الهندسة التطبيقية للمواد

تأليف

الدكتور محمد عز الدهشان

أستاذ الهندسة الكيميائية

الدكتور إبراهيم بن صالح المعتاز

أستاذ الهندسة الكيميائية

الدكتور منصور بن إبراهيم الهزاع

أستاذ الهندسة الكيميائية المشارك

كلية الهندسة ـ جامعة الملك سعود

الرياض

إصدار: النشر و المطابع ـ جامعة الملك سعود

ص.ب. : ٢٤٥٤ ـ الرياض ١١٤٥١ ـ المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤١٨هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الدهشان، محمد عز

الهندسة التطبيقية للمواد / محمد عز الدهشان، إبراهيم بن صالح المعتاز، منصور بن إبراهيم الهزاع ـ الرياض.

٣٨١ ص؛ ١٧ × ٢٤ سم

ردمك: ٥ ـ ٥٥١ ـ ٠٥ ـ ٩٩٦٠ (جلد)

٣ ـ ٥٥٢ ـ ٠٥ ـ ٩٩٦٠ (غلاف)

١ ـ المواد ٢ ـ هندسة الإنشاءات أ ـ المعتاز، إبراهيم بن صالح (م. مشارك) ب ـ الهزاع، منصور بن إبراهيم (م. مشارك) ج ـ العنوان

ديوي ٦٢٠,١١٢ ١٨/٠١٦١

رقم الإيداع: ١٨/٠١٦١

ردمك: ٥ ـ ٥٥١ ـ ٠٥ ـ ٩٩٦٠ (جلد)

٣ ـ ٥٥٢ ـ ٠٥ ـ ٩٩٦٠ (غلاف)

حكّمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكّمين في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤١٠هـ الذي عقد بتاريخ ١٤١٠/٨/٢٨هـ، الموافق ١٩٩٠/٣/٢٥م

مطابع جامعة الملك سعود

المقدمة

إن المنطقة العربية عامة ومنطقة الخليج العربي بصفة خاصة، وهي ترسي قواعد النهضة العمرانية والنهضة الصناعية، في حَاجة إلى كل عقل مفكر، وكل قلم يفيض بالمعرفة، ليسهم بقدر في إرساء هذه النهضة ودعمها، كما يضيء الطريق إلى غد أفضل ومكانة أسمى تستعيد بها الأمة العربية والإسلامية قيادة النهضة والحضارة العالمية. ولما كانت المواد هي إحدى الدعامات ـ أو ربما الدعامة الأساسية ـ للنهضة العمرانية والصناعية، ليس في الوطن العربي فحسب، بل في العالم أجمع، لهذا تعد علوم هندسة المواد البنية الأساسية للتقدم العلمي والتقني الراهن. ولما كانت الخبرة أهم دعامات النهضة الصناعية بخاصة في النواحي التقنية، فلا بد أن ترتكز على قاعدة وأساس من العلم والمعرفة، وتتخذ منه سلاحًا لخوض معركة الإنتاج التي يجب أن نحشد لها طاقاتنا العلمية كلّها. ولقد تنوعت وتعدَّدت المواد واختلفت خواصها الداخلية رغم تطابق أو تماثل مظهرها الخارجي، ولذا فإنَّه من المفيد، بل من المهم للمهندس المتعامل مع هذه المواد أن يتأكَّد من مطابقة المواد للمواصفات الموضوعة، وأن تكون المادة التي يستعملها خالية من العيوب حتى لا يكون مصيرها العجز والفشل تحت ظروف الاستخدام والعمل. كما يلزم المهندس التعرف على المعايير التي لا بد من أخذها في الحسبان عند اختيار المادة لغرض أو تطبيق معينَّ. وعلى الرغم من كل الاحتياطات والتدابير المختلفة التي يراعيها المهندس إلا أن خواص المادة تتدنى تحت ظروف العمل أو قد تفشل كلية. والمطلوب من المهندس عندئذ أن يوضِّح قصور المادة وأسبابه وعجزها عن القيام بدورها.

يحتوي كتاب الهندسة التطبيقية للمواد الذي بين أيدينا على أربعة فصول رئيسة تعالج الموضوعات التي يحتاجها المهندس وكذلك الفنيِّ في مجالات هندسة المواد، الفصول هي : اختبار المواد، وفحص المواد واختيار المادة المناسبة للتطبيقات الهندسية، وأسباب فشل المواد تحت ظروف العمل، وكيفية تشخيص نواحي القصور في أداء المادة.

إنَّ الحافز الرئيس لنشر هذا الكتاب هو خلو المكتبة العربية من نظيره أو شبيهه في موضوع الهندسة التطبيقية للمواد أو مجالها، ويُعد هذا الكتاب الأول من نوعه في موضوعاته التي تناولها باللغة العربية.

والله نسأل أن تعم به الفائدة لطلاب العلم، والله من وراء القصد.

المؤلفـــون

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول: اختبار المواد	
(١,١) المقدمة	١
(١,٢) الخواص الميكانيكية	٢
(١,٣) الاختبارات الميكانيكية	٢٢
(١,٤) أنواع الاختبارات وأهدافها	٢٥
(١,٤,١) اختبارات وتيرية	٢٥
(١,٤,٢) اختبارات استكشافية	٢٦
(١,٤,٣) اختبارات متلفة	٢٦
(١,٤,٤) اختبارات غير متلفة	٢٧
(١,٤,٥) اختبارات الإثبات	٢٧
(١,٤,٦) اختبارات التفتيش (التحري)	٢٨
(١,٥) الاختبارات الميكانيكية المعملية	٢٨
(١,٥,١) اختبار الشد	٢٨
(١,٥,٢) اختبار الانضغاط	٤٥
(١,٥,٣) اختبار الصلادة	٤٨
(١,٥,٤) اختبار الصدمات	٧٩
(١,٥,٥) اختبار الانحناء	٨٤
(١,٥,٦) اختبار الكلال	٨٧

(١,٥,٧) اختبار الزحف ٩٧

الفصل الثاني: فحص المواد

(٢,١) المقدمة ١٠٥
(٢,٢) الفحص الضوئي ١٠٧
(٢,٢,١) الفحص الماكروسكوبي ١٠٨
(٢,٢,٢) الفحص الميكروسكوبي ١١٨
(٢,٣) الأشعة السينية ١٦٩
(٢,٣,١) توليد الأشعة السينية ١٧٤
(٢,٣,٢) حيود الأشعة السينية ١٨٠
(٢,٣,٣) اتجاه حيود الأشعة السينية ١٨٤
(٢,٣,٤) طرق قياس انعكاس الأشعة السينية ١٨٥
(٢,٣,٥) تحضير العيِّنات ١٩٦
(٢,٣,٦) الاحتياطات الأمنية ١٩٧
(٢,٤) الميكروسكوب الإلكتروني ٢١١
(٢,٤,١) الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ٢١٤
(٢,٤,٢) الميكروسكوب الإلكتروني النفَّاذ ٢١٥
(٢,٤,٣) تحضير العيِّنات للفحص بالميكروسكوب الإلكتروني ٢١٧
(٢,٤,٤) التحليل الدقيق بالمجس الإلكتروني ٢٢١
(٢,٥) الاختبارت غير المتلفة ٢٢٦
(٢,٥,١) الاختبارات فوق السمعية ٢٢٨
(٢,٥,٢) التصوير بالأشعة ٢٣١
(٢,٥,٣) الفحص المغناطيسي ٢٣٩
(٢,٥,٤) أساليب فحص تحلل الصبغات ٢٤٣
(٢,٥,٥) الفحص بأشعة الليزر ٢٤٥
(٢,٥,٦) الفحص بالتيارات الدوَّامية ٢٤٥

الفصل الثالث: اختيار المواد

(٣,١) المقدمة ٢٥٣
(٣,٢) أسلوب اختيار المادة المناسبة ٢٥٥
(٣,٣) عوامل اختيار المادة ٢٥٧
(٣,٣,١) ظروف العمل ٢٦٣
(٣,٣,٢) قابلية التشكيل والتصنيع ٢٦٨
(٣,٣,٣) توافر المادة ٢٦٩
(٣,٣,٤) التصميم ٢٧٠
(٣,٣,٥) خواص معيَّنة ٢٧٠
(٣,٣,٦) التكلفة (العوامل الاقتصادية) ٢٧٣
(٣,٤) حالات تطبيقية ٢٧٧
(٣,٤,١) الحالة الأولى: اختيار مادة الجسم الخارجي للتليفزيون ٢٧٧
(٣,٤,٢) الحالة الثانية: اختيار مادة عازلة ٢٧٨
(٣,٤,٣) الحالة الثالثة: اختيار مادة للموصلات الكهربائية ٢٧٩
(٣,٤,٤) الحالة الرابعة: اختيار قضيب ربط ٢٨٥

الفصل الرابع: إخفاق المواد وفشلها

(٤,١) المقدمة ٢٨٩
(٤,٢) أسباب فشل المواد ٢٩٢
(٤,٢,١) فشل عند إجهادات أعلى من مستوى التصميم ٢٩٤
(٤,٢,٢) فشل عند إجهادات أقل من مستوى التصميم ٢٩٤
(٤,٣) آلية الفشل ٢٩٨
(٤,٤) تحديد نوع الكسر ٣٠٠
(٤,٤,١) كسر على حدود الحبيبات ٣٠٠
(٤,٤,٢) كسر داخل الحبيبات ٣٠٢

(٤,٥) أنواع انهيارات الفلزات والسبائك ٣٠٥
(٤,٥,١) انهيار قصيف ٣٠٥
(٤,٥,٢) انهيار الكلال ٣٠٥
(٤,٥,٣) تشدخات التآكل الكلالي ٣٠٨
(٤,٥,٤) تصدع التآكل الإجهادي ٣٠٩
(٤,٥,٥) التآكل الصدعي ٣١١
(٤,٥,٦) التآكل الجلفاني ٣١٤
(٤,٦) كيفية تشخيص الانهيار ٣١٦
(٤,٦,١) الملاحظات الأولية والمبدئية ٣١٨
(٤,٦,٢) تجميع المعلومات والبيانات ووضع صورة كاملة
لظروف العمل ٣١٨
(٤,٦,٣) الفحص والاختبار المعملي ٣١٨
(٤,٦,٤) تحديد نوع الانهيار وأسبابه ٣١٩
(٤,٧) تأثير الأشعة المؤينة على المواد الفلزية ٣٢٠
(٤,٨) تدني البوليمر ٣٢٢
(٤,٨,١) تأثير درجات الحرارة العالية ٣٢٢
(٤,٨,٢) تأثير المواد الكيميائية المختلفة ٣٢٤
(٤,٨,٣) تأثير الأكسجين ٣٢٧
(٤,٨,٤) تأثير الإشعاعات ٣٢٧
(٤,٩) تدني المواد السيراميكية ٣٣١
ملحق (١) بعض الثوابت للعناصر المختلفة ٣٣٥
ملحق (٢) صورة من أحد كتيبات الصلادة الموجودة
مع مكنات اختبار الصلادة ٣٣٨
المراجع ٣٤٣
ثبت المصطلحات ٣٤٧
كشاف الموضوعات ٣٧١

قائمة الجداول

الصفحة

رقم الجدول الموضـــوع

(١,١) الأبعاد القياسية لعيِّنات اختبار الشد ٣٥

(١,٢) الأحمال المستخدمة والاستطالة المقابلة ٣٧

(١,٣) الحمل والإجهاد والانفعال والاستطالة الناتجة ٣٩

(١,٤) مقارنة بين الملامح الرئيسة لاختبارات الصلادة ٤٩

(١,٥) قائمة تحويل الصلادات للفولاذ ٥٦

(١,٦) مقـــاييس «روكـويل» للصـلادة والحمـل والخـارق وأمثلة من الاستخدامات ٧٢

(١,٧) التطبيقات المتنوعة لاختبارات الصلادة المختلفة ٧٦

(١,٨) تأثير طريقة تجهيز السطح على حد الكلال ٩١

(١,٩) أقصى إجهـاد مع عدد الـدورات اللازمة لكسر أنواع مختلفة مـن الفولاذ ٩٤

(١,١٠) حد الكلال لعدد من أنواع الفولاذ ٩٥

(٢,١) تركيب المحاليل الإلكتروليتية المستخدمة لصقل سطوح بعض الفلزات والسبائك ١٣٧

(٢,٢) محاليل النمش لعدد من المواد المختلفة ١٤٦

(٢,٣) الحجم الحبيبي طبقًا للجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد ١٦٠

(٢,٤) رتب أوراق التصوير وأسماؤها ١٦٨

(٢,٥) نوع أوراق التصوير المستخدمة مع السلبيات في طبع الصور الضوئية ١٦٨
(٢,٦) المرشحات المستخدمة في كبت إشعاعات (K_β) ١٧٥
(٢,٧) شروط انعكاس الأشعة السينية من البلورات المكعبة ١٨٦
(٢,٨) مستويات انعكاس الأشعة السينية للبلورات المكعبة ١٨٦
(٢,٩) طرق قياس انعكاس الأشعة السينية والمتغيّرات في كلّ حالة ١٨٧
(٢,١٠) مصادر أشعة جاما والتطبيقات المختلفة لها ٢٣٤
(٢,١١) حجم عيب المادة والطريقة المناسبة للكشف عنه ٢٤٩
(٢,١٢) ملخص لطرق الاختبارات غير المتلفة واستخداماتها ٢٤٩
(٣,١) أهم العوامل المؤثّرة في اختيار المواد للتطبيقات المختلفة ٢٦٠
(٣,٢) العوامل المهمة التي يجب النظر إليها في اختيار مادة للتوصيل الكهربائي ٢٦٢
(٣,٣) تكلفة مركب (من أجزاء مختلفة) من منتجات الفولاذ ٢٧٤
(٣,٤) تكلفة مركب (من أجزاء مختلفة) من منتجات الألومنيوم ٢٧٥
(٣,٥) خواص بعض المواد الهندسية ٢٨٠
(٣,٦) المواد المقترحة وخواصها الميكانيكية وتكلفة وحدة الوزن ٢٨٦
(٣,٧) حجم المادة ووزنها بطول مترين وتكلفتها ٢٨٦
(٣,٨) التمدّد الطولي للسبائك المختلفة ٢٨٧
(٤,١) الأسباب المؤدّية لانهيار المواد الفلزية في الصناعات الهندسية ٢٩٣
(٤,٢) ملخص لمعلومات تقارير مخبرية عن فشل أجزاء من مركبات الطائرات ٢٩٤
(٤,٣) الانهيارات الناتجة عن التصميم الخاطىء والاختيار غير الصحيح للمواد ٢٩٥
(٤,٤) أسباب انهيار المواد نتيجة لعمليات التصنيع الخاطئة ٢٩٦
(٤,٥) أسباب تدني كفاءة المواد الفلزية تحت ظروف العمل ٢٩٧
(٤,٦) آلية انهيار المواد المستعملة في الصناعات الهندسية المبينة في

جدول (٤,١) ٢٩٩
(٤,٧) آلية انهيار مركبات الطائرات المبينة في جدول (٤,٢) ٢٩٩
(٤,٨) تأثير أنواع التشغيل المختلفة لسطح سبيكة من الفولاذ المحتوي على ٠,٣٣٪ كربون على حد الإطاقة ٣٠٨
(٤,٩) تأثير حالة سطح المادة على قيمة حد الإطاقة لبعض المواد في اختيار الكلال ٣٠٩