L_o	m
المسافة القطرية للسطح الداخلي للناشر (بعد سطح النواة عن محور الناشر)	R_i	m
المسافة القطرية للسطح الخارجي للناشر	R_o	m
عدد سويرل	S	
الطول الإحداثي الموافق	x	m
الارتفاع الدائري لمدخل الناشر الحلقي، $R_o - R_i$	ΔR_1	m
مردود الناشر، C_p / C_{pi}	η	-
الزاوية بين السطح الداخلي للناشر الحلقي مع محوره	ϕ_i	($^\circ$)
الزاوية الوسطية للناشر الحلقي مع محوره، $(\phi_i + \phi_o) / 2$	ϕ_m	($^\circ$)
الزاوية بين السطح الخارجي للناشر الحلقي مع محوره	ϕ_o	($^\circ$)
الطول الأعظمي للناشر الحلقي	L_{cr}	m
الطول الأعظمي لنواة الناشر الحلقي	x_{cr}	m
الإحداثي النصف قطري	r	m
السرعة المماسية	W	m/s
السرعة المحورية	U	m/s

مقدمة:

النواشر هي أجهزة مخصصة لتخفيف سرعة الجريان في الآلات العنقية ، وهي تتميز بتزايد سطح المقطع أثناء مرور المائع في اتجاه الجريان (الشكل 1).
تستخدم النواشر الحلقية ذات النوى بكثرة في مؤخرة العنفة البخارية، ولهذا قمنا بهذه الدراسة للمقارنة بين أنواع مختلفة من النواشر والتوصل إلى أفضلها من حيث الأداء تبعاً لطول الناشر وزواياه.



الشكل (1) المواصفات الهندسية لناشر حلقي

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى إيجاد علاقة بين الطول الأعظمي للنواشر الحلقية والزوايا المستخدمة في العنفات وتأثير ذلك على الجريان ضمن هذا الناشر، أي تأثيره على مميزات الجريان.

مميزات الجريان الدوامي:

تكون المركبة القطرية للسرعة في حال الجريان الدوامي، متجهة إيجابياً نحو أنصاف الأقطار المتقاطعة وتسعى إلى تعزيز الانفصال على السطح الداخلي للناشر وإلى ثبات الجريان على السطح الخارجي.
يكون إنتاج الطاقة المضطربة في حال الجريان الدوامي في ممر حلقي متناقصاً بجوار الجدار الداخلي، حيث التدرج القطري لكمية الحركة الزاوية إيجابياً ومتزايداً قرب الجدار الخارجي، حيث يكون هذا التدرج سلبياً. إن تزايد إنتاج الطاقة الاضطرابية قرب الجدار الخارجي يحسن كمية الحركة القطرية وينتج تزايد سرعات متوسطة في هذه المنطقة. وبالعكس، عند الجدار الداخلي، حيث طاقة الاضطراب منخفضة، ينقص الجريان القليل لدعم الحركة بعكس التدرج المحوري للضغط، وهذا يؤدي لزيادة هبوط السرعة، وفي بعض الحالات ينتج انفصال سابق للتيار لأوانه على الجدار. إن قيمة عدد سويرل الأفضل، أي سويرل الذي من أجله يكون استرجاع الضغط الداخلي السكوني أعظماً، ليست ذاتها من أجل كل النواشر الحلقية.

إن تولد عدد سويرل هو ببساطة اشتراك لمركب مماسي لسرعة الجريان.

إن شكل السرعة المماسية هو بشكل عام ممثل، إما بدوامة قسرية (دوران جسم صلب)، أو بدوامة حرة (دوامة كامنة).

يصنف الجريان الدوامي القسري كمجموعة ثانوية لجريان دوراني يخضع للقانون (ثابت W/r)، وتكون السرعة المماسية أعظمية قرب الجدار الخارجي. أما الجريان الدوامي الحر فهو غير دوراني و يتبع القانون (ثابت $W.r$) والسرعة المماسية هي الأكبر قرب المركز وتنقص عندما يزداد القطر.

إن أشكال السرعة المماسية، الصادرة عن مولدات سويرل، تفرض بشكل عام تنظيمًا لتوزيع الدوامة القسرية والحرّة. إن السرعة المماسية المتوسطة في حقل الجريان يجب أن تميل إلى الصفر عند محور التناظر، ومن هنا فإن دوران الجسم الصلب يوجد بشكل ضروري في منطقة المحور. إن توضع موزعيي الدوامة يعطي شكل ناتج يسمى الدوامة المركبة.

يمكن لدرجة سويرل أن تتصف بعدد سويرل، S ، وهو عدد لا بعدي يمثل التدفق المحوري لكمية الحركة الزاوية مقسومة على التدفق المحوري لكمية الحركة المحورية بنصف قطر الأنبوب المكافئ.

ومن أجل ناشر حلقي يمكن لعدد سويرل أن يعطى إما بالمعادلة (1): [1]

$$S = \frac{1}{R_o} \frac{\int_{R_i}^{R_o} \rho U W r^2 dr}{\int_{R_i}^{R_o} \rho U^2 r dr} \quad (1)$$

أو بالمعادلة (2):

$$S = \frac{1}{R_o} \frac{\int_{R_i}^{R_o} \rho U W r^2 dr}{\int_{R_i}^{R_o} \rho (U^2 - 0,5W^2) r dr} \quad (2)$$

بما أن الدوامة الحرّة لسويرل تقود إلى جهد أكبر على السرعة المحورية U ، وأن الدوامة القسرية من أجل كمية حركة زاوية معطاة، وكى نصف جهد سويرل على السرعة المحورية فقد حدد العالمان Fletcher و Armfield [2] من أجل ناشر مخروطي، عدد سويرل بـ $S = W_{\max} / \bar{U}_1$ ، حيث W_{\max} هي السرعة القصوى لسويرل، آخذين بعين الاعتبار صفات التدفق المضطرب الدوامي في ناشر مخروطي، وحددا ثلاث درجات لسويرل:

سويرل ضعيف ($S < 0,3$)، سويرل وسطي ($0,3 < S < 0,6$) و سويرل قوي ($S > 0,6$)

عرض مواصفات الناشر:

إن مواصفات الناشر هي غالباً ممثلة بمخططات بيانية. ويمكن أن نذكر بشكل خاص:

مخطط المواصفات:

يعطي مخطط المواصفات (2-a) تغير نسبة السطوح: $(AR = A_2 / A_1)$ ، تبعاً للطول اللابيدي للناشر، مثلاً $\bar{L} / \Delta R_1$ من أجل ناشر حلقي (الشكل 1). نقدم فيه خطوط C_p iso والخطوط الأفضل لـ C_p^* و C_p^{**} . إن C_p^* هو مكان هندسي للنقاط التي تحدد نسبة المساحات لناشر ينتج الاسترجاع الأعظمي للضغط

الستاتيكي من أجل طول لابعدي معطى. و C_p^{**} هي المكان الهندسي للنقاط التي تحدد الطول اللابعدي لناشر يعطي الاسترجاع الأعظمي للضغط الستاتيكي من أجل نسبة مساحات معطاة.

التمثيل المثلي:

وضح العالمان Sovran و Klomp $C_p = f(C_{pi})$ بالعلاقة: [3]

$$C_p = \eta C_{pi} = \eta [1 - (A_1 / A_2)^2] = \eta [1 - (1 / AR^2)]$$

أن قيم C_p الموافقة للمردود نفسه تتجمع على خطوط مستقيمة يمكن رسمها كتابع لـ C_{pi} أو لنسبة المساحات AR . هذا السلم الأخير، غير الخطي، هو مفيد بشكل خاص، لأنه يسمح بوضع العلاقات AR من $(1 \leftarrow 4)$ لتوافق أغلبية الحالات العملية (الشكل 2-b).

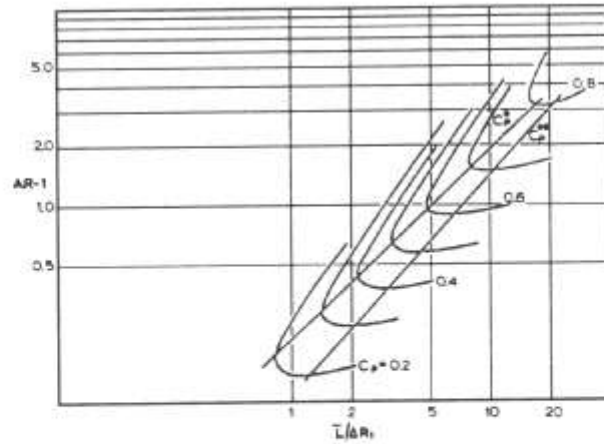
مخطط الضياعات:

استعمل Japikse [4] العلاقة المبسطة بين معامل ضياع الضغط الكلي K ومعامل استرجاع الضغط الستاتيكي C_p ، المعطى بالعلاقة $(K = C_{pi} - C_p)$ لتمثيل مخطط الضياعات. يعطي هذا المخطط (2-c) معامل ضياع الضغط الكلي K كتابع لـ C_p من أجل سلسلة نواشر مخروطية $(\phi = 5,8^\circ)$.

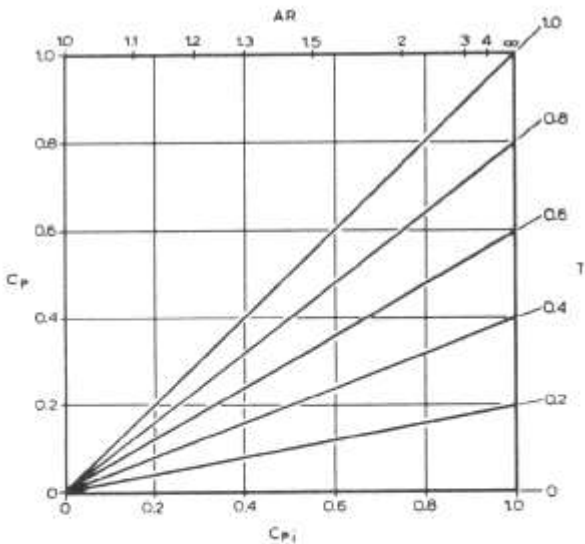
عدم الاستقرار في الجريان المضطرب في النواشر:

إن ناشراً مصنوعاً من أجل الحصول على استرجاع أعظمي للضغط، يمكن أن يعمل بوجود انفصالات عابرة [5]، وهكذا انفصالات عابرة تحدث موجات في الضغط، وبشكل عام تكون جرياناً غير مستقر أمام وخلف الناشر. إن المخططات البيانية للمواصفات لا تظهر المستويات الكمية لعدم استقرار الجريان (هذا يعني تغيرات في الضغط و / أو السرعة) ولا تغييرات نسبية لعدم الاستقرار في مناطق الانفصال العابر تبعاً للشكل الهندسي للنواشر. إن النواشر القصيرة تخضع بشكل عام لمواصفات جريان غير مستقر أكثر من النواشر الطويلة. من أجل ناشر مسطح له طول لابعدي معطى، فإن التغيرات غير المستقرة للسرعة و الضغط تزداد بسرعة في نظام انفصال عابر وتصل إلى قيمة عظمى من أجل زاوية $10^\circ - 12^\circ$ [6]. في هذا النظام، المستويات العظمى لتغيرات المعامل C_p وسرعة الدخول U يمكن أن تصل على التوالي إلى $\pm 35\%$ ، و $\pm 12\%$ من قيمها المتوسطة [7].

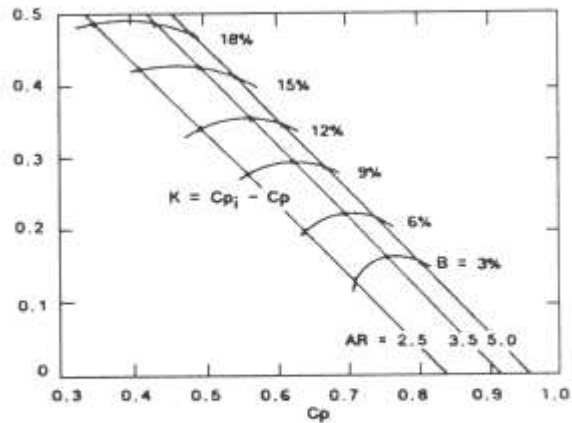
فضلاً عن ذلك، فإن جرياناً غير مستقر اهتزازي عند مدخل الناشر لا يغير المواصفات الوسطى للناشر ما دام الانفصال غير موجود، لأنه لا يؤثر على الشكل الوسطى للطبقة الحدية [8] و [9].



(a) مخطط المواصفات. نسبة المساحات A_2/A_1-1 تبعاً للطول اللابعدى للناشر الحلقى $L/\Delta R_1$ ، Sovran et Klomp (1967)



(b) تمثيل مثلي. المعامل C_p كتابع لـ C_{pi} مع مجال للمرود ، Sovran et Klomp 1967



(c) مخطط الضياعات. معامل ضياع الحمولة K كتابع للمعامل C_p مع خطوط الحدود B من أجل سلسلة الناشر المخروطية $(2\phi=5.8)$ ، Japikse 1986

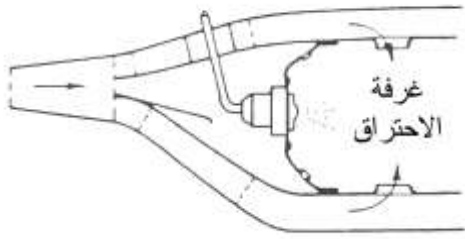
الشكل (2) تمثيل مميزات الناشر

تصنيف النواشر الحلقية:

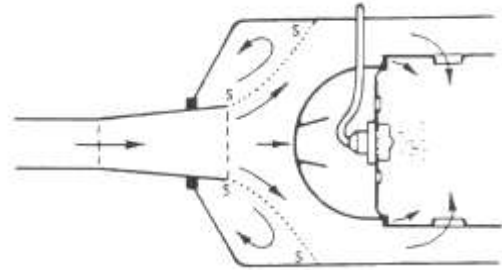
يمكن للنواشر أن تصنف وترتب بحسب:

- مجالات التطبيق.
- مقاطع الدخول.
- زوايا السطوح.

للنواشر الحلقية تطبيقات عملية كثيرة، خاصة في مجال الآلات العنقية، حيث تتوضع:
 - عند مدخل غرف الاحتراق: وهي تؤدي إلى انخفاض في السرعة وتخلق اضطراباً ملائماً للاحتراق. نجد غالباً الناشر ذا الفروع نموذج Faired (الشكل 3)، الناشر ذا التوسع المفاجئ نموذج Dump (الشكل 4) [10] و [11]، أو الناشر نموذج Griffith (الشكل 5) [12]

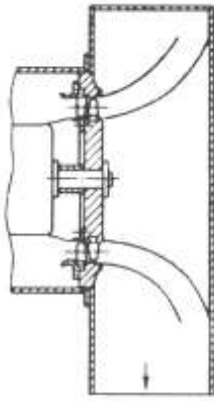


الشكل (3) الناشر ذو الفروع نموذج Faired

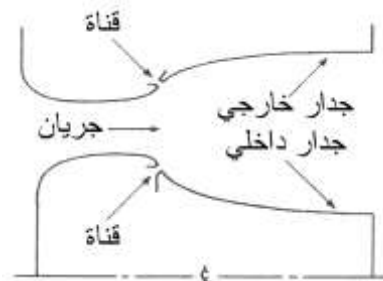


الشكل (4) الناشر ذو التوسع المفاجئ نموذج Dump

- بين مرحلتين أو عند المخرج [13] و [14]: وهي مخصصة لتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط مع أدنى حد ممكن للضياح مع احترام ضرورات التصميم. نستعمل غالباً إذا ترتيبات لنواشر مختلفة، مثلاً ناشر محوري متبوع بناشر قطري مفتوح على غرفة الاحتراق (الشكل 6) [15].
 من ناحية أخرى، فإن الناشر الحلقي يكون عادة متوافقاً مع المراوح العنقية [16].

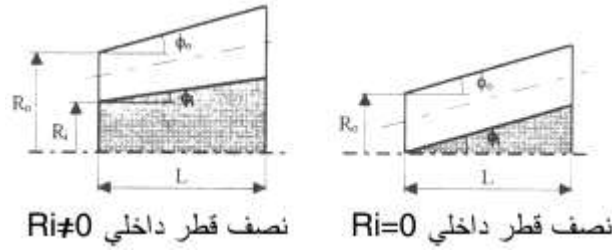


الشكل (6) ناشر محوري متبوع بنصف قطر مفتوح في غرفة



الشكل (5) ناشر حلقي من نموذج Griffith.

يبين الشكل (7) ناشراً حلقياً مكوناً من نواة مركزية ومن جدار خارجي. قطر مدخل النواة R_i هو مختلف عن الصفر أو معدوم. سندرس بشكل خاص الحالة الأولى [17] و [18].



الشكل (7). نصف القطر الداخلي لمدخل النواة

التصنيف المرتكز على زوايا الأسطح:

أربعة عوامل هندسية لها تأثير مهم على مواصفات النواشر الحلقية:

- الطول اللابعد $L/(R_0 - R_i)$.
- نصف قطر السطح الخارجي عند المدخل R_0 .
- زاوية السطح الخارجي ϕ_o مع محور الناشر.
- زاوية السطح الداخلي ϕ_i مع محور الناشر.

إن الأشكال الممكنة للنواشر الحلقية مبينة بالشكل (8) [19].

هناك عدة تصنيفات مرتكزة على إحدى الزوايا الثلاث، كما هو مبين في (الجدول 1):

- زاوية السطح الخارجي ϕ_o .
 - زاوية السطح الداخلي ϕ_i .
 - زاوية الميل الوسطية للسطحين الداخلي و الخارجي $\phi_m = (\phi_o + \phi_i)/2$.
- بما أن شكل الناشر الحلقي معقد وتحديده يحتاج إلى عدة عوامل، لذا فإننا نحتاج إلى عامل إضافي من أجل التصنيف وفق (الجدول 1). هذا العامل هو على التوالي: ϕ_o و ϕ_i و ϕ_m من أجل التصنيف الأخير.

الجدول (1) التصنيفات المختلفة بحسب زوايا النواشر الحلقية

التصنيف بحسب ϕ_o		التصنيف بحسب ϕ_i		التصنيف بحسب ϕ_m	
$\phi_o > 0^\circ$	نموذج 1 $\phi_i > 0^\circ$	$\phi_i > 0^\circ$	نموذج 1 $\phi_o > 0^\circ$	$\phi_m > 0^\circ$	نموذج 1 $\phi_i > 0^\circ$
	نموذج 2 $\phi_i = 0^\circ$				نموذج 2 $\phi_i = 0^\circ$
	نموذج 3 $\phi_i < 0^\circ$				
$\phi_o = 0^\circ$	نموذج 4 $\phi_i < 0^\circ$	$\phi_i = 0^\circ$	نموذج 2 $\phi_o > 0^\circ$	$\phi_m \geq 0^\circ$	نموذج 3 $\phi_i < 0^\circ$
$\phi_o < 0^\circ$	نموذج 5 $\phi_i < 0^\circ$	$\phi_i < 0^\circ$	نموذج 3 $\phi_o > 0^\circ$	$\phi_m < 0^\circ$	نموذج 4 $\phi_o = 0^\circ$
			نموذج 4 $\phi_o = 0^\circ$		نموذج 5 $\phi_o < 0^\circ$
			نموذج 5 $\phi_o < 0^\circ$		

في هذه الدراسة، سنختار التصنيف المرتكز على الزاوية ϕ_m لأنها عملية أكثر وتسمح باستخدام الطول الوسطي \bar{L} والزاوية الوسطى ϕ_m .

توجد خمسة نماذج من النواشر الحلقية كما هو مبين في الشكل (8) :

- النموذج 1 هو ناشر حلقي ذو نواة متباعدة $\phi_0 \geq \phi_i > 0^\circ$ و زاوية ميل موجبة $\phi_m > 0^\circ$.
- النموذج 2 هو ناشر حلقي ذو نواة مستقيمة $\phi_0 > 0^\circ$ و $\phi_i = 0^\circ$ ، و زاوية ميل موجبة $\phi_m > 0^\circ$.
- النموذج 3 هو ناشر حلقي ذو نواة متقاربة و زاوية ميل موجبة أو معدومة حيث: $\phi_m \geq 0^\circ$ ، $\phi_o > 0^\circ$ و $\phi_i \leq -\phi_o$

الناشر هو متساوي الزوايا عندما تكون الزاوية الداخلية والخارجية متساوية ومتعاكسة $\phi_i = -\phi_o$.

- النموذج 4 هو ناشر حلقي لسطح خارجي أسطواني $\phi_0 = 0^\circ$ و $\phi_i < 0^\circ$ و زاوية ميل سالبة $\phi_m < 0^\circ$.

- النموذج 5 هو ناشر حلقي لسطح خارجي متقارب $\phi_0 < 0^\circ$ و $\phi_i < \phi_0 < 0^\circ$ و زاوية ميل سالبة $\phi_m < 0^\circ$.

تستخدم النواشر الحلقية بزوايا ميل موجبة بكثرة من أجل تطبيقات الخروج الحر بينما يفضل استخدام النواشر الحلقية بزوايا ميل سالبة عندما توضع بين أنابيب موضوعة على التسلسل.

إن ميزة النواشر الحلقية بزوايا ميل موجبة هي ضعف حساسيتها لجريان المدخل، أما السيئة الصغيرة لهذه النواشر فهي التخفيض الصغير للمردود الأعظمي مقارنة بذلك الذي نحصل عليه مع نواشر حلقية بزوايا ميل سالبة. كي نفهم أساس هذا التصنيف بشكل أكبر، يمكن لمساحة كل المقاطع المستقيمة للناشر الحلقية أن ترتبط بالمعادلة الآتية وحسب الزوايا والأبعاد:

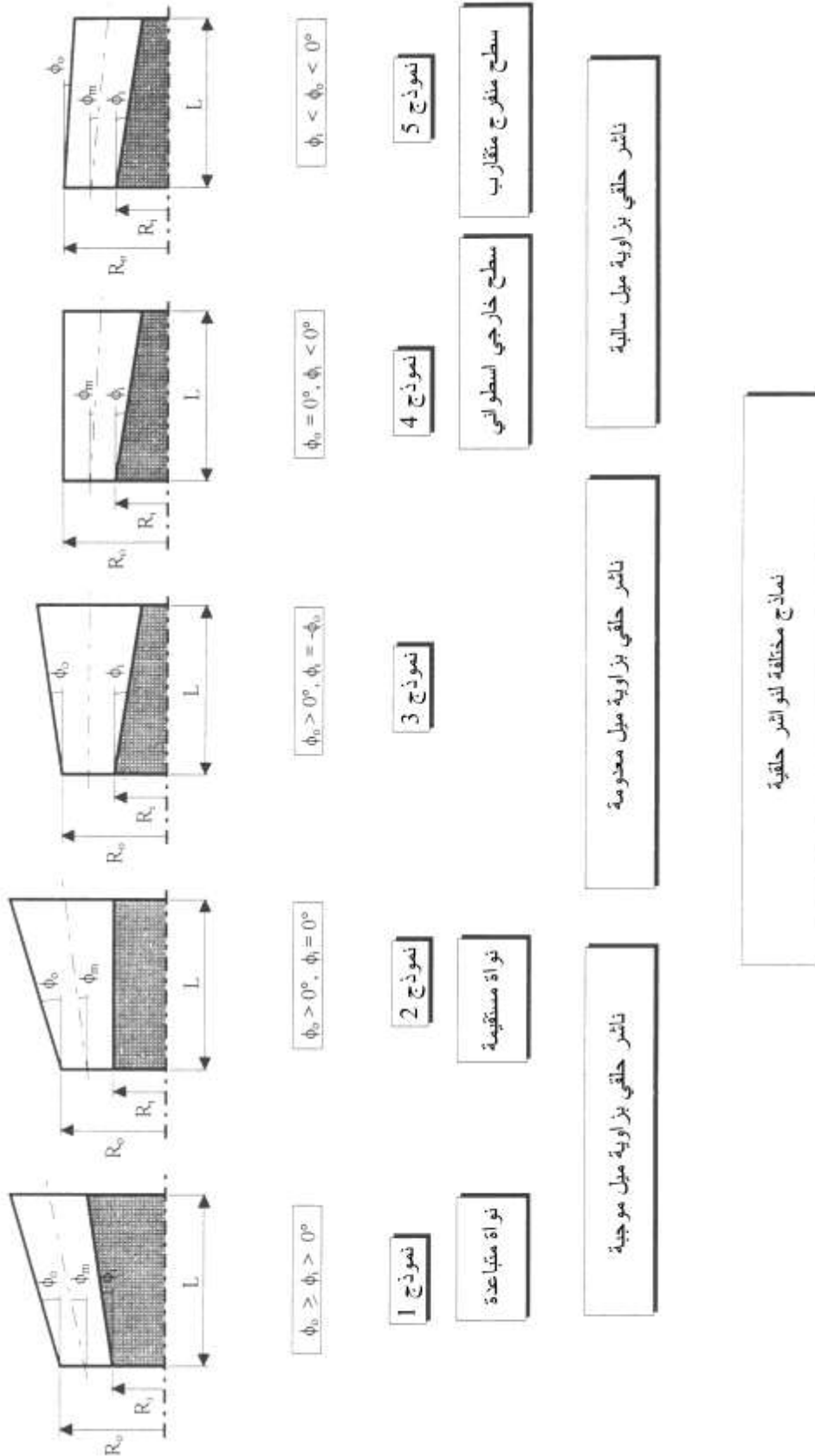
$$A = \pi \left[(R_0 + x \tan \phi_0)^2 - (R_i + x \tan \phi_i)^2 \right] \quad (3)$$

الطول الأعظمي للنواة:

بالنسبة للنماذج 3، 4 و 5 حيث $\phi_i < 0^\circ$ ، فإن نصف قطر مقطع السطح الداخلي $R = R_i + x \tan \phi_i$ يتناقص عندما تتزايد x . الطول الأعظمي لنواة الناشر x_{cr} ، هو محدد مثل طول النواة من أجل نصف قطر معدوم ومعطى بالعلاقة:

$$x_{cr} = -R_i / \tan \phi_i$$

زيادة عن القيمة x_{cr} فإن النموذج 3 يصبح ناشراً مخروطياً ، والنموذج 4 يصبح عبارة عن أنبوب ذي مقطع ثابت، أخيراً فإن ناشر من النموذج 5 هو متقارب أو أنبوب.



الشكل (8) النماذج المختلفة للنواتر الحلقيه

يعطي الجدول (2) شكل العلاقات AR لمختلف النماذج الحلقية المدروسة عند المخرج والمدخل:

الجدول (2) علاقات المساحات لنماذج مختلفة من النواشر الحلقية المدروسة.

ناشر حلقى	العلاقة بين مساحة الخروج ومساحة الدخول AR	الأشكال
نموذج 1	$AR = 1 + 2 \frac{L(R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i)}{R_0^2 - R_i^2} + \frac{L^2 (\tan^2 \phi_0 - \tan^2 \phi_i)}{R_0^2 - R_i^2}$	
نموذج 2	$AR = 1 + 2 \frac{LR_0 \tan \phi_0}{R_0^2 - R_i^2} + \frac{L^2 \tan \phi_0}{R_0^2 - R_i^2}$	
نموذج 3	$AR = 1 + 2 \frac{L \tan \phi_0}{R_0 - R_i}$	
نموذج 4	$AR = 1 - 2 \frac{LR_i \tan \phi_i}{R_0^2 - R_i^2} - \frac{L^2 \tan^2 \phi_i}{R_0^2 - R_i^2}$	
نموذج 5	$AR = 1 + 2 \frac{L(R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i)}{R_0^2 - R_i^2} + \frac{L^2 (\tan^2 \phi_0 - \tan^2 \phi_i)}{R_0^2 - R_i^2}$	

الطول الأعظمى لناشر والشروط المحددة للزوايا ϕ_0 و ϕ_i :

من أجل جريان غير قابل للانضغاط فإن الأنبوب يتصرف كناشر إذا تزايدت المساحة A تدريجياً تبعاً للطول

$$x, \text{ أي } : dA/dx > 0$$

إن تدرج السطح المشتق من المعادلة (3) يكتب :

$$\frac{dA}{dx} = 2\pi [x(\tan^2 \phi_0 - \tan^2 \phi_i) + R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i] \quad (4)$$

وعندما تكون $x = 0$ (عند مدخل الأنبوب) فإن قيمة الحد $\frac{dA}{dx} = 2\pi[R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i]$ موجبة إذا

$$R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i > 0$$

كان يلاحظ دائماً عدم التساوي في الحد الأخير للنماذج 2,3,4 التي من أجلها $R_0 > 0$ ، $R_i > 0$ ، $\phi_0 > 0^\circ$ ، أو $\phi_0 = 0^\circ$ (النموذج 4)، و $\phi_i = 0^\circ$ أو $\phi_i < 0^\circ$ (النموذجين 3 و 4). وهي ليست محققة في (النموذج 1) حيث: $\phi_0 > 0^\circ$ و $\phi_i > 0^\circ$ إلا إذا $\tan \phi_i / \tan \phi_0 < R_0 / R_i$ ومن أجل (النموذج 5) إلا إذا $\tan \phi_i / \tan \phi_0 > R_0 / R_i$.

إن الشروط السابقة محققة، و يبقى dA/dx موجباً طالما تبقى x أقل من الطول الحرج للناشر L_{cr} وبعد تلك القيمة تصبح dA/dx سالبة. يستنتج هذا الطول من المعادلة (4) ويعطى بالمعادلة (5):

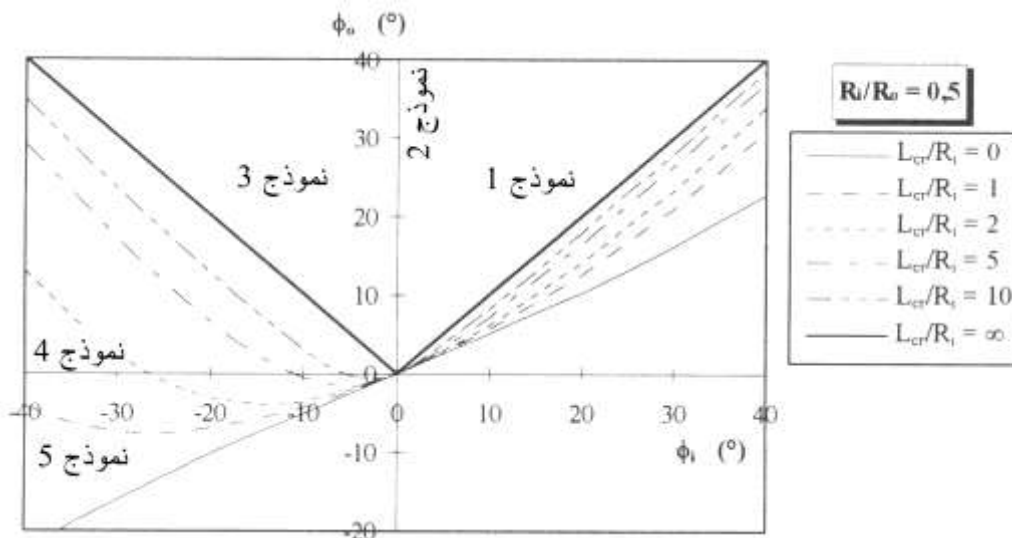
$$L_{cr} = \frac{R_0 \tan \phi_0 - R_i \tan \phi_i}{\tan^2 \phi_i - \tan^2 \phi_0} \quad (5)$$

أو تحت شكل لا بعدي بالمعادلة:

$$\frac{L_{cr}}{R_i} = \frac{(R_0 / R_i) \tan \phi_0 - \tan \phi_i}{\tan^2 \phi_i - \tan^2 \phi_0} \quad (6)$$

وهي معادلة موجبة ومحددة فيزيائياً إذا كان $\tan^2 \phi_i - \tan^2 \phi_0 > 0$.

يبين الشكل (9)، من أجل علاقة أنصاف الأقطار عند المدخل $R_i / R_0 = 0,5$ و مجموع الزوايا ϕ_0 و ϕ_i من أجل نماذج مختلفة لنواتر حلقيّة. إن التوابع L_{cr} / R_i ، من أجل قيم بين 0 إلى ∞ هي ممثلة أيضاً بالشكل (9). نلاحظ أن قيم $\phi_i = \phi_0 = 0^\circ$ تعطي أشكال اسطوانتين لهما المحور نفسه، حيث $dA/dx = 0$. إن المنحني $L_{cr} / R_i = 0$ يقسم مناطق تطبيقات المجاري الحلقيّة: فوق وأسفل هذا المنحني، فإن الأنبوب يتصرف كفهوة حلقيّة $dA/dx < 0$ بينما فوق ذلك، فإنها تعمل كناشر حلقي $dA/dx > 0$.



الشكل (9) سلسلة الزوايا ϕ_0 و ϕ_i من أجل نماذج مختلفة لنواتر حلقيّة من أجل علاقة أنصاف الأقطار $R_i / R_0 = 0,5$

مخطط بياني للأطوال الحدية (الدرجة) x_{cr} و L_{cr} :

يمكن للأطوال الحدية x_{cr} و L_{cr} أن تكون نظرياً موجبة، معدومة أو سالبة بحسب النموذج، وقيم ϕ_0 ، ϕ_i و R_o/R_i . يجب عملياً على كل ناشر حلقي أن يحقق الشروط $L < L_{cr}$ و $x < x_{cr}$ عندما تكون x_{cr} و L_{cr} موجبة.

يلخص الجدول في الشكل (10) الشروط المختلفة لمختلف نماذج النواشر الحلقية.

التحديد $x < x_{cr}$ لا يوجد إلا في النماذج 3، 4، 5، بينما شرط $L < L_{cr}$ يتفوق في النموذج 4. ويمكن أن يظهر التحديد $x < x_{cr}$ في النموذج 3 ($|\phi_i| < \phi_o$) و النماذج 1 و 5 بحسب قيمة العلاقة: (R_o/R_i) ($\tan \phi_i / \tan \phi_o$).

هذه التحديدات موجزة كما يلي:

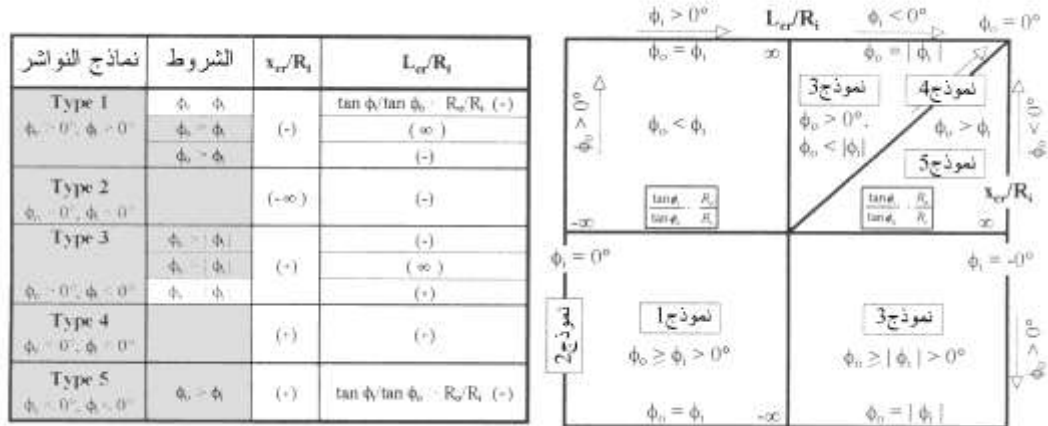
- تحديد L_{cr} على النموذج 1 هو محدد بالزاوية $\phi_o < \phi_i$ وبالعلاقات لنسب أنصاف الأقطار

$$R_o/R_i > \tan \phi_i / \tan \phi_o$$

- تحديد L_{cr} على النموذج 3 محدد بالزاوية $|\phi_i| < \phi_o$.

- الأطوال الحدية من أجل النموذج 4 هي متساوية $x_{cr} = L_{cr}$.

- تحديد L_{cr} على النموذج 5 ($\phi_o > \phi_i$) محددة بعلاقات أنصاف الأقطار $R_o/R_i < \tan \phi_i / \tan \phi_o$.



الشكل (10) العلاقة بين الطولين الأعظميين اللابعيين من أجل نماذج مختلفة لنواشر حلقية.

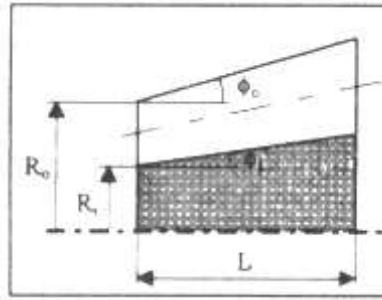
إن أغلبية الدراسات المتعلقة بالنواشر خاضعة للشروط المقدمة باللون الرمادي في جدول الشكل (10).

العلاقة بين الطولين الحديين اللابعيين هي ممثلة على الشكل نفسه.

في النماذج 3 ($|\phi_i| < \phi_o$)، 4 و 5، يكون L_{cr} على التوالي أكبر، مساوياً و أصغر من x_{cr} . والتفسيرات

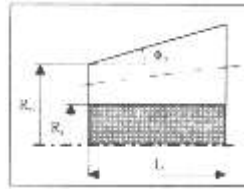
المتعلقة بكل نموذج من النواشر المدروسة هي كما يلي:

- هذا النموذج مبين على يسار المنحني $L_{cr}/R_i = \infty$ (الشكل 9) الذي يقدم تساوي الزوايا ϕ_o و ϕ_i وحدود النموذج 2، $\phi_i = 0^\circ$ ، على يمين المنحني $\phi_o < \phi_i$ ، هناك تحديد لطول الناشر L_{cr} . مثلاً لنعتبر $\phi_o = 15^\circ$ ، $\phi_i = 20^\circ$ و $R_i/R_o = 0,5$ ، لدينا $L_{cr}/R_i = 2,83$ والناشر يعمل كأنبوب عندما يكون الطول اللابعي هو أكبر من هذه القيمة.



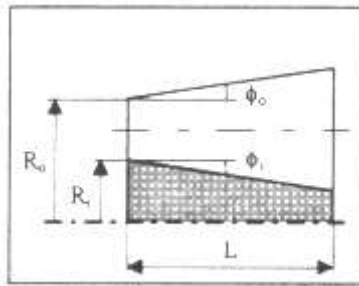
النموذج 1 ($\phi_i > 0^\circ$ و $\phi_o > 0^\circ$)

- هذا النموذج مقدم على إحدائيات موجبة لـ ϕ_o ولا يوجد أي تحديد على هذا النموذج.



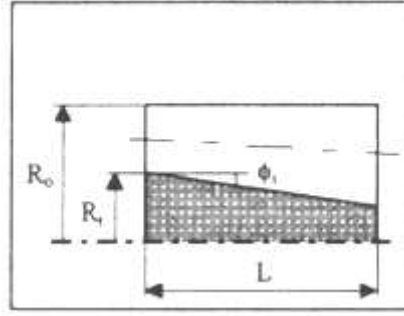
النموذج 2 ($\phi_i = 0^\circ$ و $\phi_o > 0^\circ$)

- لو كان $\phi_o \geq |\phi_i|$ ، لا يوجد تحديد على الطول الحدي L_{cr} .
 لو كان $\phi_o < |\phi_i|$ يكون هناك طول L_{cr} محدود، لكن هذا الشرط هو أقل إجبارياً من أجل النموذج 1 لأن المنحنيات الممثلة لـ L_{cr}/R_i (iso) هي أكثر انتشاراً (الشكل 9) . القيمة الملائمة لـ x_{cr}/R_i من أجل الزاوية ϕ_i المعطاة هي محددة بمناطق تداخل المنحنيات L_{cr}/R_i مع المحور السلبى لـ ϕ_i ونجده أقل من قيمة L_{cr} ،
 $(L_{cr} > x_{cr})$.

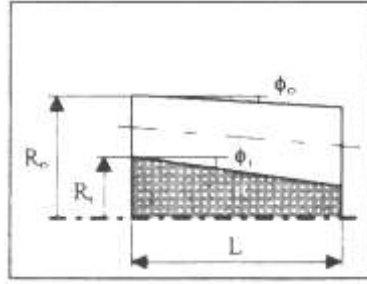


النموذج 3 ($\phi_i < 0^\circ$ و $\phi_o < 0^\circ$)

- هذا النموذج مقدم على المحور السلبى لـ ϕ_i والطولين الحديين هما متساويان $L_{cr} = x_{cr}$ من أجل هذا النموذج للناشر .

- النموذج 4 : ($\phi_i < 0^\circ$ و $\phi_o = 0^\circ$)

- إن نموذج الناشر هذا هو في الحقيقة قليل الاستعمال جداً لأنه يجب احترام الشرط $R_o / R_i < \tan \phi_i / \tan \phi_o$ ، وهو نادر الاستخدام .

- النموذج 5 ($\phi_i < 0^\circ$ و $\phi_o < 0^\circ$)

النتائج:

- إن المعاملات المستخدمة لقيم مواصفات الناشر هي عامل استرجاع الضغط C_p ، عامل الاسترجاع الأمثل للضغط C_{pi} ، عامل ضياع الضغط الكلي K و المردود η . هذه المواصفات هي مقدمة أيضاً بمخططات المواصفات كتمثيل محوري أو مخططات الضياع.

- إن تأثير الجريان الدوامي في الناشر الحلقية يتعلق بميزات هندسية للناشر (الزوايا ϕ_o و ϕ_i ، نسبة أنصاف الأقطار R_i / R_o و الطول L) ، وبميزات الجريان والتي هي:

- بروفيل السرعة المماسي (دوامة حرة، قسرية أو متراكبة).
- درجة سويرل (عدد سويرل).

- يمكن للناشر الحلقية أن تصنف بخمسة نماذج بحسب الزوايا الخارجية و الداخلية. على أطوالها أن تكون بشكل عام خاضعة للشروط $L < L_{cr}$ و x_{cr} . وأن الناشر من النموذجيين 1 و 2 ليس لها قيود أو شروط من أجل x_{cr} ، ولهذا السبب فهما أكثر استعمالاً من الناشر 3، 4 و 5 .

المراجع:

- 1- **Sloan, D. G., Smith, P.J. et Smoot, L.D.**, Modeling of Swirl in Turbulent Flow systems, *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 12, 1986, pp. 163-250.
- 2- **Armfield, S.W. et Fletcher, C.A.J.**, Comparison of k-ε and Algebraic Reynolds Stress Models for Swirling Diffuser Flow; *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 9, 1989, pp. 987-1009.
- 3- **Sovran, G. et Klomp, E.D.**, Experimentally Determined Optimum Geometries for Rectilinear Diffuser with Rectangular, Conical, or Annular Cross-Section, *Fluid Mechanics of Internal Flow (Proceedings of the Symposium on the Fluid Mechanics of Internal Flow, General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan, 1965)*, (Ed. Sovran G.), 1967, pp. 270-319.
- 4- **Japikse, D.** A New Diffuser Mapping Technique, Part 1: Studies in Component Performance, *ASME Journal of Fluids Engineering*, Vol. 108, June 1986, pp. 148-156.
- 5- **Reneau, L.R., Johnston, J.P. et Kline, S.J.**, Performance and Design of Straight, Two-Dimensional Diffusers, *ASME Journal of Basic Engineering*, Vol. 89, March 1967, pp. 141-150.
- 6- **Smith, C.R.**, A Note on Diffuser Generated Flow Unsteadiness, *ASME Journal of Fluids Engineering*, Vol. 97, September 1975, pp. 377-379.
- 7- **Smith, C.R. et Layne, J.L.**, An Experimental investigation of Unsteadiness Generated by Transitory Stall in Plane-Wall Diffusers, *ASME Journal of Fluids Engineering*, Vol. 101, June 1979, pp. 181-185.
- 8- **Schachenmann, A.A. et Rockwell, D.O.**, Oscillating Turbulent Flow in a Conical Diffuser, , *ASME Journal of Basic Engineering*, Vol. 98, December 1976, pp.695-701.
- 9- **Lyrjo, A.A. et Ferziger, J.H.**, A Method of Predicting Unsteady Turbulent Flows and Its Application to Diffusers with Unsteady Intel Conditions, *AIAA Journal*, Vol. 21, No. 4, 1983, pp. 534-540.
- 10- **Klein, A.**, Characteristics of Combustor Diffusers, *Progress in Aerospace Sciences*, Vol. 31, 1995, pp. 171-271.
- 11- **Shyy, W.**, Numerical Study of Annular Dump Diffuser Flows, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 53, 1985 (a), pp. 47-65.
- 12- **Agrawal, A.K. et Yang, T-t**, Viscous Flow Computations for Compressor / Combustor Diffuser Design to allow Air Extraction for IGCC Systems, *ASME Paper No. 91-GT-62*, 1991.
- 13- **Dominy, R.G. et Kirkham ; D.A.** ; The influence of Blade Wakes on the Performance of Inter-Turbine Diffusers, *ASME Paper No. 94-GT-207*, 1994.
- 14- **Dominy, R.G. et Kirkham ; D.A.** ; The influence of Swirl on the Performance of Inter-Turbine Diffusers, *VDI Berichte No. 1186*, 1995, pp. 107-122.
- 15- **Tindell, R.H., Alston, T.M., Sarro, C.A., Stegmann, G.C., Gray, L. et Davids, J.** Computational Fluid Dynamics Analysis of a Steam Power Plant Low-Pressure Turbine Downward Exhaust Hood, *ASME Journal of Engineering, for Gas Turbines and Power*, Vol. 118, January 1996, pp. 214-224.
- 16- **Xie Q.M. et Gu, J.G.**, Aerodynamic Research on Straight Wall Annular Diffuser for Turbofan Augmentor, *ASME Paper No. 85-IGT-16*, 1985.
- 17- **Ishikawa, K. et Nakamura, I.**, An Experimental Study on the Performance of Mixed-Flow-Type Conical Walled Annular Diffusers, *Flows in Non-Rotating Turbomachinery, EFD-Vol. 69*, (Ed. Rohatgi, U.S., Hamed, A. et Kim, J.H.), *ASME Book No. G00469*, 1988, pp. 73-80.
- 18- **Ishikawa, K. et Nakamura, I.**, Influence of Asymmetric Uniform Shear Intel Velocity Profiles on Flow and Performance in Mixed-Flow-Type Conical Walled Annular Diffusers, *Transactions of the Japan Society for Mechanical Engineers*, (en Japonais), Vol. 55, No. 510, B, 1989 (a), pp. 419-426.
- 19- **Ward-Smith, A.J.**, Internal fluid flow, The fluid dynamics of flow in pipes and ducts, Clarendon Press, Oxford, 1980.