بسم الله الرحمن الرحيم

ميكانيكا تشكيل الصفائح المعدنية

تأليـــف

زد. مارسينياك

و

جي. ال. دنكـــان

ترجـــمـــة

الدكتور/ ماهر حمدي الصاحب
أستاذ مشارك

الدكتور/ زهير صلاح عبد الجبار
أستاذ مشارك

قسم الهندسة الميكانيكية - كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٣هـ (٢٠٠٢م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب: *The Mechanics of Sheet Metal Forming*
تأليف Z. Marciniak Warsaw ، و J. L. Duncan Auckland نشر عام ١٩٩١م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مارسينياك، زد

ميكانيكا تشكيل الصفائح المعدنية/ زد مارسينياك، جي. ال. دنكان؛
ترجمة ماهر حمدي الصاحب، و زهير صلاح عبد الجبار - الرياض.

٢٧٦ ص ١٧ × ٢٤سم

ردمك: ٨-٣٤٢-٣٧-٩٩٦٠

١- الصفائح المعدنية أ- دنكان، جي. ال (م. مشارك) ب- الصاحب، ماهر حمدي (مترجم) ج- عبد الجبار، زهير صلاح (مترجم) د- العنوان

ديوي ٦٢٠,١٧ ٢٢/٤٩٤١

رقم الإيداع: ٢٢/٤٩٤١

ردمـــــك: ٨-٣٤٢-٣٧-٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره- بعد اطلاعه على تقارير المحكمين- في اجتماعه السابع عشر للعام الدراسي ١٤١٩/١٤٢٠هـ المعقود في تاريخ ١/٢/١٤٢٠هـ الموافق ١٥/٥/ ١٩٩٩م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٣هـ

مقدمة المترجمين

تم ترجمة هذا الكتاب "ميكانيكا تشكيل الصفائح المعدنية" لمؤلفيه زد. مارسينياك وجي. ال. دنكان، إلى اللغة العربية بالتعاون مع مركز الترجمة بجامعة الملك سعود، الذي دأب على تشجيع التعريب والمساهمة في إثراء المكتبة العربية بما يستجد من علوم وآفاق المعرفة .وهنا نود أن نعرب عن جزيل شكرنا وتقديرنا لهذا المركز الجليل وللقائمين عليه لجهودهم المتميزة ودعمهم المستمر لحركة التعريب والموافقة الكريمة على قيامنا بترجمة هذا الكتاب وتولي الجامعة مهمة طبعه ونشره.

يتناول هذا الكتاب موضوعاً هندسياً حيوياً، ذا أهمية عملية صناعية واقتصادية، بصورة علمية وموضوعية؛ حيث تم تطبيق نظرية اللدونة الهندسية على العديد من أساليب تشكيل الصفائح المعدنية المعروفة، وكذلك بيان الحدود لكل عملية والعوامل التي تتحكم بها وتساهم في نجاحها، وعرض دراسة تفصيلية لظاهرة لا استقرارية الشد في الصفائح الرقيقة .ويعتبر هذا الكتاب من أول المصادر في اللغة الإنجليزية والعربية التي تجمع كافة المعلومات؛ الخاصة بميكانيكا تشكيل المعادن مع بعضها بهذه الكيفية، ويمتاز كذلك بتفرده في مادته العلمية وشموليته وحسن تبويبه وسهولة أسلوبه في عرض المعلومات مما يجعله من الكتب القيمة والمفيدة جداً للدارسين والممارسين المهنيين والمهندسين والباحثين.

يضم الكتاب تسعة فصول تضمنت العديد من المواضيع الأساسية والتحليلات والنماذج الرياضية المطبقة في أساليب تشكيل الصفائح المعدنية .فقد تم أولاً تقديم مبادئ نظرية الانسياب اللدائني، وتحليل أساليب الانفعالات الكبيرة، ومن ثم دراسة

مفصلة للا استقرارية الشد، وكذلك تشويه الانحناءات ذات أنصاف الأقطار المختلفة، وتبع ذلك عرض طريقة تقريبية لتحليل الهياكل القشرية المتماثلة حول المحور والتي تم تطبيقها على العديد من الأساليب الأساسية في تشكيل الصفائح مثل المط والسحب، إضافة إلى عرض لطرق الطاقة المستخدمة في بعض النماذج .ولتعميم الفائدة وتعميق الفهم فقد تم في نهاية الكتاب تقديم عدد من التمارين الخاصة بكل فصل.

وفي ترجمتنا لهذا الكتاب، بذلنا جهداً خاصاً كي يأتي التعريب متطابقاً ومنسجماً مع النص الأصلي (الإنجليزي) وسلساً في الأسلوب وجزلاً في العبارات ومفهوماً من القارئ .وقد التزمنا الدقة في النقل والأمانة العلمية وعدم الابتعاد ما أمكن عن النص الأصلي، إلا بما تقتضيه الضرورة اللغوية .ولقد حرصنا ما أمكن على استخدام المصطلحات الفنية والالتزام بضوابط الترجمة والقواعد التي أعدها مركز الترجمة بجامعة الملك سعود وفق قرارات واقتراحات "ندوة توحيد منهجيات وضع المصطلح العلمي العربي" المنعقدة بالرباط من ١٨- ٢٠ فبراير ١٩٨١م، بإشراف مكتب تنسيق التعريب في الوطن العربي ووفق قرارات مجامع اللغة العربية وخصوصاً مجمع اللغة العربية بالقاهرة. واستكمالاً للفائدة فقد أوردنا بعد العنوان العربي لكل بند، وبعد كل مصطلح فني عربي في المتن النص الإنجليزي الوارد في الكتاب الأصلي. وكذلك أبقينا المعادلات والرموز بالحروف اللاتينية، وذيلنا الكتاب بثبت لأهم المصطلحات العلمية (عربي/وإنجليزي) التي وردت في الكتاب، وذلك لإتمام الفائدة وإعانة القارئ للوقوف على المعنى بأسرع وقت ممكن.

وأخيراً نتوجه بالدعاء إلى الله العلي القدير بأن نكون قد وفقنا في ترجمة هذا الكتاب وأن نكون قد أسهمنا في إثراء المكتبة العربية بكتاب قيم يسد ثغرة صغيرة في هذا الصرح الشامخ، وأن يجد القارئ العربي الفائدة المرجوة من مادته. راجين بهذا العمل المتواضع، أن نكون قد أدينا بعضاً من واجبنا، نحو لغتنا العربية؛ لغة الفكر والعلم، ونحو أمتنا العربية مهد الحضارة ومنارة الأديان.

المترجمان

مقدمة المؤلفين

تطبق نظرية اللّدونة الهندسية، في هذا الكتاب على عناصر أساليب تشكيل الصفائح المعدنية الشائعة. وعلى هذا فإن حني ومط وسحب الأشكال البسيطة قد تم تحليلها، باعتبارها أساليب أكيدة لتشكيل الأنابيب ذات الجدران الرقيقة. وحيثما أمكن، فان الحدود التي تتحكم بكل عملية قد تم التعرف عليها، وقد استتبع هذا ضرورة القيام بدراسة تفصيلية للا استقرارية الشد في الصفائح الرقيقة.

وإلى الحد الذي بلغته معرفة المؤلفين ، فإن هذا الكتاب هو أول مصدر باللغة الإنجليزية يجمع كافة المعلومات الخاصة بميكانيكا تشكيل الصفائح بعضها بعض على هذا النمط. وعلى أية حال، فإن هذا الكتاب يعتمد على أعمال الرواد الأوائل في هذا المجال، أمثال سويفت Swift ، وساتشز فوكوي Sachs Fukui وجونسون Johnson ، وميلور Mellor وباكوفين Backofen ، ولم يقصد به أن يكون دراسة في بحث بمفرده يبين مصادر النماذج. وهذا الكتاب موجه إلى الدارسين والممارسين للمهن ومن المأمول أن يكون أيضاً ذا أهمية لدى الباحثين.

تم تقديم نظرية انسياب اللدونة وتحليل أساليب الانفعالات الكبيرة النسبية في الفصلين الأولين. وقد افترض أن لدى القارئ معرفة بالاجهاد والانفعال، بالإضافة إلى المعالجات الرياضية الموضحة في المقررات الأساسية المتعلقة بمبادئ ميكانيكا الجوامد. وتم إتباع هذين الفصلين بدراسة تفصيلية للااستقرارية الشد tensile instability تبعاً لنظرية "مارسينياك - كوجزينسكي" Marciniak- Kuczynski ، أما التشويه في الانحناءات ذات أنصاف الأقطار الكبيرة والصغيرة فقد تمت دراسته، بالإضافة إلى تقديم طريقة تقريبية ولكنها نافعة لتحليل الهياكل القشرية (shells) المتماثلة حول المحور

والتي تم تطبيقها على مجموعة متنوعة من أساليب المط والسحب . وأخيراً ، تم تحليل أساليب سحب الأنابيب البسيطة ، بالإضافة إلى طرق الطاقة المستخدمة في بعض النماذج.

كذلك تم تقديم عدد من التمارين في نهاية الكتاب ، وبالرغم من أن هذا الكتاب موجه إلى المهندس العامل في صناعة الصفائح المعدنية (والتي تمثل صناعة كبيرة واسعة تضم صناعة السيارات وتصنيع الطائرات والأجهزة) إلا أنه مناسب أيضاً ككتاب تعليمي حيث إنه مستنبط ومطور من مقررات استخدمت في العديد من الأقطار.

وقد قدم العديد من الأشخاص مساهمات مفيدة في هذا الكتاب ، ولكن من المستحيل التقدم بالشكر والعرفان لكل واحد منهم بالاسم ، ولكن مع ذلك فإننا مقدرين وشاكرين جداً لمساهماتهم . ومع هذا فإن أحد مؤلفي هذا الكتاب (جي . إل. دنكان) يود أن يتقدم بالشكر بصورة خاصة إلى أستاذه دبليو جونسون W. Johnson ، وإلى صديقه الحميم ومرشده على مدى سنوات عديدة أر سويربي R. Sowerby ، وكذلك إلى واضع الرسوم الإيضاحية اس . ستيفنسون S. Stephenson ، وأخيراً وليس آخراً إلى السيدة جوي والاس Mrs. Joy Wallace التي قامت بطبع المتن في شكله النهائي على الآلة الكاتبة.

المؤلفـــان

المحتويات

الصفحة

مقدمة المترجمين ..... هـ

مقدمة المؤلفين ..... ز

الفصل الأول: مبادئ نظرية الانسياب اللدن

(١,١) مقدمة ١

(١,٢) الانفعال ١١

(١,٣) العلاقة بين الإجهاد وزيادة الانفعال ١٥

(١,٤) زيادة الشغل اللدائني ٢٤

(١,٥) تشوه الإجهاد المستوي ٢٦

(١,٦) اعتمادية معدل الانفعال ٢٧

الفصل الثاني: الانفعالات الكبيرة

(٢,١) مقدمة ٣١

(٢,٢) الإنفعالات الكبيرة ٣٢

(٢,٣) إصلاد الانفعال أو الشغل ٣٧

(٢,٤) الاستطالات الكبيرة ومركباتها ٤٣

(٢,٥) تحليل الانفعال التجريبي ٥٢

(٢,٦) أساليب انفعال أخرى ٦٠

(٢,٧) التحليلات التقريبية ٦٤

الفصل الثالث: لا استقرارية الشد

(٣,١) مقدمة ٦٧
(٣,٢) الشد الأحادي المحور لشريحة مثالية..... ٦٧
(٣,٣) الشد الأحادي المحور لشريحة غير مثالية ٧٠
(٣,٤) الشد الأحادي المحور للمواد التي تعتمد على معدل الانفعال..... ٧٥
(٣,٥) التخصر في الصفائح المتواصلة ٧٩
(٣,٦) شرط التخصر الموضعي..... ٨٠
(٣,٧) التخصر في الشد الثنائي المحور..... ٨٧
(٣,٨) تأثير الإصلاد الانفعالي..... ٩٥
(٣,٩) تأثير معدل الحساسية..... ٩٦
(٣,١٠) الكسر المطيل ٩٨
(٣,١١) الاختلافات في العيوب ١٠٢
(٣,١٢) اعتبارات أخرى..... ١٠٤

الفصل الرابع: الحنـــي

(٤,١) المتغيرات في حني صفيحة متواصلة ١١٠
(٤,٢) الشكل الهندسي للحني..... ١١١
(٤,٣) حالة الإجهاد لدى الحني..... ١١٢
(٤,٤) توزيعات الإجهاد ١١٤
(٤,٥) شروط التوازن ١١٥
(٤,٦) اختيار نموذج المادة..... ١١٦
(٤,٧) الحني بدون شد ١١٧

(٤,٨) الحني المرن واللدائني المثالي ١٢٠
(٤,٩) إزالة الحمل لصفيحة مرنة لدنة مثالية : الإجهاد المتبقي والارتداد الخلفي المرن..... ١٢٢
(٤,١٠) الحني تحت تأثير الشد ١٢٥
(٤,١١) الحني والتقويم بتأثير الشد : نموذج جاسئ لدائني مثالي..... ١٢٩
(٤,١٢) الانحناءات ذات نصف القطر الصغير..... ١٣٤
(٤,١٣) استخدام علاقات العزم والانحناء التجريبية ١٤٠
(٤,١٤) تطبيق خط الحني في الأساليب التكنولوجية..... ١٤٧

الفصل الخامس: التحليل الغشائي للهياكل الدائرية القشرية

(٥,١) مقدمة ١٥٣
(٥,٢) الشكل الهندسي للهياكل القشرية ١٥٣
(٥,٣) حالة الإجهاد المفترضة ١٥٥
(٥,٤) خضوع عناصر الهيكل القشرية ١٥٦
(٥,٥) شروط التوازن ١٥٩
(٥,٦) محدوديات النظرية البسيطة ١٦١
(٥,٧) التطبيقات ١٦٢
(٥,٨) التحليل التزايدي للهياكل القشرية..... ١٧١

الفصل السادس: المـــــط

(٦,١) مقدمة ١٧٥
(٦,٢) انتفاخ غشاء دائري..... ١٧٦
(٦,٣) المط على سنبك جاسئ ١٨٣
(٦,٤) توسيع الثقب..... ١٨٩

الفصل السابع: السحب

(٧,١) مقدمة ١٩٧
(٧,٢) انفعال السماكة في الشفة ١٩٨
(٧,٣) سماكة جدار القدح ١٩٩
(٧,٤) ارتفاع القدح ٢٠١
(٧,٥) قوة السنبك ونسبة السحب الحدية ٢٠١
(٧,٦) تأثير احتكاك ماسك القطعة المعدنية الغفل ٢٠٢
(٧,٧) الحني والتقويم على نصف قطر القالب ٢٠٤
(٧,٨) الاحتكاك على نصف قطر القالب ٢٠٤
(٧,٩) قوة السنبك ٢٠٦

الفصل الثامن: المط والسحب

(٨,١) مقدمة ٢٠٩
(٨,٢) المط على سنبك اسطواني ٢١١
(٨,٣) المط بالسنبك ذي البعدين ٢١٩

الفصل التاسع: تشكيل الحالة المستقرة للهياكل الأسطوانية القشرية

(٩,١) مقدمة ٢٢٥
(٩,٢) طريقة الطاقة ٢٢٥
(٩,٣) إعادة السحب ٢٣٧
(٩,٤) كي الجدار ٢٤١

تمارين على جميع فصول الكتاب ٢٤٥
ثبت المصطلحات العلمية ٢٥٧
أولاً : عربي / إنجليزي ٢٥٧
ثانياً : إنجليزي / عربي ٢٦٥
كشاف الموضوعات ٢٧٣