بسم الله الرحمن الرحيم

اللدائن والاستدامة:

الوجود التوافقي بين اللدائن الحيوية والأحفورية

تأليف

Michael Tolinski

ترجمة

د. عثمان بن يحيى العثمان
قسم الهندسة الكيميائية- كلية الهندسة

أ.د. حسن فؤاد محمد السيد
قسم العلوم الطبية التطبيقية- كلية المجتمع

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٦هـ (٢٠١٥م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

تولينسكي، مشيل

اللدائن والاستدامة: الوجود التوافقي بين اللدائن الحيوية والأحفورية./ مشيل تولينسكي؛ عثمان بن يحيى العثمان؛ حسن السيد- الرياض، ١٤٣٦هـ

٤٥٥ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٣-٤١٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- البلاستيك ٢- الألياف الصناعية ٣- حماية البيئة أ. العثمان، عثمان (مترجم) ب. السيد، حسن (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٦٦٨,٤ ١٤٣٦/٧٠٤٨

رقم الإيداع: ١٤٣٦/٧٠٤٨

ردمك: ٣-٤١٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Plastics And Sustainability Towards A Peaceful Coexistence Between Bio-Based and Fossil Fuel-Based Plastics
By:Michael Tolinski
© Scrivener Publishing LLC. All rights reserved, 2012
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها للعام الدراسي ١٤٣٤/١٤٣٥هـ المعقود بتاريخ ٢٧/٠٤/١٤٣٦هـ الموافق ١٦/٠٢/٢٠١٥م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

الإهداء

إلى الأم الرؤوم،

إنسانها وبيئتها ومواردها؛

الوطن

مقدمة المترجمين

بالرغم من التطور الهائل والمستمر في صناعة اللدائن وأيضا في تطوير الطرق المناسبة اقتصاديا وبيئيا لمعالجة نفاياتها ومع الزيادة الهائلة في استخدام تلك المواد في معظم التطبيقات الهندسية وأيضا الطبية ومع تزايد اعتماد الصناعات الحديثة على هذه المنتجات فإن المكتبة العربية تفتقر إلى المراجع التي تحدد الأسس والمبادئ التي يستند إليها التعامل الأمثل مع هذه المواد وطرق التخلص الآمن من مخلفاتها أو طرق إعادة استخدامها. وأيضا الحلول المقترحة لمشكلات الاستدامة المتعلقة باللدائن والآثار البيئية لمنتجات اللدائن. ولذا رأينا أن من مهامنا العلمية أن نساهم في إثراء المكتبة العربية ونقدم للقارئ العربي هذا الكتاب المميز. ويمكن عزو تميز هذا الكتاب إلى مناقشة مواضيع شائكة ومتضاربة المصالح بحيادية، طارحا الآراء المختلفة والمتناقضة – أحيانا – بأدلتها دون انحياز رغبوي.

ويمكن لهذا الكتاب أن يكون مرجعا عمليا لكل المهتمين بشأن اللدائن والبيئة والعلاقة بينهما من الدارسين في مجالات هندسة المواد والبيئة،

والممارسين من الفنيين والمهندسين، إضافة إلى متخذي القرارات الهندسية حول المواضيع المتعلقة بالاستدامة مثل إعادة تدوير اللدائن وتطوير اللدائن القابلة للتدوير والقابلة للتحلل، وكذلك متخذي القرارات المعنية بسياسات الانتاج والاستخدام وإعادة التدوير ونحوها.

وفي ظل تعرض صناعة اللدائن لضغوط متزايدة لإيجاد سبل لتقليل البصمة البيئية لمنتجاتها وتخفيض استهلاكها للموارد غير المتجددة، صمم هذا الكتاب ليكون مساعداً للقراء على فهم الآثار المترتبة على دورة الحياة لمختلف اللدائن. ويطرح خيارات قد تكون مفيدة لحل تلك المعضلات او تخفيف آثارها.

ويقارن هذا الكتاب بين اللدائن التقليدية المشتقة من النفط واللدائن الحيوية الأصل من حيث خصائصها وتكاليفها وآثارها البيئية. ويبحث بشكل خاص حول السبل الأكثر فعالية وكفاءة لاستخدام اللدائن المعاد تدويرها أو القابلة للتحلل أو ذات الأصل الحيوي. ويتطرق الكتاب – منطلقاً من مبادئ الكيمياء الخضراء والتصميم المتوافق مع البيئة والقبول الاجتماعي- إلى مقارنات موضوعية بين اللدائن الأحفورية والحيوية تشمل اقتصادات الإنتاج ومتطلبات المنتج وحاجات السوق.

إن هدف هذا الكتاب الأهم هو ما أشار إليه عنوانه من ضرورة التوازن الصحيح بين اللدائن الأحفورية واللدائن الحيوية على أسس علمية وعملية ودون تحيز.

وعرفاناً منا بالجميل، نشكر مركز الترجمة بجامعة الملك سعود على تشجيع منسوبي الجامعة على التميز والريادة. ولا ننسى في هذا المجال أن نشكر المحكمين والمراجعين وكل من ساهم بشكل أو بآخر في إنجاز هذا العمل.

المترجمان

شكر وعرفان

يجب أن تكون حلول مشكلات الاستدامة المتعلقة باللدائن عملية تعاونية كي تكون مجدية. ويوثق هذا الكتاب تلك الحاجة للتعاون، بإثبات المئات من البحوث والمناقشات التي أجراها المئات من المتخصصين في الصناعة، الذين درسوا و/ أو تقدموا بتقارير حول قضايا الاستدامة في السنوات الأخيرة. وغالبا ما يتطرق هؤلاء المتخصصون لمسائل فنية صعبة وحساسة لا تتناولها وسائل الإعلام التقليدية، ولكنها ضرورية لفهم الجدل حول اللدائن والاستدامة. لذا؛ فإنني أُقدر التزام هؤلاء الأشخاص، كما وأن عملهم محط تقدير، وخصوصا جهود أولئك الذين قدموا رؤى معقدة حول الاستدامة، وهم في نفس الوقت يحاولون المحافظة على الموازنة بين اهتمامات جميع ذوي العلاقة.

كما وأود أن أشكر هيئات التحرير في جمعية مهندسي اللدائن، وشركة جون وايلي وأبنائه في هوبكن، الذين أطلقوا لي العنان، خلال السنوات الثمان الماضية، لتركيز مقالاتي في مجلة هندسة اللدائن (Plastics Engineering Magazine) على قضايا

الاستدامة في الصناعة، وقد ساعدني البحث المطلوب بشكل كبير في تأليف هذا الكتاب، كما وأود أن أشكر أولئك الذين علقوا على المسودات الأولية للكتاب، وأشكر الناشر مارتن سكريفنز على اهتمامه، وتوجيهاته المفيدة، وعلى صبره.

المؤلف

تـوطئة

قبل سنوات، وبعد أول عمل لي مهندس تصنيع ومواد في صناعة السيارات، بدأت العمل صحفيا في مجال الأعمال لتغطية صناعة اللدائن، وقد كنت شغوفا لإظهار خبرتي في مجال اللدائن في تطبيقات السيارات المتينة مع أنني لم أكن مرتاحاً للطرق التي كانت تستخدم فيها اللدائن للتغليف والاستخدامات الأخرى القابلة للرمي. وفي أحد أوائل اجتماعاتنا لمجلة جديدة في مجال اللدائن (لم تدم طويلا)، أتذكر إقراري بأني لم أكن سعيداً في الكتابة عن التقنية التي "تنتج المليارات من عبوات السمن والأدوات ذات الاستخدام الوحيد".

ولكن محرراً كبيراً أكثر خبرة هزَّ رأسه وأجاب بطريقة رسمية بما أظن أنه كان درسا لي لأتعلم منه: "إنه ليس من واجبنا أن نمرر الأحكام بشأن ما إذا كانت بعض التقنيات في الصناعة مناسبة أو لا، كي نغطيها". وبخصوص النشر في المجلات، فقد كان محقاً. فالمجلات التجارية على وجه الخصوص، تعتمد على عوائد الإعلانات من مختلف الشركات التي تكتب عنها، وأي مجلة تمتهن تغطية صناعة اللدائن يجب أن تكتب عن جميع تطبيقاتها وآلاتها. أعتقد أنني قد حفظت الدرس حتى عندما كنت

أكتب أول كتاب لي والذي ركَّز على البولي أوليفينات وهي مجموعة مبلمرات تصنع منها "عبوات السمن".

ولكن على ما يبدو الآن، فإن الوضع مختلف، حيث تثار الأسئلة يومياً في الخطاب العام وفي مجال الصناعة نفسها حول البصمة البيئية أو ملاءمة مواد أو تقنيات معينة، وفي كثير من الأحيان، تدور هذه القرارات حول الاستدامة البيئية.

ومع أن بعض الحجج للآثار البيئية لمنتجات اللدائن ترتكز على الحقائق والمنطق، إلا أنها في جوهرها مبنية على القيم والعواطف. وبصرف النظر عن براعتها الفنية، فإن العاملين في صناعة اللدائن فخورون بقدرات منتجاتهم وبخصائصها المتميزة عند مقارنتها بالمواد الأخرى. لقد أمضوا حياتهم المهنية في ضبط التقنية التي تجعل حياة المليارات من البشر أفضل، وعلى الطرف الآخر تجد النشطاء في مجال حماية البيئة حساسين من المخلفات والدمار الذي يلحق بأنظمة الأرض والتي تنشأ عن المجتمع التقني. كما أنهم حساسون لآثار المواد الصناعية على الأطفال وأجيال المستقبل (أو أنهم ربما يتمنون ببساطة تجنب اللدائن لأسباب جمالية أو فلسفية).

تركز الوظائف في صناعة اللدائن غالبا على تحديد المستوى "الحقيقي" للمخاطرة أو الخطر الذي يطرحه الباحثون في مجال البيئة حول اللدائن (علما بأنه دائما هناك منافذ للطعن في أي دراسة). ووفقا لموقفهم من مختلف القضايا المثارة حول اللدائن والبيئة، فإن كل طرف طور شبكة من المنظمات التي تدرس الآثار البيئية للدائن. وتنشر هذه المجموعات التقارير، وتجير الحكومات للضغط مع القوانين الجديدة أو ضدها، وتستخدم وسائل الإعلام (وسائل الإعلام الاجتماعية)؛ لعرض قضيتهم.

وفي مثل هذه الأنواع من الجدال، فإن كل فريق يجادل من أجل شرعية مواقفه واستنتاجاته وبيانات اختباره، ولكن يجب توخي الحذر عند استخدام معلوماتهم للتوصل لاستنتاجات؛ بسبب التحيزات المحتملة التي ربما تؤثر في أي دراسة. ولهذا السبب، فإن هذا النص وقدر الإمكان يتجنب الرجوع إلى بحوث قد يشوبها التحيز المفرط والمقصود. وعندما يبدو أن هناك نصًا من مصدر ما فيه تحيز، فإن هذا يجعل المصدر تحت التمحيص ، حيث يمكن للقارئ التعرف على أي تحيز محتمل في المادة أثناء القراءة. (وعندما لا تكون المراجع مذكورة في المتن، فيمكن للقراء الرجوع للمؤلفين أو لمؤسسات التأليف لكل مرجع في قائمة المراجع؛ ومعظم هذه المراجع متاحة بسهولة على الشبكة العنكبوتية).

ويفترض هذا الكتاب أن القارئ لديه المعرفة الأساسية عن اللدائن (معلومات قليلة عن الكيمياء العضوية الجامعية، على أقل تقدير، ستكون مفيدة). وعلى القارئ أن يعرف بعض المفاهيم الأساسية في علم المبلمرات – أي أن اللدائن تتكون من مبلمرات ومواد مضافة، وأن المبلمرات هي جزيئات عضوية طويلة السلسلة تتكون من تكرار وحدات كيميائية بسيطة نسبياً، وهكذا. كما يجب على القارئ معرفة أن هناك عمليات ومواد كيميائية متعددة خلف ما يسميه عامة الناس "اللدائن"، وأن هذه المواد تتشكل ليكون لها خصائص كثيرة ضرورية لمنتجات تناسب أنماط الحياة.

وللوهلة الأولى ربما يتبين أن هذا الكتاب قد كتب للمديرين أو لصناع القرار في مجال صناعات اللدائن، أو ربما أبعد من ذلك الجمهور العام. فلا يحتوي الكتاب على الصيغ الهيكلية للمبلمرات أو على الرسومات البيانية المعقدة، وكذلك فإنه يستهل كل فصل من فصوله بموضوع قصة خيالية لشركة صناعات لدائن للتغليف. ويقصد من

هذه القصة القصيرة الهادفة توضيح التحديات في اتخاذ القرار حول الاستدامة في بيئة التصنيع في العالم الحقيقي للربح والخسارة من عدم الاستقرار الاقتصادي، وكذلك من الشخصيات والآراء. فالجهود المبذولة والمعلومات المطلوبة لشخصيات القصة منعكسة في كل فصل من محتويات الكتاب، والهدف من القصة إعطاء فكرة للقراء الذين لم يعملوا في هذه المرافق، أما أولئك القراء الذين عملوا في الصناعة فالمرجو أن يجدوا علاقة بينهم وبين أجزاء من هذه القصة على الأقل. (لاحظ أن عناصر هذا السيناريو الخيالية ليس المقصود منها أن تمثل أي شركة بعينها أو أي أناس حقيقيين معلومين لدي أبدا، أحياء كانوا أم أمواتاً).

إن الموضوع العام للكتاب ليس أمرًا سهلا، حيث إنه ليس مع صناعات اللدائن أو ضدها عموما أو في صالح اللدائن الحيوية أو ضد اللدائن التقليدية. ونظرا لخلفيتي في مجال الصناعة ومع المنشورات الصناعية، فإن القارئ قد يظن بأن هناك أجندة خفية في صالح صناعات اللدائن في هذا الكتاب. هذا ليس بصحيح؛ فإن القضية الرئيسة الذي يدور حوله الكتاب هو أنه مع التفكير وإمعان النظر حول المسائل المختلفة، يمكن أخذ القرارات المثالية و المستدامة عن استخدام المواد الصناعية مثل اللدائن. علما بأن القرارات حول تعريف الاستخدام المستدام للدائن لن تكون واضحة و بديهية، لعدم وجود تعريف – حتى الآن– جامع ومانع للاستدامة. إن العملية المثلى لاتخاذ أي قرار ستضع في الحسبان عوامل متعددة قبل تبنّي الاختيار العملي الأمثل لمادة معينة واستخدامها في تطبيق محدد، وفقا للاستدامة البيئية والقبول المجتمعي.

أغسطس ٢٠١١

بليموث، متشجن

المحتويات

الإهداء.....هـ

مقدمة المترجمين ..... ك

شكر وعرفان .....م

توطئة .....ن

الفصل الأول: مقدمة عامة.....١

(١ , ١)ما المقصود بالاستدامة البيئية؟ ٦

(٢ , ١) واجهة تناقضات اللدائن ١٠

(٣ , ١) دور اللدائن في أنماط حياة المستهلكين ١٤

(٤ , ١) الجدل حول اللدائن: أمثلة حديثة.....١٦

(١ , ٤ , ١)بولي كلوريد الفينيل وملدنات الفثالات ١٨

(٢ , ٤ , ١) أكياس التسوق اللدائنية ٢١

(٣ , ٤ , ١)التأثيرات الصحية لمادة ثنائي الفينول-أ ٢٤
(٥ , ١)الرغبة في أن نكون "أصدقاء للبيئة" ٢٨
(١ , ٥ , ١) اهتمام المستهلك بقضية الاستدامة ٢٩
(٢ , ٥ , ١) الاستدامة: الآراء المتضادة ٣٢
(٦ , ١) الهيكل التنظيمي للكتاب: استعراض فصوله ٤٠
المراجع ٤٣

الفصل الثاني: دورات حياة اللدائن ٤٧
(١ , ٢) "مبادئ التوافق البيئي" – أساس للنقاش ٥١
(٢ , ٢)تقييم دورة الحياة: الأداة الأساسية..... ٥٦
(١ , ٢ , ٢)قائمة مواد دورة الحياة..... ٥٩
(٢ , ٢ , ٢)تقييم دورة حياة المنتج: الخلافات والقيود ٦١
(٣ , ٢ , ٢)تقييم دورة حياة المنتج وقائمة مواد دورة حياته: أمثلة من اللدائن ٦٦
(٣ , ٢)مراحل حياة اللدائن: من المهد إلى اللحد..... ٧١
(١ , ٣ , ٢)مراحل المهد: المواد الخام للمبلمرات وإنتاجها..... ٧١
(٢ , ٣ , ٢)من المصنع إلى المدفن: التأثيرات العامة لاستخدام اللدائن..... ٧٨
(٣ , ٣ , ٢)نهاية اللدائن: التخلص من اللدائن، وإعادة تدويرها، وقابليتها للتحلل
الحيوي ٨١
(٤ , ٢)نحو التدرج الهرمي في اختيار لدائن تحقق الاستدامة ١٠٤
المراجع ١٠٦

الفصل الثالث: خواص المبلمرات وآثارها البيئية ١١١
(١ , ٣) المعلومات الأساسية عن المبلمرات واللدائن ١١٤
(١ , ١ , ٣)مبادئ "الكيمياء الخضراء" الأوثق صلة باللدائن ١١٥
(٢ , ٣)اللدائن الحرارية الاستهلاكية الشائعة..... ١٢٥
(١ , ٢ , ٣)البولي إثيلين..... ١٢٥
(٢ , ٢ , ٣)البولي بروبيلين ١٣٣
(٣ , ٢ , ٣)بولي كلوريد الفينيل ١٣٧
(٤ , ٢ , ٣)البوليستيرين ١٤١
(٥ , ٢ , ٣)بولي تيرفثالات الإثيلين والبولسترات ذات العلاقة ١٤٤
(٣ , ٣)اللدائن الحرارية الهندسية التقليدية ١٤٩
(١ , ٣ , ٣)النايلون أو البولي أميد ١٥٠
(٢ , ٣ , ٣) الأكريلونتريل- البيوتاديين- الستيرين ١٥٣
(٣ , ٣ , ٣)البولي كربونات ١٥٥
(٤ , ٣) المتصلبات حراريا والمواد المركبة التقليدية ١٥٨
(١ , ٤ , ٣) المتصلبات حرارياً غير المقواة..... ١٥٩
(٢ , ٤ , ٣)المواد المركبة التقليدية..... ١٦٢
(٥ , ٣)المبلمرات الحيوية: المبلمرات من أصل حيوي..... ١٦٤
(١ , ٥ , ٣)مبلمر حمض اللبن..... ١٦٧
(٢ , ٥ , ٣)بولي الكانات الهيدروكسي: بولي بيوتيرات الهيدروكسي والمبلمرات المشتركة ذات العلاقة ١٧٦

(٣ , ٥ , ٣) المبلمرات النشوية ١٨١
(٤ , ٥ , ٣) المبلمرات البروتينية..... ١٨٣
(٥ , ٥ , ٣) المبلمرات الطحلبية ١٨٤
(٦ , ٥ , ٣) مزيجات المبلمرات الحيوية ١٨٦
(٦ , ٣) الإضافات والحشوات: التقليدية والحيوية..... ١٨٨
(١ , ٦ , ٣) الإضافات الشائعة ١٨٨
(٢ , ٦ , ٣) الحشوات ١٩٢
(٣ , ٦ , ٣) التقوية الليفية ١٩٤
(٤ , ٦ , ٣) المركبات النانوية..... ٢٠٤
(٧ , ٣) الخلاصة..... ٢٠٥
المراجع ٢٠٦

الفصل الرابع: التطبيقات: مظاهر استدامة اللدائن..... ٢١٣
(١ , ٤) اتجاهات استخدامات اللدائن المستدامة ٢١٧
(٢ , ٤)التعبئة والتغليف باللدائن المستدامة ٢٢٠
(١ , ٢ , ٤) الأكياس والحاويات اللدائنية التقليدية: صور استعمالها والتخلص منها، وإعادة تدويرها ٢٢٤
(٢ , ٢ , ٤)التغليف باللدائن الحيوية ٢٢٨
(٣ , ٢ , ٤)التغليف الرغوي "صديق البيئة" ٢٣١

(٤ , ٢ , ٤)القضايا المحورية لاستدامة التعبئة باللدائن ٢٣٣
(٣ , ٤) استخدام اللدائن المستدامة في البناء والتشييد ٢٣٤
(١ , ٣ , ٤) استخدامات مواد التشييد المعاد تدويرها/ القابلة لإعادة التدوير ٢٣٧
(٢ , ٣ , ٤) المواد المركبة من الخشب واللدائن ٢٣٩
(٣ , ٣ , ٤) القضايا الرئيسة لاستدامة لدائن مواد التشييد ٢٤١
(٤ , ٤)لدائن السيارات والاستدامة ٢٤٢
(١ , ٤ , ٤) دور اللدائن في توفير الوقود..... ٢٤٣
(٢ , ٤ , ٤) إعادة التدوير ولدائن السيارات ٢٤٥
(٣ , ٤ , ٤)اللدائن الحيوية في صناعة السيارات..... ٢٤٧
(٤ , ٤ , ٤)القضايا الرئيسة: استدامة اللدائن في صناعة السيارات ٢٥٠
(٥ , ٤) التطبيقات المتخصصة واستدامة اللدائن ٢٥١
(١ , ٥ , ٤) التطبيقات الإلكترونية والكهربائية ٢٥١
(٢ , ٥ , ٤) اللدائن الطبية والتغليف ٢٥٣
(٣ , ٥ , ٤)التطبيقات الزراعية..... ٢٥٦
(٦ , ٤) خلاصة تطبيقات اللدائن المستدامة ٢٥٧
المراجع ٢٥٩

الفصل الخامس: إرشادات التصميم المُحَقِق للاستدامة..... ٢٦٥
(١ , ٥)مبادئ التصميم صديق البيئة ٢٧٠

(١ , ١ , ٥)تقليل محتوى المادة ٢٧٣
(٢ , ١ , ٥) استغلال القيمة الكاملة للمادة في التصميم ٢٧٥
(٣ , ١ , ٥)التصميم المحقق لمتطلبات متانة الخدمة ٢٧٨
(٤ , ١ , ٥)تقليل السمات غير الوظيفية ٢٨٠
(٥ , ١ , ٥) التركيز على تصميمات المواد المفردة ٢٨١
(٦ , ١ , ٥) ضرورة تضمين المحتوى المتجدد ٢٨٥
(٢ , ٥) المؤثر الغامض: مراعاة تفضيلات المستهلك في التصاميم المستدامة ٢٨٧
المراجع ٢٨٨

الفصل السادس: اعتبارات الاستدامة في اختيار المواد ٢٩١
(١ , ٦) مثال شامل على اختيار المواد: اللدائن مقابل المعادن والزجاج ٢٩٦
(٢ , ٦) اختيار مادة اللدائن للتطبيقات الشائعة كبيرة الحجم ٣٠٠
(١ , ٢ , ٦) اختيار اللدائن لقوارير المشروبات: بولي تيرفثالات الإثيلين مقابل بولي تيرفثالات الإثيلين المعاد تدويره وبولي تيرفثالات الإثيلين الحيوي..... ٣٠٠
(٢ , ٢ , ٦) اختيار اللدائن للتغليف المرن والمشكل حراريًا ٣٠٤
(٣ , ٢ , ٦) اختيار الأدوات المنزلية وأدوات تقديم طعام المائدة ٣٠٨
(٣ , ٦) اختيار اللدائن حيوية الأساس..... ٣١٢
(١ , ٣ , ٦) اختيار الراتنجات ذات الأصل الحيوي: مبلمر حمض اللبن، وبولي الكانات الهيدروكسي، والنشا حراري التلدن، والبولي إثيلين حيوية الأساس.... ٣١٢

(٦ ,٣ ,٢) اختيار تقوية اللدائن بالألياف الطبيعية ٣١٩
(٦ ,٣ ,٣) اختيار المبلمرات (الحيوية) الهندسية ٣٢٤
(٦ ,٤) عملية الاختيار: المنهج البصري ٣٢٧
المراجع ٣٣٤

الفصل السابع: المعالجة: زيادة كفاءة استخدام الطاقة والمواد ٣٣٧
(٧ ,١) أمثَلة إعادة تدوير الراتنج ٣٤١
(٧ ,١ ,١) إعادة معالجة مواد الخردة ومواد ما بعد التصنيع ٣٤١
(٧ ,١ ,٢) تقنيات إعادة تدوير اللدائن الاستهلاكية ٣٤٥
(٧ ,٢) أمثَلة عمليات اللدائن المحققة للاستدامة ٣٥٣
(٧ ,٢ ,١) أمثلة عملية استخدام المياه ٣٥٣
(٧ ,٢ ,٢) أمثلة استهلاك طاقة المعليات في الآلات الحالية ٣٥٦
(٧ ,٢ ,٣) اختيار الآلات الجديدة المحققة للاستدامة ٣٦١
(٧ ,٢ ,٤) خيارات مصادر معالجة الطاقة صديقة البيئة ٣٦٣
المراجع ٣٦٤

الفصل الثامن: الخاتمة: حياة مع اللدائن أو بدونها؟ ٣٦٧
(٨ ,١) الاتجاهات المؤثرة على مستقبل استخدام اللدائن العالمي ٣٧٢
(٨ ,١ ,١) احتياجات المستهلكين ونمو الأسواق ٣٧٣

(٨,١,٢) توفر الوقود الأحفوري وسعره..... ٣٧٨
(٨,١,٣) اتجاهات بديلة لمواد اللقيم ٣٨٠
(٨,١,٤) أولويات الصناعة في استجابتها لدعوات الاستدامة ٣٨٢
(٨,١,٥) حظر اللدائن والجدل المستمر ٣٨٦
(٨,٢) التقدم المستقبلي في تعزيز استدامة اللدائن ٣٩٢
(٨,٢,١) تحسين الشراكات، والمعايير، وممارسات الصناعة، والتعليم العام ... ٣٩٢
(٨,٢,٢) استدامة جديدة - تطوير استخدامات كل من اللدائن الأحفورية واللدائن الحيوية ٣٠٩
(٨,٢,٣) من البحوث والتطوير إلى أرض الواقع : مواد جديدة من المبلمرات المتجددة ٣١٣
المراجع ٣١٥

ثبت المصطلحات ٤٢١
ثبت المصطلحات: (عربي- إنجليزي) ٤٢١
ثبت المصطلحات: (إنجليزي- عربي) ٤٤٥
كشاف الموضوعات ٤٦٧