مبادئ هندسة المواد

الدكتور عثمان محمد داوود

الدكتور محمد ممدوح النجار الدكتور محمد طالب الله الشيخ

قسم الهندسة الكيميائية وهندسة المواد

كلية الهندسة

جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي

جامعة الملك عبد العزيز

ص.ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١

المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤٢١ هـ (٢٠٠٠م)

جميع حقوق الطبع محفوظة .

الطبعة الأولى : ١٤٢١هـ (٢٠٠٠م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

داوود ، عثمان محمد

مبادئ هندسة المواد / عثمان محمد داوود ، محمد ممدوح النجار ، محمد طالب الله الشيخ .ـ جده .

... ص ، .. سم

ردمك : ٤-٢٢٤-٠٦-٩٩٦٠

١- المواد الهندسية أ- داوود ، عثمان محمد (م . مشارك)
ب- النجار ، محمد ممدوح (م . مشارك) ج- الشيخ ، محمد طالب الله (م . مشارك) د- العنوان

ديوي ٦٢٠،١١ ٢٠/٣١٦٠

رقم الإيداع : ٢٠/٣١٦٠
ردمك : ٤-٢٢٤-٠٦-٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

المحتويـــــات

صفحة

الفصل الأول : مقدمة ١

الفصل الثاني : أنواع المواد والترابط الكيميائي ٧

٢-١ تركيب الذرة وخصائصها ٩

٢-١-١ التركيب الذري ٩

٢-١-٢ الكتلة الذرية والعدد الذري ١٠

٢-٢ التركيب الإلكتروني ١٣

٢-٣ الروابط ١٦

٢-٣-١ الروابط النووية ١٧

٢-٣-٢ الروابط الأساسية ١٧

٢-٣-٣ الروابط الأيونية ١٨

٢-٣-٤ الروابط التساهمية ٢٠

٢-٣-٥ الرابطة الفلزية ٢٤

٢-٤ الروابط الثانوية ٢٦

٢-٤-١ روابط فاندرفال ٢٧

٢-٤-٢ روابط الجزيئات القطبية ٢٩
٢-٤-٣ الروابط الهيدروجينية ٣١
٢-٥ طاقة الرابطة وطولها ٣٢
٢-٦ أعداد التناسق ٣٧
٢-٧ أنواع المواد الهندسية ٤٦
٢-٧-١ المواد الفلزية ٤٦
٢-٧-٢ البوليمرات ٤٧
٢-٧-٣ الخزفيات ٤٨
الفصل الثالث : التركيب البلوري للمواد الصلبة ٥١
٣-١ مقدمة ٥٣
٣-٢ عدد التناسق ٥٤
٣-٣ طرق تعبئة الذرات ٥٦
٣-٤ النظام المكعبي ٦٠
٣-٤-١ النظام المكعبي مركزي الجسم ٦٢
٣-٤-٢ النظام المكعبي مركزي الوجه ٦٣
٣-٥ النظام السداسي ٦٤
٣-٦ تحديد المواقع داخل البنية البلورية ٦٦
٣-٧ الاتجاهات داخل البنية البلورية ٦٨
٣-٧-١ تحديد الزوايا بين الاتجاهات المختلفة ٦٨
٣-٨ المستويات البلورية ٦٩
٣-٩ الكثافة الخطية ٧١
٣-١٠ أسر الاتجاهات ٧٢

٣-١١ أشكال المستويات ٧٢
٣-١٢ الكثافة السطحية ٧٢
٣-١٣ حساب عامل التعبئة في النظم البلورية ٧٣
٣-١٣-١ عامل التعبئة الذري ٧٣
٣-١٣-٢ عامل التعبئة في النظام المكعبي مركزي الجسم ٧٤
٣-١٣-٣ عامل التعبئة في النظام المكعبي مركزي الوجه ٧٤
٣-١٣-٤ عامل التعبئة في النظام السداسي محكم التعبئة ٧٥
٣-١٤ حيود الأشعة السينية ٧٦
٣-١٥ تعدد الشكل ٧٨

الفصل الرابع : عيوب البنية البلورية ٨١
٤-١ العيوب التكوينية ٨٣
٤-١-١ محاليل الجوامد الإبدالية ٨٤
٤-١-٢ محاليل الجوامد البينية ٨٩
٤-٢ عيوب البنية البلورية ٩١
٤-٢-١ العيوب النقطية ٩٢
٤-٢-٢ العيوب الخطية ٩٤
٢-٤-٣ العيوب السطحية ٩٩
٤-٣ المواد اللابلورية ١١٠

الفصل الخامس : الخصائص الكهربية للمواد ١١٩
٥-١ مقدمة ١٢١
٥-٢ المواد الفلزية ١٢٣
٥-٣ المواد العازلة ١٢٤

٥-٤ أشباه الموصلات ١٢٤
٥-٥ أثر الحرارة على المقاومية في أشباه الموصلات ١٢٥
٥-٦ الانفصال والتجمع ١٢٦
٥-٧ أشباه الموصلات اللاذاتية ١٢٦
٥-٨ شبه التوصيل الناتج عن عيوب البنية ١٢٧
٥-٩ مقوم التيار والترانزستور ١٢٧

الفصل السادس : الخصائص الميكانيكية للفلزات والسبائك ١٣١
٦-١ مقدمة ١٣٣
٦-٢ تعاريف ١٣٣
٦-٢-١ التحرف ١٣٣
٦-٢-٢ الانفعال ١٣٤
٦-٢-٣ الإجهاد ١٣٤
٦-٢-٤ القوة ١٣٥
٦-٢-٥ المطيلية ١٣٥
٦-٢-٦ المتانة ١٣٥
٦-٢-٧ المرونة ١٣٥
٦-٢-٨ التحرف اللدن ١٣٥
٦-٢-٩ معاير المرونة ١٣٥
٦-٢-١٠ الصلادة ١٣٦
٦-٣ اختبار الشد ١٣٦
٦-٣-١ نقطة الخضوع ١٣٩
٦-٣-٢ مقاومة الشد القصوى ١٣٩

٦-٣-٣ نقطة الكسر ١٤٠
٦-٤ اختبار الانضغاط ١٤٠
٦-٥ اختبار الصلادة ١٤١
٦-٦ اختبار الصدم ١٤٣
٦-٧ اختبار الكلال ١٤٤
٦-٨ اختبار الزحف ١٤٧
الفصل السابع : البوليمرات وخصائصها الميكانيكية ١٥١
٧-١ تعريف ١٥٣
٧-٢ تصنيف البوليمرات حسب مصادرها ١٥٤
٧-٣ تصنيف البوليمرات حسب التركيب الكيميائي ١٥٤
٧-٤ تصنيف البوليمرات طبقًا لاستجابتها للحرارة ١٥٥
٧-٥ طرق البلمرة ١٥٥
٧-٥-١ طريقة البلمرة بالإضافة أو السلسلة ١٥٦
٧-٥-٢ طريقة البلمرة بالتكاثف ١٥٧
٧-٦ البنية الجزئية للبوليمرات ١٥٨
٧-٧ ميكانيكية البلمرة ١٥٩
٧-٧-١ البدء ١٥٩
٧-٧-٢ التوالد ١٦٠
٧-٧-٣ الإنهاء ١٦٠
٧-٨ طرق تقوية البوليمرات ١٦٠
٧-٨-١ البلمرة الخطية ١٦١
٧-٨-٢ البلمرة المتفرعة ١٦١

٧-٨-٣ البلمرة بالتشابك المستعرض ١٦٢
٧-٩ تبييس السلسلة ١٦٢
٧-١٠ الحالة البلورية ١٦٢
٧-١١ التلدين ١٦٣
٧-١٢ المالئات ١٦٣
٧-١٣ المخاليط البوليمرية ١٦٤
٧-١٤ طرق تشكيل البوليمرات ١٦٤
٧-١٤-١ تشكيل بالحقن ١٦٤
٧-١٤-٢ التشكيل بالكبس ١٦٥
٧-١٤-٣ التشكيل بالنفخ ١٦٦
٧-١٤-٤ التشكيل بالبثق ١٦٧
٧-١٤-٥ الصب ١٦٧
٧-١٥ الخصائص الميكانيكية للبوليمرات ١٦٩
٧-١٥-١ الإجهاد والانفعال ١٦٩
٧-١٥-٢ مقاومة الصدم ١٧٥
٧-١٥-٣ اختبارات ميكانيكية أخرى ١٧٩
٧-١٥-٤ خصائص غير ميكانيكية للبوليمرات ١٧٩

الفصل الثامن : المواد الأيونية المتبلورة وخصائصها ١٨٧
٨-١ الخزفيات ١٨٩
٨-٢ البنية البلورية ١٩١
٨-٣ البنية البلورية للمركبات الثنائية ١٩٤
٨-٣-١ مجموعة كلوريد السيزيوم ١٩٥

٨-٣-٢ مجموعة كلوريد الصوديوم ١٩٧
٨-٣-٣ مجموعة كبريتيد الخارصين ٢٠٠
٨-٤ البنية البلورية للمركبات ٢٠٢
٨-٤-١ البنية البلورية للفلوريت ٢٠٢
٨-٥ البنية البلورية للمركبات الثلاثية ٢٠٥
٨-٥-١ البنية البلورية للبروفسكيت ٢٠٥
٨-٥-٢ البنية البلورية للاسبينل ٢٠٧
الفصل التاسع : مخططات الأطوار المتوازنة للمخاليط الثنائية ٢١٣
٩-١ مقدمة ٢١٥
٩-٢ الطور ٢١٦
٩-٣ مخططات الأطوار ٢١٧
٩-٣-١ مخطط الأطوار المتوازن للنحاس والنيكل ٢١٩
٩-٣-٢ مخططات الأطوار ذات الفجوة الذوبانية في الحالة الصلبة ٢٢٤
٩-٣-٣ مخططات الأطوار الأصهرية ٢٢٤
٩-٣-٤ أنواع أخرى من مخططات الأطوار ٢٢٧
٩-٤ الأطوار في مخاليط الحديد والكربون ٢٢٧
٩-٤-١ الفريت أو حديد ألفا ٢٣٠
٩-٤-٢ أوستنيت أو حديد جاما ٢٣٠
٩-٤-٣ حديد دلتا ٢٣٠
٩-٥ التفاعل الأصهري والأصهراني ٢٣١
٩-٦ التحلل الأوستنيتي ٢٣٢
٩-٧ استعمال مخططات الأطوار لمعرفة التركيب الكيميائي لكل طور ٢٣٣

٩-٨ الكميات الموجودة من كل طور ٢٣٤

الفصل العاشر : حركية تحول الأطوار ٢٣٧

١٠-١ الأطوار ٢٣٩

١٠-٢ إعادة التنسيق الذري ٢٤١

١٠-٣ انتشار الذرات ٢٤٥

١٠-٤ معدلات ومعامل الانتشار ٢٤٨

١٠-٥ تفاعلات تحول الأطوار ٢٥٧

١٠-٥-١ معدلات تفاعلات الأطوار ٢٥٨

١٠-٥-٢ إعادة التبلور في درجة حرارة ثابتة ٢٥٩

١٠-٥-٣ الترسب في درجة حرارة ثابتة ٢٦٤

١٠-٥-٤ التنوية المتجانسة ٢٦٧

الفصل الحادي عشر : المعالجات الحرارية للمواد الفلزية ٢٧٣

١١-١ مقدمة ٢٧٥

١١-١-١ أثر التبريد المفاجئ ٢٧٦

١١-١-٢ أثر التبريد البطئ ٢٧٧

١١-١-٣ أثر التبريد بسرعات معتدلة ٢٧٧

١١-٢ المعالجات الحرارية للصلب المعتاد ٢٧٧

١١-٢-١ تكون المارتينزيت ٢٨٢

١١-٢-٢ كيناتيكية تحول البيرليت إلى أوستنيت ٢٨٣

١١-٢-٣ نمو حبيبات الأوستنيت ٢٨٦

١١-٣ بعض التغيرات بدون تحول ٢٨٧

١١-٤ كيناتيكية تحول الأوستنيت إلى فريت وكربيد بالتبريد ٢٨٧

١١-٤-١ التحولات أثناء التبريد المستمر ٢٩٠
١١-٥ أثر حجم حبيبات الأوستنيت على خصائص الصلب الميكانيكية ٢٩٢
١١-٦ بعض المصطلحات الشائعة في المعالجات الحرارية للصلب ٢٩٢
١١-٧ المعالجة الحرارية للسبائك غير الحديدية ٢٩٣

الفصل الثاني عشر : تآكل الفلزات ٢٩٧
١٢-١ خطورة التآكل ٣٠٠
١٢-٢ أهمية التآكل ٣٠١
١٢-٣ تعريف التآكل ٣٠٢
١٢-٤ ظاهرة تآكل الفلزات ٣٠٣
١٢-٥ التفاعلات الكهروكيميائية للتآكل ٣٠٤
١٢-٦ الخلية الكهروكيميائية ٣٠٥
١٢-٧ أنواع التفاعلات الكهروكيميائية ٣٠٦
١٢-٨ جهد العمود ٣٠٨
١٢-٩ مميزات السلسلة الكهروكيميائية ٣١٢
١٢-١٠ استعمالات السلسلة الكهروكيميائية ٣١٢
١٢-١١ حساب جهد الخلية ٣١٤
١٢-١٢ أنواع الخلايا التآكلية ٣١٨
١٢-١٣ أنواع التآكل ٣٢٢

الفصل الثالث عشر : المواد المؤلفة ٣٣٥
١٣-١ تعريف ٣٣٧
١٣-٢ المواد الليفية ٣٣٨
١٣-٣ طريقة صنع المواد الليفية ٣٤١

١٣-٤ الشعرات البلورية وصنعها ٣٤٢
١٣-٥ مواد الكنان ٣٤٣
١٣-٦ خصائص المواد المؤلفة ٣٤٣
١٣-٦-١ الإجهاد الانفعال ٣٤٤
١٣-٦-٢ كسر حجم ليفي ٣٤٤
١٣-٦-٣ توجه المواد الليفية ٣٤٧
١٣-٦-٤ طول المادة الليفية ٣٤٩
١٣-٧ استعمالات بعض المواد المؤلفة ٣٥١
المراجع ٣٥٣
الملاحق ٣٥٥
ملحق رقم (١) : ثبت المصطلحات ٣٥٧
عربي - إنجليزي ٣٥٧
إنجليزي - عربي ٣٦٥
ملحق رقم (٢) : أسئلة وتمارين ٣٧٣