أساليب هندسة التصنيع

تأليف

ليو أولتنج

جامعة الدنمارك التقنية- لينجباي- الدنمارك

ترجمة

الدكتور ماهر حمدي صاحب الصاحب

قسم الهندسة الميكانيكية — كلية الهندسة

جامعة الملك سعود — الرياض

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)
هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب

Manufacturing Engineering processes:2nd(Ed.) Revised and Expanded.

C By :leo Alting : Marcel Dekker, inc, new york 1994.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

أولتنج ، ليو
أساليب هندسة التصنيع. / ليو اولتنج ؛ ماهر حمدي الصاحب- ط٢ - الرياض ، ١٤٢٨هـ
٥٢٧ص ؛ ٢١سم × ٢٨سم
ردمك : ×- ٠٨٠- ٥٥- ٩٩٦٠
١- النهدسة الصناعية أ- الصاحب ، ماهر حمدي (مترجم) ب - العنوان
ديوي ، ٦٦٤ ١٤٢٨/٣٥٣

رقم الإيداع : ١٤٢٨/٣٥٣
ردمك : ×- ٠٨٠- ٥٥- ٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه السابع عشر للعام الدراسي ١٤٢٦/١٤٢٧هـ، الذي عقد بتاريخ ١٤٢٧/٤/٩هـ، الموافق٢٠٠٦/٥/٧م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٨هـ

مقدمة المترجم

تم نقل هذا الكتاب "أساليب هندسة التصنيع " لمؤلفه ليو أولتنج إلى اللغة العربية ضمن برنامج تشجيع التعريب بجامعة الملك سعود من خلال مركز الترجمة . هذا المركز الجليل الذي دأب على تشجيع التعريب والترجمة وإثراء المكتبة العربية بما يستجد من علوم وأفاق المعرفة . وأود هنا أن أسجل شكري وتقديري لهذا المركز والقائمين عليه لجهودهم المتميزة في دعمهم المستمر لحركة التعريب، والموافقة الكريمة على قيامي بنقل هذا العمل إلى اللغة العربية وتولي الجامعة مهمة طبعة ونشرة .

يتناول كتاب "أساليب هندسة التصنيع " موضوعاً هندسياً حيوياً ذا أهمية عملية صناعية واقتصادية، بطريقة علمية وعملية شاملة وموضوعية، حيث قدم طريقة متفردة جديدة وفلسفة عميقة وعلمية في تناول موضوع الأساليب والعمليات الصناعية، وأظهر شمولية هذا التناول في التطبيق على العديد من أساليب معالجة المادة وطرق تصنيعها من كافة الوجهات. وعرض دراسة تحليلية وتفصيلية مركزة لكافة الأساليب الصناعية المعروفة و الحدود لكل عملية والعوامل التي تتحكم بها وتساهم بنجاحها، وكذلك عرض دراسة شاملة للمواضيع الهامة في مجال أنظمة التصنيع والبيئة والصحة الصناعية والسلامة. ويعتبر هذا الكتاب من أهم المصادر في اللغة الإنجليزية والعربية في هذا المجال، حيث يجمع كافة المعلومات الخاصة بأساليب معالجة وتصنيع المواد الهندسية مع بعضها بهذه الكيفية المتميزة. ويمتاز كذلك بتفرده الملاحظ في مادته العلمية وشموليته وحسن تبويبه وسهولة أسلوبه في عرض المعلومات، مما يجعله حقاً من الكتب القيمة القليلة في هذا المجال الهام والمفيدة بصورة استثنائية للدارسين والممارسين المهنيين والمهندسين والباحثين .

يقع هذا الكتاب في خمسة عشر فصلاً تضمنت العديد من المواضيع الأساسية والتحليلات والنماذج الرياضية المطبقة في أساليب التصنيع الهندسية، وجاءت المواضيع الأساسية التي تمت مناقشتها كالتالي: نموذج مورفولوجي للأسلوب وهو من أهم الفصول لما فيه من فلسفة شاملة ومركزة، ثم خواص المواد الهندسية والمواد الهندسية، والنظرية الأساسية في شغل المعادن وتصنيف لأساليب التصنيع، وأساليب المحافظة على الكتلة (أساليب التشكيل) في المواد الصلبة، وأساليب تقليل الكتلة (أساليب التشغيل) في المواد الصلبة، وأساليب وطرق التجميع واللحام، وكذلك ميتالورجيا المساحيق في المواد الحبيبية، وأساليب السباكة للمواد السائلة، واللدائن وطرق

تصنيعها، وأساليب التصنيع غير التقليدية، وأنظمة التصنيع، والتصنيع الأكثر نظافة، إضافة إلى ملاحظات على السلامة الصناعية .

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، ووفق قرارات مجامع اللغة العربية وخصوصاً مجمع اللغة العربية بالقاهرة. واستكمالا 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 الكتابة 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 . حيث يعتبر هذا الكتاب مرجعًا للطلاب والدارسين ومنهلاً علمياً للعديد من المهندسين والباحثين في مجال هندسة التصنيع . وأني لأتمنى أن أكون قد أديت بهذا العمل المتواضع بعضاً من واجبي نحو الدارسين والباحثين والقراء ونحو اللغة العربية التي حملت ولا تزال راية الفكر والعلم ولواء التقدم ونور المعرفة التي أضاءت دروب الحضارات الإنسانية .

ماهر الصاحب

مقدمة الترجمة الإنجليزية

تم في هذا الكتاب مناقشة موضوع التصنيع ضمن إطار تصنيف أساسي للأساليب، وهذا التصنيف سيساعد القارئ على فهم المكان المناسب لأسلوب معين من الأساليب ضمن خطة التصنيع الشاملة، وكذلك الأساليب التي قد تكون مناسبة لتصنيع مركبة أو جزء أساسي معين .

إن طريقة معالجة مادة الموضوع كانت وصفية بصورة كافية لاولئك الذين ليس لديهم إلمام بمختلف الأساليب، كما إنها معالجة تحليلية كافية ومناسبة كمقرر تدريسي أكاديمي تمهيدي في التصنيع. ومن إحدى الملامح الجذابة الخاصة بهذا الكتاب هو عرضة ملخصات لمختلف أساليب التصنيع على شكل كشوف معلومات "datasheet" .

وهناك العديد من الكتب التدريسية التي حاولت تناول أساليب التصنيع على المستوى التمهيدي: فبعضها قد كوّنت من مجموعة من الفصول المستقلة التي ليس لها موضوع مشترك، أو أنها كانت تؤكد على الناحية الإنشائية والبنيوية، والغالبية منها كانت ذات أسلوب وصفي صرف بحيث إنها قليلاً ما تجتذب أولئك الذين يرغبون في إدخال تحليل للأساليب في تدريسهم، وكذلك فان هناك كتاب أو اثنان كان أسلوبهما في غالبيته تحليلي .كما تجد أيضا أن بعض الكتب التدريسية قد تركز فقط على ميكانيكا الأساليب أو على أشكالها الميكانيكية مثل التشغيل و تشكيل المعادن وهكذا، وفي نفس الوقت تهمل أنواع الأساليب الميتالوروجية أو الكيمائية، مثل اللحام والصب وميتالوروجية المساحيق. غير أن هذه الانتقادات لا يمكن أن تنطبق على هذا الكتاب .

لقد كانت هندسة التصنيع في الولايات المتحدة مهملة إلى أمد طويل كنظام أكاديمي . ولكن يوجد لدينا الآن كتاب يمكن الاستفادة منه لاصلاح هذه الحالة الخطرة.

جيفري بوثرويد

Geoffrey Boothroyd

مقدمة الطبعة الثانية

تضمنت هذه الطبعة إضافات وتعزيزات للعديد من الفصول التي وردت في الطبعة الأولى، إضافة إلى ثلاثة فصول جديدة على موضوعات ذات أهمية عظيمة اليوم لصناعة التصنيع .

كانت الزيادات والمراجعات الرئيسة الكبرى كالتالي : تمت إعادة كتابة الفصل الثالث الذي يعنى بالمواد الهندسية، حيث تمت إضافة أجزاء عن مواد السيراميك والمواد المركبة. وتمت في الفصل الثامن الذي يعرض موضوع الوصل، إعادة كتابة بصورة تامة وتطويل للأجزاء الخاصة بتشكيل لحامات القوس والصيانة، وكذلك إعطاء وصف كامل للأهم أساليب اللحام . وكذلك في الفصل العاشر الخاص بموضوع السباكة، فقد تمت إضافة أوصاف لأكثر أساليب السباكة أهمية. وأيضاً في الفصل الحادي عشر الخاص بموضوع اللدائن فقد أعطي وصف كاملا لأهم أساليب اللدائن المستخدمة .

تمثل الفصول من الثاني عشر إلى الرابع عشر مادة جديدة كلياً ، حيث إنه في الفصل الثاني عشر و الذي يعرض موضوع الأساليب الصناعية غير التقليدية، فقد تمت فيه مناقشة أساليب هامة مثل: التشغيل بالتفريغ الكهرباء والتشغيل بالأشعة (بالحزم) الإلكترونية وأساليب الليزر والتشغيل بالنفثات الحاكة والتشغيل بالموجات فوق الصوتية (السمعية) والتشغيل الكهروكيماوي وتصنيع الطبقات (و النمذجة السريعة) .

تضمن الفصل الثالث عشر الخاص بموضوع أنظمة التصنيع، أساسيات أنظمة التصنيع والمعدات المتقدمة وأنظمة التصنيع المرنة وأنظمة التصنيع المتكاملة بالحاسوب والتصنيع الكفؤ وتخطيط الإنتاج والجدولة والتحكم والفلسفة اليابانية في الإنتاج.

قدم الفصل الرابع عشر في موضوع تناول دورة الحياة في التصنيع، بعض الفهم الأساسي لهذا الموضوع مع التأكيد على البيئة والصحة والعواقب على المصادر، وبين بأن دورة للحياة هذه ضرورية لتطوير صناعة تصنيع مناسبة وملائمة .

تقدم هذه الطبعة الجديدة المطولة معالجة أكثر شمولية لأساليب التصنيع، وتضع الأساليب بطريقة أشمل بالنسبة لعلاقاتها بأنظمة التصنيع ودورة الحياة . وأضحى الكتاب الآن أكثر كمالاً كمقرر أكاديمي، وفائدة للمصممين المزاولين ومهندسي التصنيع والصناعة .

وجاء تطوير هذه الطبعة الجديدة بجهود الأستاذ المشارك جي آر ديزنج J . R . Dissing ، من جامعة الدنمارك التقنية والذي أستخدم هذا الكتاب مع أكثر من ٢٠٠ طالب سنوياً، وبذلك فإن خبرته كانت هامة في اختيار المادة الجديدة . بينما قدم الدكتور/ كى . سيجارد Dr. K.Siggaard الفصل الخاص بموضوع أنظمة التصنيع.

وأود أن أسجل امتناني للأستاذ ديزنج لمشاركته القيمة والهامة، وكذلك د. سيجارد للمساهمة في المعلومات والمعرفة في موضوع أنظمة التصنيع .

ليو أولتنج
Leo Alting

مقدمة الطبعة الأولى(*)

هندسة التصنيع هي إحدى نواحي المعرفة الهامة في أي مجتمع صناعي. إلا أنه ولسنوات عديدة مضت لم يكن التصنيع قد منح المكانة والأهمية اللائقة في مجال منهاج العلوم الهندسية والتي هي ضرورية لتلبية مطالب الصناعة وكذلك متطلبات المجتمع .

وهذا الوضع ناجم بصورة جزئية عن حقيقة أن أساليب التصنيع وطرق التناول العلمية لم تكن قد أدخلت بصورة تامة في ميدان التصنيع. حيث إن هذا الميدان كان ينظر اليه على اعتبار أنه داخل ضمن نطاق اختصاصات الفنيين والرسامين المهرة. وكان التصنيع، في كليات الهندسة والجامعات، يتم تعليمه عموما بالأسلوب الوصفي التقليدي، والذي لم يكن مطلوبا بصورة كبيرة من قبل الطالب أو المهندس المتمرس في المهنة على حد سواء .

إلا أن التطورات التقنية السريعة التي حدثت في العقود الأخيرة، مثل ما حدث في تكنولوجيا الكمبيوتر (الحاسوب) وتطبيقها في التصميم (التصميم بإستخدام الكمبيوتر) وكذلك في التصنيع (التصنيع باستخدام الكمبيوتر)، قد أكدت الحاجة إلى إيجاد طريقة تناول هندسية اكثر تنظيمًا وشمولاً في التصنيع تكون موجة نحو حل المشاكل العملية .

يمثل هذا الكتاب الخطوة الأساسية الأولى نحو تطوير طريقة تناول اكثر شمولاً في هندسة التصنيع . وقد تم تحقيق هذه المهمة في هذا الكتاب بواسطة الملامح الرئيسة التالية :

- يعطي الكتاب صورة شاملة ومترابطة لميدان التصنيع وكافة مجالاته.
- يتيح الكتاب كذلك القيام بعملية مسح سريعة وشاملة لإمكانيات وحدود طرق وأساليب التصنيع المتوفرة لانتاج مركبات أو أجزاء أساسية محددة .
- يضع الكتاب أيضًا أساسًا منظمًا شاملاً لتطوير عملية التصنيع بما في ذلك التصميم المنظم للأدوات وقوالب الصوغ بالإضافة إلى التصميم المنظم للآلات الإنتاج وأنظمة الإنتاج .
- وأخيراً فإن التقديم في هذا الكتاب مبني على طريقة تناول علمية وشاملة تثير التخيل وتستخدم الخلفية الهندسية العامة .

---

* مقدمة الطبعة الأولى من النسخة الأجنبية (المحرر) .

ومن اجل تحقيق الأهداف الآنفة الذكر كان من الضروري تناول هندسة التصنيع من وجهة نظر جديدة. وقد كان من المعروف تقليديًا، أن تتم معالجة الأساليب المحددة بصورة فردية ومنفصلة، مما يتطلب وصفًا خاصًا لكل واحد منها. ولدى القيام بتحليل الأساليب المختلفة ظهر أنه بالإمكان القيام بوصفها جميعًا بواسطة نموذج للأسلوب مشترك مكوّن من عناصر أساسية قليلة . ويمكن لمجموعة من هذه العناصر أن تعطي أسلوب تشكيل أو بناء مرفولوجي لكافة الأساليب المعروفة (وغير المعروفة). وقد تم وصف هذا النموذج (الموديل) في الفصل الأول . بينما في الفصول من الخامس إلى الحادي عشر فقد تم إنشاء ووصف مجالات (مناطق) طرق و أساليب تصنيع محددة، بموجب النموذج (الموديل) المقدم في الفصل الأول. ومن الجدير بالذكر أن الفصل العاشر والمتعلق بالسباكة، وكذلك الفصل الحادي عشر والذي يتناول تكنولوجيا اللدائن، فلم يتم تطويرها تمامًا بموجب النموذج الجديد هذا، إلا أنه تم تشجيع القارئ على القيام بذلك على أنها ممارسة قيمة .

ولإعطاء القارئ الخلفية الضرورية لفهم الأساليب فقد ادخل الفصل الثاني خواص المادة، وكذلك الفصل الثالث المواد الهندسية، كما ادخل الفصل الرابع أساسيات تشكيل المعادن (نظرية اللدونة). يجدر التذكير والتنويه هنا، بأن التطبيق لأساليب التصنيع لم يتم تحديده بوجهة النظر التقنية والاقتصادية فقط، فقد أدخل الفصل الثاني عشر : موضوع السلامة الصناعية .

لقد استخدمت نسخة من هذه المادة ككتاب مقرر في الجامعة التقنية في الدنمارك لمدة سبع سنوات. وكانت النتائج التي تم الحصول عليها مشجعة. وقد كانت فترة الدورات الدراسية فصل دراسي واحد ، يشتمل على ٤٢ ساعة فصلية وثمانون ساعة للواجب المنزلي. وكذلك، فقد تم تقديم مسائل معينة أثناء تدريس المقرر، تمت مناقشة بعضها في فصول التمارين الخاصة . وقد تحسنت النتائج في هذا المقرر بصورة حاسمة عندما تم وبصورة متوازية التمرين في الورش .

وإني ليحدوني الأمل في أن تكون كثير من الكليات الهندسية والجامعات، قادرة على استخدام هذا الكتاب كمقرر لها في المقررات التمهيدية الأساسية في هندسة التصنيع .

وإننا لنتقدم بالشكر للدكتور/ جي بوثرويد، على الملاحظات التحريرية القيمة والتحسينات المقترحة . كما أن البروفيسور ديل كى ألن Prof. Dell K. Allen ، من جامعة ينج برجهام Brigham Young University، قد قام أيضا بقراءة المخطوط ونبه إلى إيجاد تحسينات متعددة ، أنا جد ممتن له بإشارتها.

ليو أولتنج
Leo Alting

المحتويات

مقدمة المترجم ..... هـ
مقدمة الترجمة الإنجليزية ..... ز
مقدمة الطبعة الثانية ..... ط
مقدمة الطبعة الأولى ..... ك

الفصل الأول: نموذج أسلوب مرفولوجي

(١,١)مقدمة ١
(١,٢) البنية الأساسية لأساليب التصنيع ١
(١,٣) نظام انسياب المادة ٥
(١,٤) أمثلة على أساليب التصنيع ١٠
(١,٥) نظام انسياب الطاقة ١٧
(١,٦) نظام انسياب المعلومات ٣٣
(١,٧) الخلاصة ٤٦

الفصل الثاني: خواص المواد الهندسية

(٢,١)مقدمة ٤٩
(٢,٢) خواص المادة ٤٩
(٢,٣) الخواص الميكانيكية للمواد ٥٠

الفصل الثالث: المواد الهندسية

(٣,١)مقدمة ٦٥
(٣,٢) خواص المواد الهامة في التصنيع ٦٥
(٣,٣) تأثير الأساليب على خواص المادة ٧٠
(٣,٤) تصنيف المواد ٧١
(٣,٥) المواد المعدنية ٧٣

(٣,٦) المعادن الحديدية ٧٩
(٣,٧) المعادن غير الحديدية ٨٦
(٣,٨) اللدائن" البوليميرات ذات الأصول المتعددة العالية" ٨٨
(٣,٩) السيراميكات (أنواع السيراميك) ٩٢
(٣,١٠) أنواع الزجاج ٩٧
(٣,١١) المواد المركبة ٩٧

الفصل الرابع: النظرية الأساسية لشغل المعادن

(٤,١)مقدمة ١٠٥
(٤,٢)نظم الإجهاد الثنائية والثلاثية الأبعاد ١٠٥
(٤,٣)منحنيات الإجهاد الحقيقي - والانفعال الطبيعي و اللاإستقرارية ١١١
(٤,٤)قاعدة الخضوع ١٢١
(٤,٥)الإجهاد الفعال والانفعال الفعال ١٢٤
(٤,٦)شغل التشويه ١٢٦

الفصل الخامس: تصنيف أساليب التصنيع

(٥,١) مقدمة ١٢٩
(٥,٢) تصنيف الأساليب ١٣٠

الفصل السادس: المواد الصلبة : أساليب المحافظة على الكتلة

(٦,١)مقدمة ١٣٥
(٦,٢)خصائص أساليب المحافظة على الكتلة ١٣٧
(٦,٣)أمثلة نموذجية على أساليب المحافظة على الكتلة ١٤٦
(٦,٤)تحديد القوى والطاقات ١٦٣
(٦,٥)الخلاصة ١٧٣

الفصل السابع: المواد الصلبة : أساليب تقليل الكتلة

(٧,١)مقدمة ١٧٥
(٧,٢)الخصائص المميزة لأساليب تقليل الكتلة ١٧٦
(٧,٣)الإمكانيات الهندسية ٢٠٦
(٧,٤)أمثلة على أساليب تقليل الكتلة النمطية ٢٢٠
(٧,٥)تحديد القوى والقدرة ٢٢٨

الفصل الثامن: المواد الصلبة : أساليب الوصل

(٨,١)مقدمة ٢٣٩
(٨,٢) الخصائص المميزة لأساليب الوصل ٢٤٢
(٨,٣) اللحام بالصهر ٢٤٢
(٨,٤) اللحام بالضغط ٢٥٦
(٨,٥)أساليب الوصل المبنية على مواد الحشو ذات درجة انصهار T_f أقل من درجة انصهار قطعة الشغل T_w — لحام النحاس ، واللحام بالقصدير، الترابط الإلتصاقي..... ٢٦٢
(٨,٦) مسح استعراض أساليب الوصل..... ٢٦٨
(٨,٧) أمثلة على أساليب الوصل النموذجية ٢٧٠

الفصل التاسع: المواد الحيبية : ميتالورجيا المساحيق

(٩,١) مقدمة ٢٨١
(٩,٢) الخصائص المميزة لأساليب ميتالورجيا المساحيق ٢٨٢
(٩,٣) الخواص والتطبيقات ٢٩٤

الفصل العاشر: المواد السائلة : أساليب السباكة

(١٠,١) مقدمة ٣٠١
(١٠,٢) الخصائص المميزة لأساليب السباكة ٣٠٣
(١٠,٣) الصهر (والتحكم بالتركيب)..... ٣٠٥
(١٠,٤) إنتاج القوالب ، والصب، والتصلب (التجمد) ٣١١
(١٠,٥) أساليب السباكة ٣٢١
(١٠,٦) إمكانيات الشكل الهندسي..... ٣٣١
(١٠,٧) أمثلة من أساليب السباكة التقليدية ٣٣٧

الفصل الحادي عشر: اللدائن وعمليات تصنيعها

(١١,١) مقدمة ٣٤٣
(١١,٢) الخصائص التصنيعية للدائن ٣٤٣
(١١,٣) طرق تصنيع اللدائن ٣٤٧
(١١,٤) أمثلة على أساليب المعالجة والتصنيع التقليدية للدائن ٣٥٧

الفصل الثاني عشر: أساليب التصنيع غير التقليدية

(١٢,١) مقدمة ٣٦١
(١٢,٢) الأساليب ٣٦٢
(١٢,٣) تقنية تصنيع الطبقات ٤٠٧

الفصل الثالث عشر: أنظمة التصنيع

(١٣,١) أساسيات أنظمة التصنيع ٤١٥
(١٣,٢) معدات الانتاج المتقدمة ٤٢٠
(١٣,٣) أنظمة التصنيع المرنة ٤٢٩
(١٣,٤) التصنيع المتكامل بالحاسوب ٤٣٧
(١٣,٥) التصنيع الكفؤ ٤٤٠
(١٣,٦) التخطيط والتحكم بالإنتاج ٤٤٢
(١٣,٧) فلسفة الانتاج اليابانية ٤٤٦
(١٣,٨) الاستنتاجات ٤٤٨

الفصل الرابع عشر: التصنيع الأكثر نظافة

(١٤,١) مقدمة ٤٤٩
(١٤,٢) التصنيع الأكثر نظافة ٤٥٠
(١٤,٣) إنتقاء أساليب التصنيع والمواد ٤٥١
(١٤,٤) برنامج تقليل النفايات ٤٥٢
(١٤,٥) برنامج توفير الطاقة ٤٥٣
(١٤,٦) تقليل التلوث إلى أدنى حد ٤٥٣
(١٤,٧) ظروف عمل أفضل ٤٥٤
(١٤,٨) الاستنتاجات ٤٥٤

الفصل الخامس عشر: ملاحظات على السلامة الصناعية

(١٥,١) مقدمة ٤٥٥
(١٥,٢) السلامة الصناعية ٤٥٥
(١٥,٣) المخاطر في الصناعة وتحليل المخاطر ٤٥٦
(١٥,٤) القوانين والأنظمة الحكومية ٤٥٧
المراجع ٤٥٩
المسائل ٤٦١
مسائل إضافية ٤٧٩
ثبت المصطلحات ٤٨٣
أولاً: عربي- انجليزي ٤٨٣
ثانياً: انجليزي - عربي ٥٠١
كشاف الموضوعات ٥١٩