وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل_كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

المعادن وخواصها الفيزيائية

تقدمت به الطالبة

زهراء حسين جاسم

كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

بإشراف الست

فرح جبار حمود

١٤٤٥هـ ٢٠٢٤م

الإهداء

الى تلك الكفوف المتعبة والعيون الساهرة وجبال الصبر

-أمي وأبي -

الى ذلك الرجل المعطاء الذي خلقه الله جزءًا مني

-زوجي الحبيب-

الى ذلك العز الكبير ومصدر السعادة والقوى الكبرى

-إخوتي وأخواتي-

الى ذلك البلد العريق صاحب الحضارات القديمة ومعلم الاوطان والكتابة

-عراقنا الجريح –

إلى الأكفاء الأفاضل السائرين على طريق العلم والمعرفة

-أساتذتي-

الى شهداء وطني الى كل أم وزوجة وابن في أرجائه

أهديكم هذا الجهد المتواضع

شكر وعرفان

الحمدلله والشكر له على فضله وتوفيقه لنا في إنجاز هذا العمل المتواضع

نتقدم بخالص الشكر والتقدير الى الأستاذ المشرف على ماقدمه لنا من نصائح وتوجيهات، حرصاً منه على إنجاز هذا البحث وتقديمه بالصورة المطلوبة

لايفوتنا أن نخص بالشكر والأمتنان للأهل الذين قدموا لنا يد المساعدة وساندونا في كل خطوة فتحدينا الصعاب

وكل التحية والإحترام إلى من ساندنا على انجاز هذا العمل سواء من قريب أو بعيد

المحتويات

الفصل الأول

ت	المحتوى	الصفحة
1-1	المقدمة	2
2-1	علم المعادن	3
3-1	البلورات والخواص البلورية	4
1-3-1	البلورات	4
2-3-1	الشكل البلوري	5
3-3-1	فصيلة المكعب	5
4-3-1	فصيلة الرباعي	5
5-3-1	فصيلة المعيني	6
6-3-1	فصيلة ذي الميل الواحد	6
7-3-1	فصيلة ذي الميول الثلاثة	7
8-3-1	فصيلة السداسي	7
4-1	البناء الداخلي للبلورات	8
5-1	الهاليت	9
6-1	هيئة البلورة	9
7-1	التحليل الكمي للمعادن	11
8-1	الفحص في علم المعادن	12
1-8-1	الاختبارات الميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية	12
2-8-1	الطرق الفيزيائية والكيمياوية لدراسة المعادن والسبائك المعدنية واختبارها	17

الفصل الثاني

ت	المحتوى	الصفحة
1-2	المقدمة	21
2-2	الخواص البصرية	22
1-2-2	البريق	22
2-2-2	اللون	23
3-2-2	التضوء	25
4-2-2	الشفافية	26
5-2-2	المخدش	26
3-2	الخواص التماسكية	27
1-3-2	الصلادة	27
2-3-2	الانفصام	31
3-3-2	الانفصال	33
4-3-2	المكسر	33
5-3-2	خاصية الطرق والسحب (التماسك)	34
4-2	الخواص الكهربائية والمغناطيسية	35
1-4-2	الكهرباء الحراري	35
2-4-2	الكهرباء الضغطية	35
3-4-2	المغناطيسيه	35
5-2	الكثافة والوزن النوعي	36
6-2	الخواص الحرارية	37
7-2	خواص فيزيائية أخرى	37
8-2	تقانات علم المعادن . طرائق دراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية (الميتالوغرافيا)	38

1-8-2	الماكروغرافيا (الطريقة الماكرونية لدراسة بنية المعادن والسبائك)	38
2-8-2	الميكروغرافيا (الفحص المجهري لبنية المعادن)	39

الخلاصة

تضمن هذا البحث دراسة المعادن وخواصها الفيزيائية حيث تضمن الفصل الاول التعرف على علم المعادن ،البلورات والخواص البلورية ،الشكل البلوري،فصيلة المكعب ،فصيلة الرباعي،فصيلة المعين،فصيلة ذي الميل الواحد ،فصيلة ذي الميول الثلاثة ،فصيلة السداسي ،البناء الداخلي للبلورات،هيئة البلورات ،الفحص في علم المعادن، التحليل الكمي للمعادن.

أما في الفصل الثاني فقد تم دراسة الخواص البصرية،الخواص التماسكية ، الخواص الكهربائية والمغناطيسية ، الكثافة والوزن النوعي كما تم دراسة خواص فيزيائية أخرى وأخيراً تقانات علم المعادن

الفصل الأول
مقدمة ومفاهيم عامة

الفصل الأول

مقدمة ومفاهيم عامة

1-1المقدمة

كانت المعادن من بين المواد التي استخدمها الناس ووصفوها منذ زمن بعيد ، فصور المصريين القدماء منذ ٥٠٠٠ عام ترينا أن المعادن كانت تستخدم في الحروب وصناعة الحلي وفي المراسم الدينية وكانت دراسة العلماء لبلورات المعادن قد بدأت عام ١٦٠٠ ، وفي عام ١٦٦٥ شاهد العالم الإنجليزي روبرت هوك " كرات المعدن بأشكال مختلفة ومزدوجة في بلورات الشب .

في نهاية عام ١٧٠٠ قام العلماء بوصف العديد من المعادن ، لكنهم ظنوا فقط أنها ذات أشكال بلورية استنادا إلى شكلها فقط . وفي عام ١٧٨٠ بدأ الكيميائيون في تطوير أفكار جديدة وأكثر وضوحا حول طبيعة العناصر الكيميائية ، وقد رأى المشتغلون بالمعادن أن هذه المعادن تتكون من مواد كيميائية لكنهم لم يتوصلوا في ذلك الوقت لتركيبها

في عام ١٩٠٠ زودتنا دراسات أشعة إكس بمفتاح التركيب الداخلي للمعادن ، وفي عام ١٩٣٠ استخدم العلماء أشعة إكس لدراسة ووصف العديد من المعادن . واليوم تغيرت آلات الدراسة المستخدمة في فحص المعادن إلى الأحدث فدخلت الحاسبات الآلية والمجاهر الطيفية وغيرها في عملية دراسة المعادن ، وأمكن للعلماء عمل مسح بالمجهر الإلكتروني وتكبير البلورات آلاف المرات ، وأيضاً تصوير الظلال والانعكاسات التي تبديها الذرات والجزيئات ، وبهذه الطريقة يمكن للعلماء التعرف على التركيب الداخلي للبلورات .

أن "علم المعادن" (لكون المعادن هي المكون الاساسي للصخور بأنواعها ومن ثم الأرض بكل طاقاتها) هو الركيزة الأساسية والمتطلب الأول لدراسة علوم الأرض بكل فروعها وتخصصاتها.

هنالك أكثر من 20000 ماده متبلوره ولكن حسب التعريف الدقيق فأن المعدن هو ماده صلبه متجانسه غير عضويه تتكون طبيعيا ولها تركيب كيميائي محدد ويمكن التعبير عنه وتتميز ذرات العناصر المكونة له بهيكل بنائي في شكل بلوري مميز، علي ذلك فان عدد المعادن المعروفة التي توفي هذا التعريف حقه حوالي 4000 الف معدن هذا عدد مهول من المعادن ولكن هنالك منها عدد محصور يتواجد في القشرة الارضية قارية كانت ام بحرية ، يضاف الي ذلك المعادن التي تكون الخامات المعدنية والمعادن الصناعية وبالطبع الاحجار الكريمة. ويجدر بنا أن نذكر أن المعادن الاقتصادية هي ركيزة التقدم الحضاري منذ بداية التاريخ الي يومنا هذا.

2-1 علم المعادن

هو العلم الذي يدرس الوحدات المتجانسة التركيب الكيميائي وذات البناء الذري المميز والتي تتكون بعمليات طبيعية غير عضوية، وهناك فرع يمكن دمجه علم المعادن وهو (علم البلورات)ويختص بدراسة البناء البلوري للمعادن من حيث الشكل الخارجي والتركيب الذري الداخلي . يتناول علم المعادن ضمن إطار علم التعدين الفيزيائي البنية البلورية للمعادن، والطرائق المختلفة لدراسة بنية المعادن والسبائك (الخلائط) "الميتالوغرافيا" ، والصفات الفيزيائية والميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية، ومخططات الأطوار للسبائك المعدنية، والمعالجة الحرارية للمعادن، والمعالجة الميكانيكية للمعادن وتآكل المعادن في الأوساط الجافة والمائية وطرق الوقاية منها. وهكذا فإن علم التعدين الفيزيائي يعنى بدراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية، تكوينها وصفاتها، والتأثير المتبادل فيما بينها الذي يعد الأساس الذي تقوم عليه المعالجة الحرارية للمعادن والسبائك المعدنية ودراسة تحولاتها الطورية. يشمل علم المعادن أيضاً استخلاص المعادن من خاماتها في الأفران التعدينية باستخدام مختلف طرائق الإرجاع وطرائق التعدين المائي والكهربائي ، إضافة إلى عمليات التنقية المختلفة للمعادن، ضمن إطار "علم التعدين الكيمياوي".

إن العرب في الحقيقة هم أول من درسوا المعادن دراسة علمية ، قدموا في مؤلفاتهم الأسس العلمية الأولية لعلم المعادن. لقد وصفوا المعادن بالنسبة لخواصها البلورية وخواصها الطبيعية (اللون ، الشفافية ،المخدش أو المحك) والوزن النوعي (الثقل النوعي) والاختبارات الكيميائية ونشأة المعادن وأسمائها. وكذلك يتخصص علم المعادن أساسا في دراسة المعادن ، ولكن نظرا لأن هذه المعادن توجد في هيئة بلورات ، فإنه يكون لزاما - لكي يتفهم طبيعة هذه البلورات – أن يقوم بدراسة الذرات والأيونات وكذلك الالكترونات ويحيط بها علما.

يمكننا أن ننظر إلى المعادن - بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية ، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض ، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط معادن عدة ، ولكن قلة من الصخور ، مثل الحجر الجيري تتكون أساسا من معدن واحد والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة ، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئا الفجوات ، ومعظم معادن هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف

هذه المعادن باسم الخامات ، ومنها استخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها. وبما أن هدف جيولوجي المعادن هو الوصول إلى الحقائق الفيزيائية والكيميائية والتاريخية للقشرة الأرضية ، لذلك كان لفظ "معدن" ، والدراسات المعدنية محصورا في المواد التي توجد وتتكون في الطبيعة. فمثلا الصلب والأسمنت والزجاج مواد ناتجة من وحدات معدنية توجد في الطبيعة ، إلا أنه لا تعتبر معادن لأن الإنسان قام بتجهيزها ، وكذلك الحال بالنسبة لجوهرة صناعية مثل الياقوت ، فلو أنها تشابه تماما جوهرة الياقوت الطبيعية كيميائيا وفيزيائيا إلا أنه تعتبر معدنا.

ولا يدخل في اختصاص جيولوجي المعادن تلك المواد الناتجة من النشاط الحيواني والنباتي مثل الفحم وزيت البترول والكهرمان الخ ، ولو أن هذه المواد توجد طبيعيا في القشرة الأرضية. فاللؤلؤ والصدفة ولو أنهما يشبهان تماما معدني الإراجونيت ، الكالسيت ، إلا أنهما لا ينتظمان تحت صنف المعادن. هذا بالنسبة لجيولوجي المعادن. ولكن الجيولوجي الاقتصادي لا يتقيد بهذا التحديد فعندما يتكلم عن الثروات المعدنية لبلد ما فإنه يشمل البترول والفحم وكلاهما منتجات عضوية. ولعلم المعادن صلة وثيقة بعلوم الجيولوجيا والفيزياء والكيمياء، فجيولوجي المعادن يرسم الخرائط الجيولوجية في الحقل ويبين عليها الرواسب المعدنية والظواهر البنائية للقشرة الأرضية ، ويجمع العينات من هنا وهناك. ثم يحللها في مختبره ، ويجري عليها الطرق المختلفة التي يستعملها الكيميائي والفيزيائية

1-3البلورات والخواص البلورية للمعادن

علم البلورات هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات والمواد المتبلورة والمعروف أن المواد المتبلورة توجد في الطبيعة إما في حالة حبيبات منفردة أو مجموعات. ويمكن تعريف البلورة بأنها عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة. والأسطح المستوية التي تحدد البلورة تعرف باسم أوجه البلورات.

1-3-1 البلورات

البلورات قسم متجانس من المادة ذات تركيب في ذري متجانس وشكل خارجي ذي حدود ناعمة وأسطح مستوية مرتبة بشكل متماثل . تتكون البلورات عندما تتشكل المادة في وسط سائل تدريجيا الأمر الذي ينتج عنه تجمد السائل وترسيب المادة الذائبة أو التركيز المباشر للغاز إلى مادة صلبة . إن الزوايا بين الأوجه المتساوية لبلورتين من نفس الحجم بغض النظر عن الحجم أو الاختلافات السطحية في الشكل تكون دائما متماثلة .اغلب المواد الصلبة تبدو ذات ترتيب ذري منتظم وتركيب بلوري منتظم ، أما المواد التي تخلو من الترتيب البلوري المنتظم مثل الزجاج فهي غير متبلرة.

1-3-2الشكل البلوري

لكل معدن شكل بلوري خاص به ، فإذا درست الأشكال البلورية فإن ذلك يساعد في عملية التعرف علي المعادن إذا وجدت بلوراتها كاملة التكوين. والبلورة عبارة عن مادة صلبة مكونة من ذرات مرتبة في نظام خاص ، وفي بعض الأحيان تحيط المادة المتبلورة نفسها بسطوح مستوية تسمي أوجه البلورة ، وفي هذه الحالة تعرف باسم البلورة ، أما في حالة عدم وجود أوجه بلورية ، كأن يكون التبريد سريعا فلم تتمكن الأوجه من التكوين ، فإن المادة تعرف في هذه الحالة باسم المادة المتبلورة ولا تعتبر بلورة .

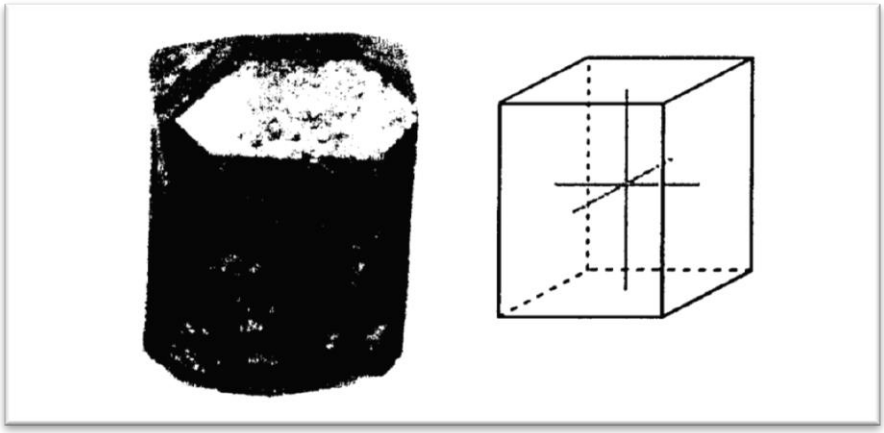
ولدراسة الأشكال المختلفة للبلورات يمكن تخيل ثلاثة محاور (أحيانا أربعة) متقاطعة لأن الذرات المكونة لها لا زالت مرتبة في الداخل في مركز البلورة ، وتمثل الأبعاد الثلاثة للبلورة، وعلى أساس أطوال هذه المحاور والزوايا التي تقع بينها قسمت البلورات إلى مجموعات أو فصائل هي :

1-3-3فصيلة المكعب

تتميز هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور بلورية متساوية الطول ومتعامدة ، ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معدن : الهاليت ، والبيريت

1-3-4فصيلة الرباعي

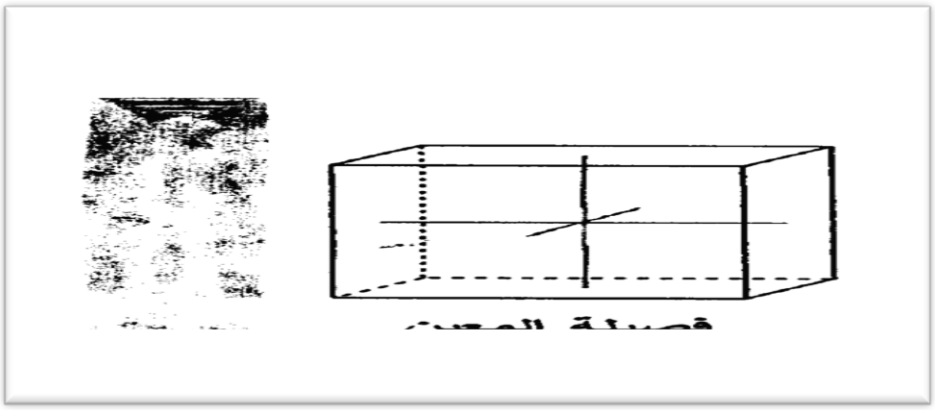
تتميز بوجود ثلاثة محاور بلورية متعامدة ، اثنين في وضع أفقي ومتساويين في الطول والثالث يمتد رأسيا ومتعامدا علي المستويين الأفقيين ومختلف عنهما في الطول ، ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معادن : الزركون،الروتيل والكاستيرايت .



شكل 1-1يوضح فصيلة الرباعي

1-3-5فصيلة المعين

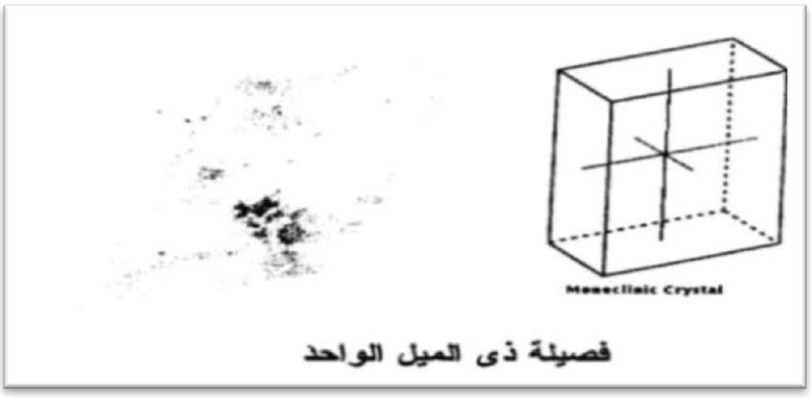
تتميز هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور بلورية متعامدة ومختلفة في أطوالها ، ومن أمثلة هذه المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معدن : البارايت ، اراجونايت ،توبازوسلستايت.



شكل 1-2 يوضح فصيلة المعين

1-3-6 فصيلة ذي الميل الواحد

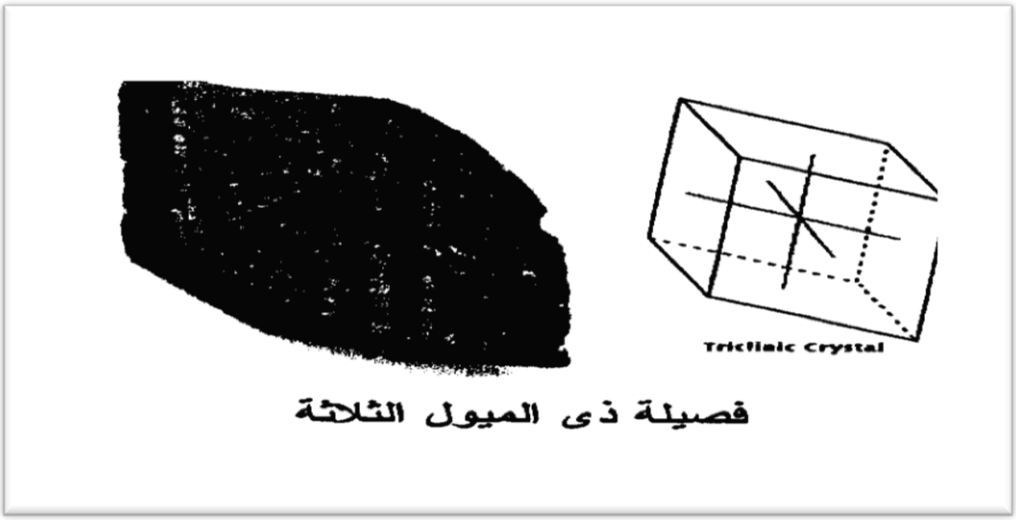
لهذه الفصيلة ثلاثة محاور مختلفة الطول منها اثنان متقاطعان في زاوية غير قائمة والثالث عمودي عليهما ، ومن أمثلة هذه المعادن التابعة لهذه الفصيلة ابيدوت ، الهورنبلند ، معدن الأوجايت ،ارثوكليز والجبس



شكل1-3 يوضح فصيلة ذي الميل الواحد

1-3-7فصيلة ذي الميول الثلاثة

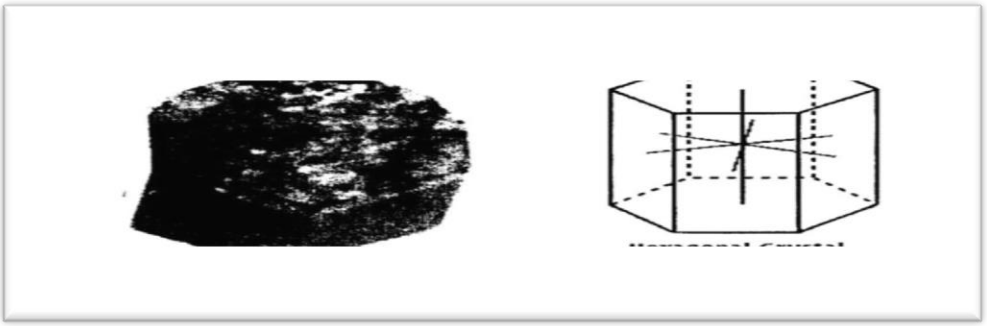
لهذه الفصيلة ثلاثة محاور مختلفة الطول وغير متعامدة،ومن امثلة المعادن التي تتبع الفصيلة معدن الالبايت، والانورثايت



شكل 1-4 يوضح فصيلة ذي الميول الثلاثة

1-3-8 فصيلة السداسي

لبلورة هذه الفصيلة أربعة محاور ، ثلاثة منها متساوية وفي مستوي أفقي وتتقاطع في زاوية مقدارها ٦٠ ، والمحور الرابع عمودي عليها ، وهو إما ان يكون طويلاً أو قصيراً عنها .وامثلة معادن هذه الفصيلة ما يلي : البيريل ،الكوارتز ، الكالسيت ، سيديرايت ، هيماتيت والكورانـدوم



شكل 1-5 يوضح فصيلة السداسي

1-4البناء الداخلي للبلورات

تتميز المواد المتبلورة بحقيقة أساسية هي الترتيب المنتظم للذرات والأيونات التي تتكون منها. وعلى هذا يجب أن نتصور البلورة كبنيان يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة. وأساس البناء البلوري هو التكرار. وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عند نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ، وبتحديد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكرر عندها النقاط في هذه الاتجاهات. وقد أوضحت المحاولات التي قام بها برافيه عام ١٨٤٨ أن هناك ١٤ نمطا فقط لهذه الترتيبات ممكنة هندسيا . وتعرف هذه الترتيبات الفراغية باسم الترتيبات الفراغية الأربعة عشر لبرافيه وأبسط وحدات الترتيب الفراغي مجسم متوازي السطوح ويعرف باسم الوحدات الثنائية ، ويلاحظ أن بعض هذه الترتيبات الفراغية أو الوحدات الفراغية البدائية تحتوي الواحدة منها على نقطة واحدة وتفسير ذلك أنه بالرغم من وجود نقاط عند الأركان الثمانية للوحدة البنائية في الترتيب الفراغي البدائي. إلا أنه نظرا لأن كل نقطة من هذه النقاط تكون مشتركة بين ثماني وحدات بنائية متجاورة. فإن ثمن نقطة يتبع الوحدة البنائية الواحدة وبالتالي تسهم النقاط عند الأركان الثمانية بما يساوي نقطة واحدة بالنسبة للوحدة البنائية الواحدة. وتختلف هذه الوحدات البنائية البدائية عن بعضها البعض في أطوال حدودها (حوافها) والزوايا المحصورة بين هذه الحدودα, β, γ ، أما بقية الوحدات البنائية ، فلها نقاط إضافية إما عند مراكز جميع الأوجه . وتعرف باسم ممركزة الأوجه أو عند وجهين متقالبين أو ممركزة في الداخل. وفي جميع هذه الحالات الوحدة البنائية مضاعفة أي تحتوي على أكثر من نقطة (٤ نقاط في حالة F ، نقطتان في كل من حالتي I،C).وتكون الوحدات البنائية المرصوصة في ترتيب الهيكل الغرافي - ترتيب فراغي بدائي P ترتيب فراغي ممركز في الدخل – البلورات التي نمسكها بين أيدينا ونجري عليها الاختبارات ومعها هذه الوحدات في الحقيقة إلى ذرات أو مجموعات من الذرات. ففي البلورة كما في المعادن العنصرية (أي التي تتكون من عنصر واحد) ، نجد الذرات غير مشحونة ولكن في معظم الحالات تحمل الذرات شحنات كهربية ، وتعرف حينئذ باسم أيونات (تعرف الموجبة منها باسم كاتيونات بينما تعرف السالبة باسم أنيونات). وتتكون معظم المعادن من أيونات أو حشود من الأيونات يضمها إلى بعضها البعض روابط كهربائية نائية عن الشحنات المضادة ونقصد بكلمة بناء البلورة ترتيب الأيونات والمجموعات الأيونية في الفراغ وطبيعة الروابط الكهربائية التي تضم هذه الأيونات إلى بعضها البعض ، ومدى قوة هذه الروابط. ويمكن تشبيه الوحدات البنائية (الذرات والأيونات والحشود الأيونية) ، بقالب الطوب في بنيان حائط بينما تشبه الروابط الكهربية بين هذه الوحدات البنائية ، بالمونة التي تضم القوالب بعضها إلى بعض.

شكل 1-6يوضح كيفية ترتيب الذرات في المعادن

5-1 الهاليت

يحتوي المعدن على صفوف منتظمة من الذرات المترابطة كيميائيا لتشكل بنيه بلورية معينه. بعض العناصر يمكن أن تتحد مع بعضها ، ولذلك فإنه يمكن وجود معدنين مختلفين في الخواص ولكنهما متفقين تماما في التركيب الكيميائي. تسمى المعادن من هذا النوع بالمعادن متعددة الشكل ومن أمثلة هذه المعادن الجرافيت والماس اللذان يتكونان من الكربون رغم اختلافهما الشديد في الصورة.

1- 6 هيئة البلورة

يتميز المعدن بشكل بلوري ثابت ، وعلى هذا يختلف معدن عن آخر في الزوايا بين الوجهية ، وكذلك في تماثل الأشكال البلورية ، أي في نظام توزيع الأوجه على البلورة حسب عناصر التماثل المميزة في البلورة. وتعتبر هذه الاختلافات في الزوايا والتماثل أساسية في التمييز بين بلورة وأخرى ، كما أنها تمثل الفوارق الهامة بين الفصائل البلورية السبعة التي ذكرناها. أما الاختلافات الأخرى التي تظهر على البلورات فليست من الأهمية بمكان مثل هذه الاختلافات الجوهرية . ونعني بالاختلافات الأخرى اختلاف حجم البلورات والاختلاف في التكوين النسبي للأوجه البلورية ، وعددها ، وكذلك نوع هذه الأوجه ، أو الأشكال البلورية الموجودة على البلورة ، وقد سبق أن عرفنا التكوين المختلف لأوجه الأشكال البلورية

الواحد باسم التشوه أو اختلاف الأوجه البلورية . وتوصف البلورة في هذه الحالة بأنها مشوهة أو مختلفة الأوجه. ويجب ألا ننسى أن مثل هذا التشوه لا يؤثر على الزوايا بين الوجهية ، لأن هذه الزوايا ثابتة مادام ميل الأوجه البلورية ثابت ولا يهم بعد ذلك إذا كبر الوجه أوصغر.

وقد لوحظ أن بلورات المادة الواحدة تختلف عن بعضها البعض في حجم الأوجه ونسبة تكوينها ، وكذلك في عدد ونوع الأوجه والأشكال الموجودة على البلورات. ومن المشاهدات العامة أنه إذا نمت البلورة (كلورات الصوديوم مثلا)في محلول ، أثناء عملية التبلور داخل كأس مثلا ، وكان نموها على القاع ، فإنها لا تجد حرية في النمو إلى أسفل حيث تصطدم في قاع الكأس ، ولا يوجد محلول تنمو منه ولكنها تنمو إلى الجانبين وإلى أعلى بحرية. وتنتج لنا في هذه الحالة بلورة مسطحة أو مبططة ، أما إذا علقت هذه البلورة في المحلول فإنها تنمو بالتساوي في جميع الاتجاهات وتأخذ شكلا مكعبا. ويعرف الشكل الذي تظهره البلورة للعين باسم هيئة البلورة . ولا تتوقف هيئة البلورة على طبيعة المادة المكونة لها فحسب ، ولكنها تتوقف أيضا على الظروف التي أحاطت بالبلورة أثناء نموها. ومن ذلك يمكننا ان نقول أن هيئة البلورة تصف التكوين النسبي للأوجه أو الأشكال البلورية وكذلك عددها ونوعها ويجب ألا يغيب عن ذهننا أبدا أن مثل هذا التغيير في هيئة البلورة يحدث دون أن يتبعه أي تغيير - حتى ولو كان طفيفا - في الزوايا بين الوجهية.

إما بالنسبة للشكل الظاهري وما يشابه ، كأن تكون ابرية أو عمدانية أو مسطحة .. الخ ، أو بالنسبة للشكل البلوري الغالب في تكوين البلورة مثل هرمية أو منشورية أو مسطوحية... الخ .

الألفاظ الشائعة في وصف هيئة البلورة

- متساوية أو متساوية الأبعاد
- مسطحة أو نضدية
- صفائحية ، أو حتى ورقية
- عمدانية
- ابرية أو أليافية

وتوصف هيئة البلورة أيضا بالنسبة إلى الأشكال البلورية التي توجد أوجهها كبيرة ظاهرة على البلورة ، وغالبا على بقية أوجه الأشكال الأخرى. فمثلا ، قد تكون البلورات المكعبة مكعبة الهيئة أو ثمانية الأوجه أو اثنى عشر وجها معينا. وبلورات الرباعي قد تكون هرمية الهيئة أو منشورية أو مسطوحية. أما في فصيلتي السداسي والثلاثي فقد تكون البلورات هرمية أو منشورية أو مسطوحية أو

معينية الأوجه أو مثلثية الأوجه مزدوجة. وفي بلورات المعيني القائمة والميل الواحد والميول الثلاثة قد تكون الهيئة البلورية هرمية أو منشورية أو مسقوفية أو مسطوحية. وعندما تنتهي البلورة المنشورية

بأوجه بلورية من ناحية واحدة فقط فإنها توصف بأنها ذات طرف واحد أما اذا انتهت البلورة المنشورية بأوجه بلورية من الناحيتين فإنها توصف بأنها ذات طرفين.

1-7التحليل الكيميائي الكمي للمعادن

يتطلب الأمر في التحليل الكيميائي الكمي للمعادن تعيين كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن ، سواء أكانت كميات غالبة ، أم كميات قليلة ، أم شحيحة. ويتم ذلك باستعمال طرق كيميائية وفيزيائية معقدة ودقيقة ، وتحتاج في بعض الأحيان إلى بعض الوقت والجهد كما في طرق التحليل الكيميائي الكمية التقليدية الحجمية منها ، والوزنية ، التي تستخدم طرق المعايرة والترسيب المعروفة لدى الكيميائي والموجود تفاصيلها في مراجع علم الكيمياء التحليلية

ويمكن القيام بالتحاليل الكيميائية باستخدام الطرق الفيزيائية مثل التحليل الطيفي ، والتي تتم عن طريق تبخير أو حرق كمية بسيطة من مسحوق المعدن توضع في حفرة صغيرة في أحد قطبي الجرافيت في القوس الكهربائي للجهاز. ويتم تحليل طيف العناصر الموجودة في المعدن عن طريق منشور الكوارتز أو شبكية دقيقة . وبقياس كثافة وطول الموجات المميزة لكل عنصر يتم حساب كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن. وفي هذا الجهاز يمكن تعيين كمية العناصر الشحيحة التي تصل قيمتها إلى أجزاء قليلة من مليون جزء . وهناك جهاز آخر لا يحتاج إلى سحق المعدن أو حرقه ، إنما تعريض سطح مصقول من المعدن للأشعة السينية التي تحدث عملية تفلر أو إنطلاق أشعة أخرى ثانوية من العناصر المكونة للمعدن تتناسب شدتها وكثافتها وطول موجتها مع كمية كل عنصر ونوعه. وتعرف هذه الطريقة باسم طريقة التحليل التفلري بالأشعة السينية. وتستخدم المعامل الحديثة للتحاليل الكيميائية للمعادن أجهزة إلكترونية دقيقة يتم فيها تحليل المعدن وحساب كمية العناصر المكونة له حسابا كميا بطريقة آلية (الجهاز متصل بحاسب إلكتروني) في دقائق معدودات. ومن أمثلة هذه الأجهزة جهاز Electron microprobe. وهذه الأجهزة دقيقة جدا وتحتاج إلى خبرة في تشغيلها وصيانتها بالإضافة إلى ثمنها الغالي. ولكن ما تقوم به من أضعاف مضاعفة من التحاليل في وقت قصير جدا - إذا قورنت بطرق التحليل التقليدية - وبجهد بشري بسيط ، يبرر تجهيز معامل البحوث ودراسات المعادن بمثل هذه الأجهزة.

ويقدم التحليل الكيميائي الكمي نتائج التحليل في صورة نسبة مئوية بالوزن لكميات العناصر الداخلة في تركيب المعدن. ويمكن التعبير عن التركيب الكيميائي المميز للمعدن في صورة قانون يبين أسماء العناصر الداخلة في تركيب المعدن ونسب إتحادها. فمثلا نعبر عن التركيب الكيميائي الذي يميز معدن

هاليت بالقانون NaCl ، والذي يدل على أنه يوجد في معدن هاليت عدد متساو من أيونات الصوديوم والكلورين متحدة مع بعضها).

1-8الفحص في علم المعادن

1-8-1 الاختبارات الميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية

بهدف منع الإجهادات التي تنشأ في المعدات المعدنية عند الاستخدام من تجاوز الحدود المسموح بها، يجب اختيار المعدن المناسب لصنع أجزاء مختلف التصميمات الهندسية أو إجراء المعالجة الحرارية المجدية ويقتضي ذلك التعرف على الصفات النوعية للمعادن من خلال الاختبارات الميكانيكية

A-اختبارات القساوة

تعبرالقساوة عن مقاومة المعدن للاختراق من قبل جسم آخر أقسى منه. لا تعد القساوة صفة أساسية للمعدن، إلا أن ارتباطها بخاصيتي اللدونة والمرونة يؤكد عدم استقلالها عن الصفات الميكانيكية الأخرى، ويجعل تقدير بعض هذه الصفات مقاومة الشد على سبيل المثال ممكناً من خلال اختبارات القساوة البسيطة والسريعة .

يتم اختبار القساوة بالضغط على جسم قاس ذي شكل هندسي ملائم(كرة فولاذية، مخروط من الألماس)لإرغامه على الانغراس في العينة المدروسة تحت تأثير حمولة ثابتة، ويتم ذلك باستخدام مكبس هيدروليكي. وبغض النظر عن نوع الاختبار ، يتم التعبير عن القساوة بعدد يتناسب عكساً مع عمق الأثر (أو الطبعة) الذي يتركه الجسم المستخدم للانغراس على سطح العينة عند حمولة ثابتة، أو يتناسب طرداً مع الحمولة الوسطية التي أدت إلى حدوثه. وفيما يأتي عرض موجز لأكثر اختبارات القساوة شيوعا.

اختبار برنل

يتم الاختبار بإرغام كرة من الفولاذ (قطرها ١٠مم) على اختراق

سطح العينة تحت تأثير حمولة قدرها ٣٠٠٠كغ في حالة المعادن الحديدية،ثم يقاس قطر الأثر الذي تتركه الكرة على سطح العينة بعد ابعاد الحمولة. يعبرعن عدد القساوة في اختبار برنل بحاصل قسمة الحمولة (كغ)على مساحة الطبعة( )مم٢ .ويشار عادة الى قساوة معدن مادة بعدد القساوة متبوعا بالرمزHBوهو مختصر Brinell Hardness numberمع الاشارة الى قطر الكرة والحمولة وزمن تطبيقها.

يمكن للكرة الفولاذية المستخدمة جسماً ضاغطاً أن تتعرض للتشوه عند إجراء اختبار برنل على مواد قاسية نسبياً ما يؤدي إلى قياسات خاطئة. ولهذا السبب يفضل عدم استخدام اختبار برنل لمواد يتعدى عدد

قساوتها القيمة ٤٥٠، وقد أمكن باستخدام كرة من كربيد التنغستين جسماً ضاغطاً رفع سقف القياس في اختبار برنل حتى القيمة ٦٥٠ لعدد القساوة

اختبار رو كويل

تقاس القساوة في هذا الاختبار بتعيين عمق الأثر (وليس قطره) الذي تتركه كرة من الفولاذ القاسي أو مخروط من الألماس زاويته الرأسية ١٢٠ على سطح العينة. ويتم الضغط على طرف المخروط أو الكرة بتطبيق حمولة تمهيدية صغيرة مقدارها١٠كغ (لتعيين نقطة البداية للقياس) يتلوها تطبيق الحمولة الرئيسة وقدرها ٩٠ كغ (بحيث يصبح المجموع ١٠٠ كغ)، وتزاح الأخيرة ويقرأ عدد القساوة Rc وهو اختصار لكلمة Rockwellويشير إلى وحدة روكويل، الذي يعبر عن الفرق في عمق الأثر الذي تبلغه الحمولتان يشيع استخدام اختبار روكويل في الصناعة لسهولة إنجازه ودقته وصغر الأثر المتروك على العينة تتنوع الأجسام الضاغطة وكذلك الحمولات المستخدمة في اختبار روكويل، ويوافق كل منها سلماً معيناً للقياس. ففي السلم Aيستخدم مخروط ألماسي جسماً ضاغطاً وحمولة تساوي ٦٠ كغ؛ أما في السلم B فتستخدم كرة قطرها ١/١٦ إنش (١,٥٨٧٥مم) وحمولة قدرها ١٠٠ كغ أما في السلم Cفيستخدم مخروط من الألماس وحمولة قدرها ١٥٠ كغ. وينبغي ذكر السلم المختار للقياس عند ذكر قيمة عدد القساوة.

تقاس القساوة في اختبار روكويل حتى القيمة ٦٧ لعدد القساوة (٦٧ وحدة روكويل) عند استخدام مخروط من الألماس جسماً ضاغطاً، في حين تقاس حتى ١٠٠ وحدة روكويل عند استخدام كرة من الفولاذ كجسم ضاغط. وتجدر الإشارة إلى إمكانية تحويل عدد القساوة في اختبار برنل إلى القيمة الموافقة في سلم روكويل باستخدام جداول خاصة

اختيار فيكرز

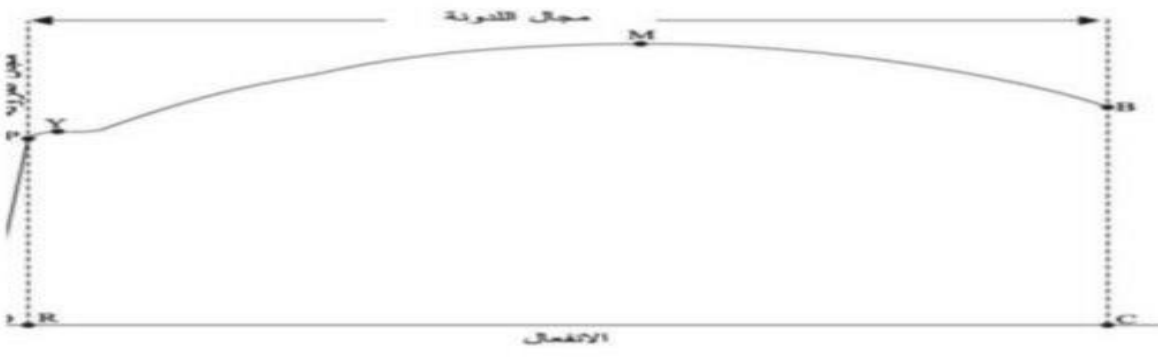
يستعمل للقياس هرم من الألماس ذو قاعدة مربعة الشكل، تكون الزاوية بين وجهين متقابلين منه ١٣٦ ، وتراوح الحمولة بين ١-١٢٠ كغ. وكما في طريقة برنل يتم التعبير عن عدد القساوة بدلالة الحمولة ومساحة الأثر (هرم مقلوب)الذي يتركه الجسم الضاغط فيقاس قطر القاعدة للأثر ثم يحول إلى عدد القساوة HVوهو اختصار لـ : Vickers Hardness numberبالعودة إلى الجداول يمكن استخدام اختبار فيكرز لتعيين قساوة مقاطع رقيقة ولدقته وحساسيته وسهولة إجرائه فهو يستخدم لتعيين القساوة في خطوط الإنتاج يتم التعبير عن القساوة المقيسة في اختباري برنل وفيكرز باستخدام الوحدات ذاتها، وتتفق القساوة في هذين الاختبارين عند قياس القساوة ضمن مجال يمتد حتى القيمة ٤٠٠ لعدد القساوة، ثم يصبح عدد القساوة في سلم فيكرز أعلى منه في سلم برنل عند تخطي هذه القيمة.

اختبار القساوة الميكروية

ان تسمية هذا الاختبار مضللة إلى حد ما، فقد توحي للوهلة الأولى إلى استخدامه لقياس قساوات منخفضة، مع أنه يشير إلى ضآلة المسافة التي يتغلغل بها الجسم الضاغط داخل العينة وللجسم الضاغط المستخدم نموذجان فيكرز وكنوب، والجسم الضاغط في كل منهما هرم من الألماس، إلا أن الهرم المستخدم بطريقة كنوب يترك على سطح العينة أثراً يمتاز بقطر كبير وآخر صغير بحيث تكون النسبة بينهما ٧/١ وكما في طريقة فيكرز يجري التعبير عن عدد القساوة في طريقة كنوب HKوهو اختصار لـ Knoop Hardness numberبتقسيم الحمولة(تراوح بين ١ ١٠٠٠غ)على مساحة الطبعة، ولذا يقاس القطر الكبير للطبعة باستخدام المجهر التعديني (الذي يعد الجزء الأساسي لجهاز القياس) أو صورة المقطع المجهري، ثم يحول باستخدام الجداول إلى عدد القساوة .HKيعد اختبار القساوة الميكروية اختباراً مخبرياً، ولصغر الحمولات المستخدمة فهو يستخدم لاختبار طبقة الطلاء الغلفاني للمعادن والمنتجات المعدنية الدقيقة، إضافة إلى استخدامه لتعيين قساوة مكونات البنية المجهرية للمعادن والسبائك (الحبيبات والحدود فيما بينها، والأطوار الموجودة فيها).

اختيار الخدش

يشتمل سلم القساوة الذي وضعه F.Mohsعلى عشرة فلزات مختلفة ثم ترتيبها وفقاً لتزايد قساوتها من واحد حتى عشرة. يبدأ هذا السلم بالتلك سيلكات ذوو ض المغنزيوم المانية (١)، ويليه الجبس $CaSo_4 2H_2o$ ن (٢) وهكذا صعوداً حتى الكورندم (أكسيد الألمنيوم AL_2O_3 الطبيعي) (٩) والألماس (١٠) فإذا أمكن خدش مادة مجهولة عند حكها بالمادة رقم ٧ وتعذر خدشها بالمادة رقم ٦ فإن قساوتها تقع بين القيمتين ٦ و ٧. يستخدم اختبار Mohs في علم الفلزات على نطاق واسع إلا أنه نادر الاستخدام في مجال علم التعدين.



المخطط إجهاد – إنفعال

B-اختبار الشد للمعادن والسبائك المعدنية

عند تعرض جسم لقوى خارجية تسعى إلى تغيير شكله وأبعاده، فإن الجسم يقاوم فعل هذه القوى. تدعى المقاومة الداخلية التي يبديها الجسم «الإجهاد » ، ويدعى التغير في الأبعاد «التشوه أوالانفعال . يجرى اختبار الشد باستخدام آلة خاصة على عينات أسطوانية أو مسطحة يتم إعدادها بطريقة خاصة تثبت العينة من طرفيها طول العينة ٢٠٠ مم، قطر مقطعها ٢٠ مم في آلة الاختبار، ثم تشد نحو الأعلى بتثبيت الطرف السفلي بتطبيق الحمولة تدريجياً على طول محور العينة بوساطة مكبس هيدروليكي حتى تمام تمزق العينة إلى نصفين. يقاس مقدار الاستطالة أو التشوه من أجل كل قيمة للحمولة أو تسجل قيمة الحمولة ومقدار الاستطالة باستخدام تجهيز خاص يرسم مباشرة المخطط إجهاد انفعال الذي يمثل الحمولة بدلالة الاستطالة.

تزداد استطالة العينة طرداً مع الحمولة مع بدء التحميل (المستقيمOP)ويدعى الإجهاد الأعظمي الموافق للنقطة P التي تظل العلاقة إجهاد - انفعال خطية حتى بلوغها حد التناسب ، وتعين قيمته بتقسيم الحمولة (مقدرة بالنيوتن)على مساحة المقطع الأصلي للعينة (م٢) . إذا كان إجهاد العينة أقل من حد التناسب فإن التشوه يكون مرناً ويختفي فور إزاحة الحمولة وعملياً يمكن القول إن لحد التناسب وحد المرونة القيمة ذاتها من أجل كثير من المعادن. ويُعد حد المرونة أو حد التناسب سمة أساسية للمعدن يؤخذ بها عند تصميم مختلف الآلات، فيراعى دوماً عدم تجاوز الإجهاد حد المرونة في المعدن الذي تصنع منه. وإذا تعدى الإجهاد حد التناسب فإن العلاقة الخطية لن تعود قائمة، ويدوم التشوه بعد إزاحة الحمولة وتصبح النقطة P نقطة انعطاف ينحني بعدها المستقيم OP مشكلاً عتبة أفقية نسبياً عند حمولة معينة. يدعى الإجهاد الموافق للنقطة y نقطة الاستسلام أو الخضوع وتعبر عن الإجهاد الذي يتشوه عندها المعدن من دون أي تغير ملحوظ في الحمولة (يستسلم). وتؤدي الزيادة اللاحقة للحمولة إلى تزيد

الاستطالة على طول YM وتخصر العينة (تناقص مساحة المقطع في منطقة الشد) على طول MB ومن ثم إلى تمزق العينة إلى قسمين.

يدعى الإجهاد الأعظمي الذي يستطيع المعدن مقاومته من دون أن يتمزق مقاومة الشد القصوى ويعين بتقسيم الحمولة الأعظمية التي توافق النقطة M على مساحة المقطع الأصلي للعينة. وتجدر الإشارة إلى أن المواد القصيفة تنكسر عند بلوغ النقطة M، في حين تستمر المواد ذات اللدونة (قدرة المعدن على التشوه غير المرن من دون أن يتمزق) العالية بالامتطاط. يدعى الإجهاد الموافق لكسر العينة (النقطة B) مقاومة الكسر، ويعين بتقسيم الحمولة التي أدت إلى الكسر على مساحة المقطع الأصلي للعينة، وتكون مقاومة الكسر أصغر دوماً من المقاومة القصوى، أما في حالة المواد القصيفة فتكونان متساويتين. وتعد استطالة العينة في اختبار الشد قياساً للدونة المعدن، إذ تعبرمطيلية المعدن عن قدرته على التشوه اللدن من دون أن ينكسر، وتعين بمقدار الاستطالة النسبية للعينة معبراً عنها بنسبة مئوية أو بالتناقص النسبي لمساحة مقطع العينة في اختبار الشد.

اختبار الصدم

يجرى هذا الاختبار على عينة قطعة من المعدن المدروس طوله٦٠ مم ذات مقطع مربع من جانبيها طول ضلعه (١٠مم) تم حزها (على شكل حرف V)في منتصف أحد وجوهها الجانبية ، تثبت من طرفيها ثم تعرض للصدم (في الموقع الذي يحوي الحز بطريقة إيزوت وفي الجانب المقابل بطريقة شاربي) بجعل نواس ثقيل (يتصل بمطرقة) يهوي عليها من ارتفاع قياسي معين يختلف باختلاف طبيعة العينة . يستخدم النواس جزءاً من طاقته لكسر العينة ويرتد حتى ارتفاع أقل من السوية التي كان عندها قبل الصدم. ويمثل جداء الثقل والفرق بين الارتفاع البدائي والارتفاع بعد الصدم العمل (الطاقة) المبذول لكسر العينة. ويعبر مقدار الطاقة المناسب لكسر العينة عن المتانة النسبية للمعدن، فتزداد متانة المعدن بازديادها. وهكذا فإن الاختبار لا يعطي المتانة الحقيقية للمعدن وإنما يدل على نمط سلوكها بوجود حز أو شرخ معين، فهو يصلح لأغراض المقارنة الوصفية للمواد في ظروف تشغيل تماثل هذا الاختبار. تمثل مقاومة العينة للكسر بحاصل قسمة العمل المبذول لكسرها على مساحة مقطع العينة في مكان الكسر.

C-اختبار الكلل

يجري كسر العينة في اختبار الشد بتطبيق إجهادات تفوق المقاومة القصوى، ومع ذلك يمكن أن يحدث الكسر بوجود إجهادات أخفض منها بكثير – من دون أن يلاحظ أي تشوه في العينة – إذا تغيرت الحمولة (أو الإجهادات) وتكرر تأثيرها عدداً كبيراً من المرات. تدعى هذه الظاهرة كلل المعدن، وتبدأ بتصدع دقيق ينمو تدريجياً تحت تأثير الإجهادات المتكررة.

D-اختبار التحمل

يجري اختبار التحمل بتعريض العينة لحمولة يتغير مقدارها وجهتها كالانضغاط أو الشد أو الثني أو الصدمات المتكررة. وتبرز في هذا الاختبار علاقة بين قيمة الحمولة وعدد الدورات التي تصمد حيالها العينة قبل أن يدركها التمزق. ويدعى الحد الذي تصمد عنده العينة خلال عدد معين من الدورات حد التحمل.

1-8-2الطرق الفيزيائية والكيمياوية لدراسة المعادن والسبائك المعدنية واختبارها

التحليل الحراري

يتضمن التحليل الحراري تعيين درجة الحرارة التي يحدث عندها التحول الطوري بتعيين درجات الحرارة التي توافق الانكسارات أو العتبات التي تبديها منحنيات التبريد [السبيكة (الخليطة)]. ويجرى التحليل الحراري التفاضلي بتعيين الفرق في درجة الحرارة بين العينة المدروسة ومادة أخرى قياسية لا تعاني تحولاً طورياً عند تبريدهما سوياً في شروط متماثلة. وتمثل نتائج هذا التحليل على شكل منحنيات تبين تغير فرق درجة الحرارة بدلالة الزمن. وتبدي هذه المنحنيات تزايداً حاداً للفرق في درجة الحرارة لحظة حدوث التحول الطوري.

قياس التغير في الحجم

يستخدم قياسات التمدد الحجمي لتعيين درجة الحرارة التي يحدث عندها التحول الطوري. ويتم ذلك بتتبع تغيرات طول العينة أثناء التسخين أو التبريد. وتشير تغيرات طول العينة إلى التغير في الحجم الذي يرافق التحول الطوري في المعدن.

طرائق القياس الكهربائية

تعتمد المقاومة الكهربائية النوعية للمعادن على طبيعتها الفيزيائية وتتغير تبعاً لتغير البنية والتكوين. وتعد تغيرات المقاومة النوعية للسبائك التي تتبع تراكيز العناصر المكونة للسبيكة مؤشرات مهمة لبنية السبائك وطبيعتها.

الطرائق المغنطيسية

يمكن من خلال دراسة التغيرات في الصفات المغنطيسية – التي تحدث عند تغير التكوين أو نمط المعالجة – فهم التحولات الطورية التي تطرأ على المعادن ذات المغنطيسية الحديدية Fe و Co و Ni وسبائكها. وتستخدم هذه الطريقة أيضاً اختباراً غير إتلافي لتحديد العيوب السطحية في أجزاء المعدات (التصدعات الشعرية)، ويتم ذلك بتغطيسها في حمام زيتي يحوي معلقاً لدقائق من مادة مغنطيسية فتنجذب هذه الدقائق متجمعة على حواف الصدع الموجود في سطح المعدن.

استخدام النظائر المشعة

تتم هذه الطريقة بإضافة قليل من المادة المدروسة بعد وسم الذرات فيها إلى العينة وتتبع الذرات الموسومة من خلال صفاتها الإشعاعية. تستخدم هذه الطريقة في التعدين الفيزيائي لدراسة عمليات الانتشار ونمط توزع العناصر في السبيكة وللتعرف على طبيعة مكوناتها.

اختبار المعادن والسبائك باستخدام الأمواج فوق الصوتية

تستخدم هذه الطريقة لتعيين العيوب الداخلية في المعدن أو السبيكة(التصدعات الفجوات الغازية وغيرها). فيمكن الكشف عن العيب البنيوي داخل المعدن وتعيين شكله بتسجيل الأمواج المنعكسة أو طاقة الأمواج المخترقة للمعدن يشتمل الاختبار باستخدام الأمواج فوق الصوتية على عدة طرائق للدراسة (طريقة النبضات الطنينية، الظليلية).

اختيار الصفات الكيمياوية للمعادن والسبائك المعدنية

يمكن وصف السلوك الكيمياوي للمعادن وسبائكها كتابع لتكوينها، وبنيتها، ونمط معالجتها، وذلك بتعيين مدى تأثرها بمختلف عوامل التآكل ويتم الاختبار بحفظ عينات من المعدن في أوساط مختلفة تماثل البيئة التي سيستخدم فيها. ويتم التعبير عن نتائج الاختبار بدلالة سرعة عملية التآكل(نقصان كتلة العينة بعد إزالة نواتج التآكل عن سطح العينة في وحدة السطوح خلال فاصل زمني محدد). ومن خلال سرعة التآكل يمكن تقدير العمق الذي يبلغه فعل التآكل داخل المعدن وتستخدم هذه الطريقة إذا كان التآكل متماثلاً على كامل السطح، إلا أنها لا تصلح إذا كان موضعياً. ففي حالة التآكل بالتنقر يمكن عن طريق الفحص المجهري لسطح العينة قياس كثافة بؤر التآكل (عددها في وحدة السطوح) وعمق كل منها. وتجدر الإشارة إلى أن تغير الصفات الميكانيكية يعد مؤشراً آخر لتقدم عملية التآكل، إذ يرافق التآكل الشامل الذي

يؤدي إلى نقصان مساحة مقطع العينة انخفاض مقاومة الشد القصوى، أما التآكل في الصدوع فقد يؤدي أيضاً إلى انخفاض اللدونة (الاستطالة النسبية).

الفصل الثاني

الخواص الفيزيائية للمعادن

الفصل الثاني

الخواص الفيزيائية للمعادن

2-1المقدمة

المعدن هو كل مادة صلبة متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية ، ويتميز بأن له بناء ذريا منظما وتركيبا كيميائيا مميزا . وقد رأينا كيف يظهر البناء الذري المنظم في هيئة بلورة تحدها أوجه بلورية مرتبة حسب عناصر تماثلية مميزة ، وتميل على بعضها البعض بزوايا ثابتة. وأن كل معدن يمكن التعرف عليه وتمييزه عن معدن آخر إذا وجد في هيئة بلورة كاملة الأوجه ، أو حتى في وجود بعض الاوجه. ولكن نظرا لأن المعادن توجد في الطبيعة – في معظم الحالات – في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية متبلورة ، مثل التوائم ، والبلورات النطاقية ، والمجموعات غير المنتظمة والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية .. الخ ، غالية الثمن. وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن - إعتمادا على خواص أوجهه البلورية وتوزيعها – مستحيلا ، لذلك فإننا نلجأ إلى طريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييزه عن غيره. هذه الطريقة هي الإستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خواص سهلة التعيين. ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء الذري والتركيب الكيميائية فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن والخواص الفيزيائية التاليةلا يمكن حصرها في ستة أقسام يمكن تعيينها في العينات اليديوية دون الحاجة إلى الإستعانة بأجهزة خاصة معقدة

أما إذا كانت عينة المعدن صغيرة لدرجة لا تسمح بتعيين هذه الخواص الفيزيائية ، أو أن تعيين هذه الخواص الفيزيائية لم يؤد إلى تحقيق المعدن تحقيقا مؤكدا والتعرف على إسمه ، أو أريد الحصول على معلومات تفصيلية مرتبطة بالبناء الذري والوحدة البنائية ، وأبعادها وخواصها التماثلية ، والخواص الفيزيائية التفصيلية للمعدن ، فإننا نلجأ إلى إستخدام أجهزة متخصصة للحصول على هذه المعلومات وتحقيق المعدن ، مثل الميكروسكوب المستقطب (بنوعيه للمعادن الشفافة والمعادن المعتمة) ، وحيود الأشعة السينية ، والتحليل الحراري التفاضلي ، والتحليل الطيفي الإمتصاصي بالأشعة دون الحمراء .

١ خواص بصرية : وهذه خواص تعتمد على الضوء ، ومن أمثلتها البريق ،واللون ، وعرض الألوان ، والتضوء ، والشفافية ، والمخدش.

٢-خواص تماسكية : وهذه خواص تعتمد على تماسك مادة المعدن ومدة مرونتها، ومن أمثلتها الصلادة ، والإنفصام ، والإنفصال ، والمكسر ، والقابلية للطرق والسحب.

٣-خواص كهرومغناطيسية: وهذه خواص تتوقف على الكهربائية والمغناطيسية ، ومن أمثلتها الكهرباء الحرارية ، والكهرباء الضغطية والمغناطيسية.

٤-الوزن النوعي: أو بمعنى آخر كثافة المعدن بالنسبة لكثافة الماء.

٥- خواص حرارية : تضم هذه الخواص أنواع عدة مثل حرارة التكوين ، وحرارة التبلور ، والتوصيل الحراري ، والتمدد الحراري ، وحرارة الذوبان ، والقابلية للإنصهار . ولكن أهم هذه الخواص بالنسبة للتعرف على المعدن هي خاصية القابلية للإنصهار.

٦-خواص أخرى مثل المذاق ، الملمس ، والرائحة ، والنشاط الإشعاعي.

2-2 الخواص البصرية

2-2-1البريق

هو عبارة عن المظهر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس. أو بعبارة أخرى هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن . والبريق من الخواص الهامة في التعرف على المعدن. ويمكن تقسيم بريق المعادن إلى نوعين: فلزي ولا فلزي وهناك معادن لها بريق وسط بين الإثنين.

البريق الفلزي : هو ذلك البريق الذي تعطيه الفلزات.ومن امثلة المعادن التي لها بريق فلزي بيريت(FeSz) ، وجالينا (PbS) ، ومثل هذه المعادن تكون معتمة وثقيلة الوزن.

أما أنواع البريق الأخرى فتوصف بأنها لا فلزية , ونلاحظ أن المعادن ذات البريق اللافلزي – بصفة عامة – تكون فاتحة اللون ، وتسمح بمرور الضوء خلالها وخصوصا في الأحرف الرفيعة. ويشمل البريق اللافلزي الأنواع الآتية:

. بريق زجاج : مثل بريق الزجاج ومن أمثلته بريق الكوارتز .

. بريق ماسي : مثل بريق الألماس الساطح. ويعطي هذا البريق بواسطة المعادن ذات معاملات الإنكسار العالية.

. بريق راتنجي : مثل سطح ومظهر الراتنج أو الكهرمان ، ومن أمثلته بريق الكبريت ، وسفاليريت (ZnS.).

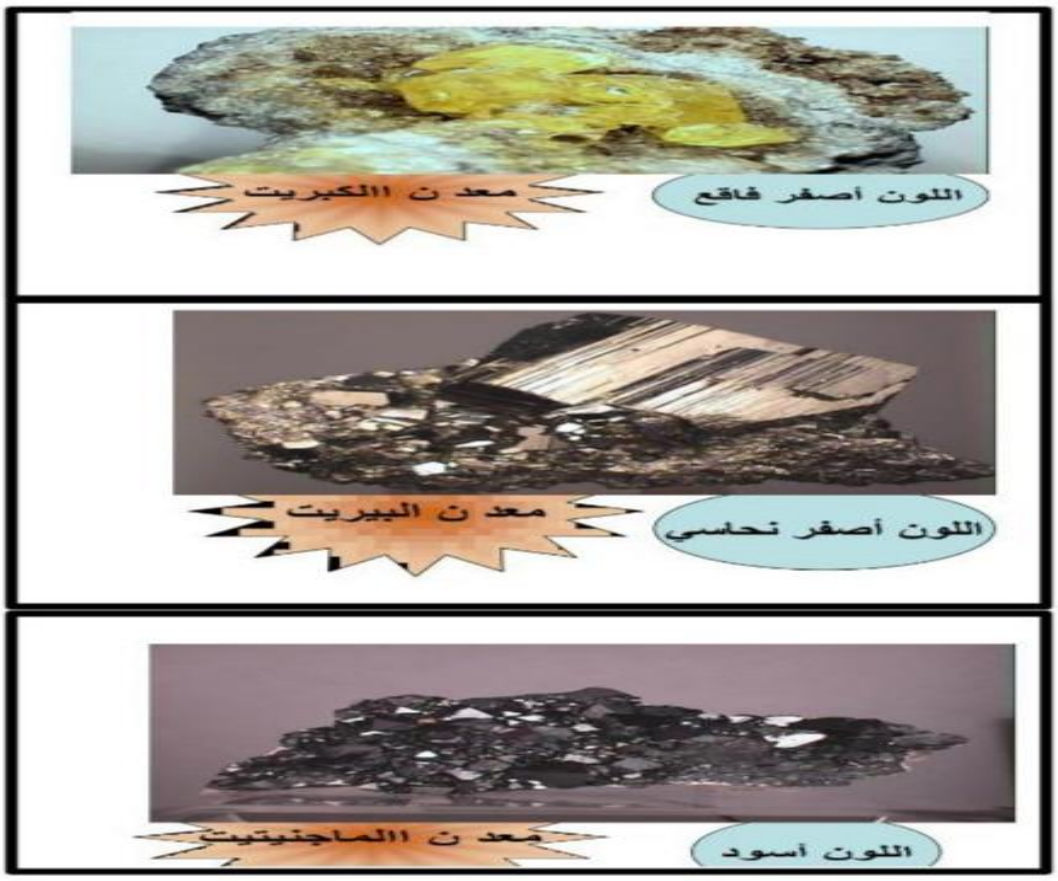
. بريق لؤلؤي : ويشبه هذا البريق بريق اللؤلؤ ، ومن أمثلته بريق التلك (الطلق) Mg (OH)

. بريق حريري : مثل الحرير ، وينتج عن المعادن التي في هيئة ألياف ، ومن أمثلته بريق أحد أنواع الجبس المعروف بإسم ساتنسبار .

. بريق أري أو مطفي : عندما يكون السطح غير براق أي مطفي ، ومن أمثلته بريق معدن الكاولين AL(OH). وتبعا لمقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن (أي كثافته يقال للبريق ساطح أو لامع أو براق أو مطفي).

2-2-2اللون

ينتج لون المعدن عن طول الموجة أو الموجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر في شبكية العين لتعطي الإحساس باللون. ويعتبر لون المعدن من أول الخواص الفيزيائية التي تشاهد ، ووسيلة هامة جدا تساعد على التعرف على المعدن بالرغم مما هو معروف من أن اللون لا يمثل صفة أساسية في المعدن ، إذ كثيرا ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في كيان المعدن. وهناك معادن لها لون ثابت يساعد في التعرف عليها مثل الكبريت (أصفر) والملاكيت Cu (OH) ، الماجنتيت (Fe_2 O_4) (أسود) ، السنبار (HgS) (أحمر). ويجب ملاحظة لون المعدن على سطح حديث خال من التغيرات التي تطرأ على سطح المعدن المكشوف للعوامل الخارجية ، مثل الصدأ والتحلل الأكسدة والكربنة والتموه التي تسبب تغير لون المعدن الأصلي.



اما المعادن التي ليس لها لون ثابت ، أي التي تظهر ألوانا مختلفة في العينات المختلفة ، فيعزى إختلاف اللون فيها إلى أسباب عدة. فقد يكون السبب كيميائيا أي نتيجة لإختلاف التركيب الكيميائي من عينة إلى أخرى ، مثل معدن سافليريت ، الذي يختلف لونه من البني الأصفر إلى الأسود ، وذلك بسبب كثرة الحديد في هذه الحالة. وقد يكون السبب في تغير اللون وجود شوائب تعمل عمل الأصباخ فتصبغ المعدن بلون مخالف للونه إذا كان نقيا ، ومن الأمثلة المعروفة أنواع الكوارتز الوردي ، والكوارتز البنفسجي ، والكوارتز الأحمر خفي التبلور ، المعروف باسم جاسبر ، إذ تنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكسيد الحديديك(اللون الأحمر) أو أكاسيد المنجنيز (اللون البنفسجي) ، والمعروف أن الكوراتز النقي شفاف اللون. وقد يعزى التغير في اللون إلى البناء الذري للمعدن حيث توجد بعض الروابط بين الذرات "مكسرة" ، كما هو الحال في معدن الكوارتز المدخن (له لون الدخان). وقد يكون اللون موزعا في المعدن الواحد في هيئة حلقات أو نطاقات منتظمة حول بعضها البعض مثل معدن أجيت(كوارتز خفي التبلور) ، وتورمالين ،(سليكات الألومنيوم والبورون والمغنيسيوم والحديد)

عرض الألوان

يقال للمعدن إنه يظهر عرضا للألوان عندما يعطي ألوانا مختلفة في تتباع عندما يدار المعدن ببطء أو عندما تحرك العين بالنسبة إلى المعدت ذات اليمين أو ذات اليسار. ومن أمثلة المعادن التي تعطي عرضا للألوان الألماس(نتيجة لقوة التفرق الضوئي)، لابرادوريت(سليكات الألومنيوم والكالسيوم والصوديوم)نتيجة لإنعكاس الضوء من أسطح مكتنفات صفائحية داخل المعدن. وخاصية الأوبال أو اللألأة هي إحدى أنواع عرض الألوان ، ويظهرها معدن الأوبال $(SiO_2.nH_2O)$ في النوع الذي يستعمل في الأحجار الكريمة ، حيث تنتج الألوان المتلالئة من الإنعكاس الداخلي في المعدن.

أما التصدؤ ، فهو تغير في الألوان على السطح نتيجة لتحلل المعدن الأصلي وتكون طبقة سطحية من نواتج التحلل ، أي أن لون السطح يختلف عن لون سطح مكسور حديثا . ومن أمثلة المعادن التي يظهر عليها التصدؤ النحاس والبورنيت (cu_5FeS_4) وخاصية عين الهر ، هي عبارة عن البريق الحريري المتموج الذي يتغير بإختلاف إتجاه البصر. يظهر مثل هذا البريق المتموج على سطح المعادن ذات النسيج الأليافي(أي وحداتها توجد في هيئة ألياف) مثل معدن ساتنسبار (الجبس الأليافي).

3-2-2 التضوء

يوصف المعدن بأنه متضوء(أي يعطي ضوءا) ، إذا حول الأشكال الأخرى من الطاقة إلى ضوء . وينتج التضوء عند التعرض للحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية .. الخ. ويختلف لون التضوء عن اللون الأصلي للمعدن ، وألوان التضوء دائما ألوان باهرة ساطعة. مثلا ، تعطي بعض أنواع معدن الكالسيت عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية ألوانا حمراء باهرة ، أما معدن ويلييميت فإنه يعطي لونا أخضر ساطعا وعندما تنتج ألوان التضوء أثناء التعرض للمؤثر فقط فإنها تعرف باسم التفلر وقد اشتق اسم هذه الخاصية من معدن فلوريت [CaF2] الذي تبدي بعض أنواعه هذه الخاصية. أما إذا استمرت ألوان التضوء عقب زوال المؤثر فإنها تعرف باسم التفسفر .وقد لوحظت خاصية التفسفر منذ حين عندما كانت تظهر بعض المعادن – التي كانت معرضة لضوء الشمس – ساطعة بألوان جذابة ، بعد نقلها إلى حجرة مظلمة.

وخاصية التفلر أكثر إنتشارا بين المعادن عن غيرها من أنواع التضوء الأخرى. ومن أمثلة المعادن التي تبدي في معظم الأحيان خاصية التفلز نذكر – بالإضافة إلى الكالسيت والفلوريت والويللميت – شيليت الألماس ، الأوتونيت، سكابوليت ، ولا يمكن التنبؤ بخاصية التفلر إذ نلاحظ أن بعض عينات المعدن الواحد تتفلر ، بينما عينات أخرى لنفس المعدن لا تتفلر.

وتستعمل الأشعة فوق البنفسجية عادة في الكشف عن خاصية التفلر ، ويجرى الإختبار في مكان مظلم. والأجهزة المستخدمة تستعمل عادة مصابيح بخار الزئبق أو أنابيب الأرجون أو غيرها من مصادر إنتاج الأشعة فوق البنفسجية ، وقد تكون هذه الأجهزة من النوع الثابت الذي يستخدم التيار الكهربائي ، أو من النوع المتنقل الذي يستخدم بطاريات ، حيث يسهل حمل الجهاز والتنقل به ، مما يساعد على إستكشاف المعادن المتفلرة داخل الكهوف والمناجم.

2-2-4الشفافية

تعبر هذه الخاصية عن قدرة المعدن على إنفاذ الضوء . وتعرف المعادن التي تسمح برؤية الأجسام من خلالها بوضوح وسهولة باسم معادن شفافة . فإذا بدت الأجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف . أما المعدن المعتم فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء حتى خلال أحرفه الرفيعة. ومن أمثلة المعادن المعتمة البيريت ، الجالينا ، الجرافيت ، الكالكوبيريت.

2-2-5 المخدش

يقصد بمخدش المعدن لون مسحوقه الناعم . ويمكن معرفة لون المسحوق (المخدش) بسهولة بواسطة حك المعدن على سطح لوح من الخزف الأبيض المطفي يعرف باسم لوح المخدش ، وملاحظة لون المسحوق الناتج ، وليس من الضروري أن يكون لون المعدن مثل مخدشه ، فمثلا معدن بيريت لونه كالنحاس الأصفر ولكن مخدشه أسود ،والكروميت (FeCr204)لونه أسود ومخدشه بني. ولما كان المخدش خاصية ثابتة بالنسبة للمعدن الواحد لذلك فإن تعيينه بالنسبة للمعادن ذات الألوان المتغيرة يعتبر ذا أهمية كبرى ، إذ يساعد كثيرا على التعرف على المعدن. كذلك نلاحظ أن كثيرا من المعادن التي تشترك في لون واحد تختلف في مخدشها. فمثلا بعض عينات الماجنتيت(Fe304)والهيماتيت (Fe203،)والجوتيت($HFeO_2$) تكون سوداء اللون ، ولكن إذا حققنا مخدشها وجدنا للمجانتيت مخدشا أسود ، في حين يكون للهيماتيت مخدشا أحمر ، أما الجوتيت فنجد أن مخدشه أصفر بني.

عندما يكون المعدن صلدا جدا فإنه لا ينخدش على لوح المخدش ليترك أي مسحوق يمكن تمييز لونه ، بل على العكس ربما يخدش اللوح نفسه. وفي مثل هذه الحالة تكسر قطعة صغيرة من هذا المعدن الصلد ونطحنها طحنا كاملا ونشاهد لون المسحوق الناتج.في أحوال خاصة نستعمل لوحا خزفيا لامعا ونشاهد لون الأثر الذي يتركه المعدن عليه ، فقد وجد أن هذا الأثر على اللوح اللامع يساعد في التفرقة بين معدن

الجرافيت ذي المخدش الأسود اللامع وبين الموليدينيت (MoS_2) ذي المخدش المائل للخضرة كلا المعدنين يشبهان بعضهما البعض في كثير من الخواص الفيزيائية.

2-3الخواص التماسكية

2-3-1الصلادة

الصلادة لفظ يعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها المعدن تجاه الخدش والتآكل. ويمكن تعيين درجة الصلادة بملاحظة السهولة أو الصعوبة التي ينخدش بها المعدن بواسطة دبوس أو نصل سكن حاد. وتتراوح درجة الصلادة في المعادن بين تلك الدرجة المنخفضة في معدت التلك الذي يمكن خدشه بواسطة الظفر وتلك الدرجة العالية في معدن الألماس الذي يعتبر أصلد مادة معروفة سواء أكانت طبيعية أم صناعية. وتعتبر الصلادة من الخواص الفيزيائية الهامة للمعدن ، لأنه يمكن تعيينها بسرعة وبذلك تساعد في التعرف على المعدن.

ويمكن تعيين صلادة المعدن تعيينا نسبيا ، وذلك بمقارنتها بصلادة المعادن المرتبة تبعا لزيادة درجة صلادتها في مقياس الصلادة المعروف باسم مقياس موهس للصلادة ، الذي يحتوي على عشرة معادن تبتدئ بأقل المعادن صلادة وهو التلك وتنتهي بأكثر المعادن صلادة وهو الألماس ، وبين الإثنين يوجد ثمانية معادن لها أرقام تمثل درجة الصلادة النسبية من ٢ إلى ٩

مقياس موهس للصلادة

Talc	تلك	1
Gypsum	جبس	2
Calcite	كالسيت	3
Fluorite	فلوريت	4
Apatite	الأباتيت	5
Orthoclase	الأرثوكليز	6
Quartz	كوارتز	7
Topaz	التوباز	8
Corundum	الكورندم	9
Diamond	الماس	10

٣- الكالسيت

٤- فلوريت

٥- أباتيت

- أرثوكليز

٧- الكوارتز

٨ - التوباز

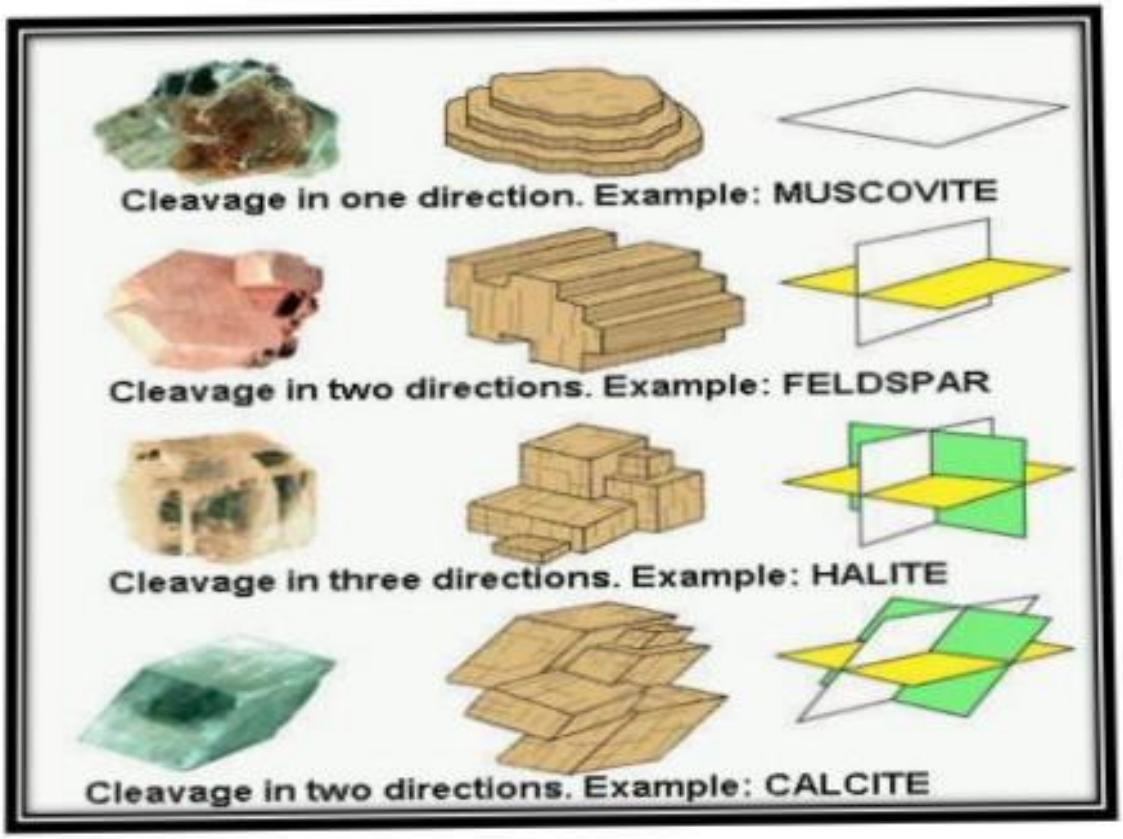
٩- الكورانـدوم

١٠- الماس

2-3-2الإنفصام

هذه الخاصية هي التي بموجبها ينفصم المعدن أو يتشقق بسهولة في إتجاهات معينة ، وينتج عنها سطوح جديدة تعرف باسم مستويات الإنقصام ، وتمثل هذه المستويات أوجها بلورية ممكنة على بلورة المعدن ، إذ أن الترتيب الذري الداخلي للبلورة هو الذي يتحكم في تكوين وإتجاه هذه المستويات الإنفصامية ، تماما كما يتحكم في تكوين وإتجاه الأوجه البلورية. ويحدث الإنفصام دائما في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برباط ضعيف.

ينفصم المعدن نتيجة لدقه أو ضغطه في إتجاه معين بواسطة حرف نصل سكين حاد . ويوصف الإنفصام تبعا لسهولة حدوثه وإكتماله بالصفات التالية: كامل ، واضح أو جيد ، غير كامل ، صعب أو ضعيف .



ويدل على الإنفصام في المعدن وجود شروخ أو خطوط منتظمة المسافات والبعد والإتجاهات على سطح ناعم للمعدن ، هذه الشروخ أو الخطوط هي عبارة عن الأثر الذي يتركه الإنفصام على سطح المعدن وفي هذه الحالات التي نشاهد فيها آثار الإنفصام لا يوجد ما يبرر مطلقا تكسير عينة المعدن أو محاولة فصمها إلى شرائح بواسطة نصل السكين.

العائلة		الصيغة الكيميائية (١)	الانفصام
الأوليفين		$(Mg , Fe)_2 SiO_4$	لا يوجد
مجموعة البايروكسين		$(Mg , Fe) SiO_3$	باتجاهين متعامدين
مجموعة الأمفيبول		$(Ca_2Mg_5)Si_8O_{22}(OH)_2$	باتجاهين بزوايا ٦٠°، ١٢٠°.
المايكا	المسكوفيت (مايكا بيضاء)	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	باتجاه واحد
	البيوتيت (مايكا سوداء)	$K(Mg , Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$	
الفلسبار	الأورثوكليز	$KAlSi_3O_8$	باتجاهين متعامدين
	البلاجيوكليز	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$	
الكوارتز		SiO_2	لا يوجد

2-3-3الإنفصال

هو مستويات ضعف ، مثل الإنفصام إلا أنه لا يتكون عموما نتيجة للبناء الذري الداخلي للمعدن ، بل نتيجة عوامل أخرى مثل الضغط أو التوأمية. ولما كانت هذه المستويات وخصوصا المستويات التوأمية موازية لمستويات بلورية فإن الإنفصال يشبه الإنفصام. ولكن الإنفصام يختلف عن الإنفصام في أن الإنفصال لا يوجد بالضرورة في جميع عينات المعدن الواحد ، ولكن يشاهد فقط في تلك البلورات التوأمية أو التي تعرضت إلى ضغط مناسب. وحتى في مثل هذه الحالات التي يشاهد فيها الإنفصال فإن عدد مستويات الإنفصال في الإتجاه الواحد محدودة ، وتبعد هذه المستويات الإنفصالية عن بعضها البعض بمسافات غير متساوية عموما. ومن أشهر أمثلة الإنفصال الذي يحدث في المستويات التوأمية والتركيبية (مستويات ضعف في البناء) ذلك الإنفصال القاعدي في معادن البيروكسين ، والإنفصال معيني الأوجه في الكوراندوم ، والإنفصال ثماني الأوجه في الماجنتيت

2-3-4المكسر

المكسر هو نوع السطح الناتج عن كسر المعدن في مستوى غيرمستوى الإنفصام المعادن التي ليس فيها إنفصاما مكسرا بسهولة ، وتستخدم الصفات التالية في وصف الأنواع المختلفة من المكسر

- **محاري: عندما يشبه السطح المكسور الشكل الداخلي لصدفة المحارة ، أي يكون في هيئة خطوط مقوسة دائرية مثل مكسر قطعة سميكة من الزجاج ، ومن أمثلته مكسر الكوارتز.**
- **خشن: عندما يكون السطح الناتج جاف غير منتظم وهو منتشر بين كثير من المعادن ، مثل البيريت ، والباريت.**
- **مستوي: عندما يكون المكسر أملس تقريبا.**
- **ترابي: سطح غير منتظم يعطي بواسطة المعادن الترابية ، مثل الكاولينيت ومعادن البوكسيت.**
- **مسنن: عندما يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة مدببة ، مثل مكسر قطعة من النحاس (شظايا القنابل).**

المكسر المحاري في الأوبسيديان

2-3-5خاصية الطرق والسحب (التماسك)

وهي المقاومة التي يبديها المعدن نحو الطرق والكسر والطحن والإنثناء ، أو بالإختصار تماسك المعدن. فتستخدم الألفاظ التالية في وصف الأنواع المختلفة من تماسك المعدن.

- قابل للكسر: يتكسر المعدن إلى مسحوق بسهولة مثل البيريت.
- قابل للطرق: عندما يمكن طرق المعدن إلى صفائح رقيقة ، مثل الذهب ، والنحاس ، والفضة.
- قابل للسحب: عندما يمكن سحب المعدن إلى أسلاك ، مثل الذهب ، والنحاس ، والفضة.
- قابل للقطع: عندما يمكن قطع المعدن إلى قشور يمكن طحنها مثل الجبس.
- قابل للإنثناء: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ، وفي هذه الحالة لا يعود المعدن إلى شكله الأصلي إذا زال الضغط ، مثل الكلوريت والمولدينيت ، والجرافيت.
- مرن: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ، ولكن بمجرد زوال الضغط يستعيد المعدن شكله الأصلي مثل البيوتيت والمسكوفيت.

2-4الخواص الكهربائية والمغناطيسية

2-4-1الكهرباء الحراري

هي الخاصية التي بموجبها تتكون على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لتسخينه ،وتوجد هذه الخاصية في البلورات ذات التماثل الأدنى ، خصوصا البلورات نصف الشكلية ، أي التي لها طرفان مختلفان نتيجة لعدم وجود مستوى تماثل بينهما.

يعتبر معدن التورمالين من أحسن الأمثلة التي تظهر هذه الخاصية ، ولبلورة التورمالين طرفان أحدهما حاد الزاوية وآخر منفرج الزاوية ، فإذا سخنا البلورة فإنه يتولد عند الطرف الحاد شحنات كهربائية موجبة ،بينما يتولد عند الطرف المنفرج شحنات كهربائية سالبة. ويتعرف على السالب من الموجب بواسطة رش البلورة المسخنة بمسحوق مخلط الكبريت الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر ، فنلاحظ أن أكسيد الرصاص الأحمر ينجذب نحو الطرف السالب التكهرب ، أما الكبريت الأصفر فإنه ينجذب نحو الطرف الموجب التكهرب وتستعمل بلورات التورمالين ، نتيجة لخاصية الكهرباء الحرارية - في الأجهزة المستخدمة في قياس درجةحرارة إنفجار القنابل.

2-4-2 الكهرباء الضغطية

وهي الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائية نتيجة لضغطه. وتلاحظ الشحنات الكهربائية على الأطراف المختلفة للمحاور البلورية. ومن الأمثلة الهامة لهذه الخاصية معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة الراديو والإرسال اللاسلكي للتحكم في التردد.

2-4-3المغناطيسية

تنجذب بعض المعادن إلى المغناطيس الكهربائي القوي إذا قربت منه في حين تنفر معادن أخرى من المغناطيس. والمعادن الأولى تعرف بإسم بارامغناطيسية ، في حين تعرف الثانية بأسم دايا مغناطيسية. وتختلف المعادن البارا مغناطيسية من حيث قوة مغناطيسيتها ، فبعضها قوي مثل ماجنتيت أحد أنواعه المعروفة بإسم حجر المغناطيس ، ويمكنه جذب برادة الحديد ، والبعض الآخر ضعيف المغناطيسية مثل المينيت ($FeTiO_8$) ومن أمثل المعادن الديا مغناطيسية الكوارتز والكالسيت والزركون. ولهذه الخاصية قيمتها وأهميتها عند فصل خامات المعادن وتركيزها ، كما هو مستعمل في إستغلال الرمال السوداء التي تحتوي على الماجنتيت والألمينيت والجارنت والزركون والمونازيت.

5-2 الكثافة والوزن النوعي

الوزن النوعي للمعدن عبارة عن(نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء الكثافة النسبية). ولما كانت كثافة الماء عند درجة 4 مئوية تساوي الوحدة ، فإن الرقم الدال على الوزن النوعي هو بعينه العدد الدال على كثافة المعدن باستثناء أن الوزن النوعي لا تمييز له لأنه يمثل نسبة أما الكثافة فإنها تميز. فمثلا ، الوزن النوعي للكوارتز يساوي ٢,٦٥ ، أما كثافة الكوارتز فتساوي ٢,٦٥ جم / سم ٣ ، يدل الوزن النوعي إذن على نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساوي له من الماء عند درجة حرارة 4 درجة مئوية.

ويختلف الوزن النوعي أيضا باختلاف طريقة رص الذرات في البناء الذري الداخلي للمعادن. فالمعروف أن الذرات قد ترص نفسها في مادة البلورة أما في هيئة سداسية أو ثلاثية أو مكعبية ، وينتج من ذلك أن السنتيمتر المكعب ، مثلا ، يحتوي في كل حالة على عدد من الذرات مختلف عنه في الحالة الأخرى ، وبالتالي يختلف الوزن النوعي من حالة إلى أخرى. ومن أمثلة ذلك الكربون ، فقد توجد ذرات الكربون مرصوصة تبعا للنظام المكعبي ، لتعطي بلورات مكعبة هي معدن الألماس ، وزنه النوعي ٣,٤ ، أو قد توجد ذرات الكربون مرصوصة بنظام هو النظام السداسي ، في بلورات معدن الجرافيت ، وزنه النوعي ٢.٢٥.

ومن الأسباب التي تؤدي إلى الخطأ في تعيين الوزن النوعي للمعدن بصفة عامة وجود شوائب مختلطة به ، وكذلك وجود فجوات هوائية ، ولذلك عند تعيين الوزن النوعي لمعدن ما ، يجب التأكد من خلو المعدن ومن مثل هذه الشوائب والفجوات الهوائية ، كما يجب أن يكون المعدن خاليا من آثار التحلل بفعل العوامل الجوية التأكسد والكربنة والتموه كما يجب على دارس المعدن تحري الدقة التامة أثناء عملية تعيينه للوزن النوعي للمعدن.

ومن بين الطرق العديدة المستخدمة في تعيين الكثافة النسبية أو الوزن النوعي للجوامد ،

نذكر الطرق التالية ، والتي تعتبر مناسبة للمعادن:

١-طريقة قياس الوزن مباشرة حيث يعين الحجم تبعا لقاعدة أرشميدس كما هو الحال في استعمال الميزان الكيميائية العادي أو موازين خاصة ، مثل ميزان كرواس جولي.

٢- طريقة قياس الوزن مباشرة ن حيث يعين الحجم من وزن السائل المزاح ، كما هو الحال في

قنينة الكثافة المعروفة بإسم اليكنومتر.

٣-طريقة تعيين النزن النوعي بمقارنته مباشرة بالوزن النوعي لسائل ثقيل عندما يظل المعدن

معلقا في السائل.

6-2 الخواص الحرارية

قابلية المعدن للانصهار

إذا عرضنا قطعة صغيرة من المعدن لها حروف حادة للهب بواسطة ملقاط ، تلاحظ أن بعض المعادن تنصهر في لهب الشمعة ، في حين لا تنصهر معادن أخرى في مثل هذا اللهب ، ولكنها تنصهر في لهب مصباح بنزن ، ومعادن ثالثة تنصهر فقط في لهب البوري لهب -البنزن الممزوج بكمية من الهواء. ومعادن رابعة تستدير حوافها فقط في لهب البوري ، ومعادن أخيرة لا تنصهر بالمرة ولا تتأثر بلهب البوري ، وتعرف هذه الخاصية بإسم قابيلة المعدن للإنصهار.

وتعيين درجة الإنصهار للمعادن من الأمور الصعبة ، وليس له أهمية كبيرة في التعرف على المعادن ، ولكنه ذو فائدة وأهمية في الدراسات النظرية والمتروجرافية (دراسة الصخور) أما القصد التعرف على المعادن بسرعة فنكتفي عادة بتعيين قابلية الإنصهار النسبية ، ويستعمل لهذا الغرض مقياس القابلية للإنصهار ، الذي حققه فون كوبل.

7-2خواص فيزيائية أخرى

هناك خواص أخرى لم يرد ذكرها في أي من الأقسام السالفة مثل اللمس والرائحة ، والمذاق . وهذه الخواص ولو أنها ليس شائعة أو مميزة في كثير من المحالات إلا أنها تكون في بعض الحالات مميزة وتساعد على التعرف على المعدن. ومن الأمثلة المعروفة المذاق المالح لمعدن الهاليت. ومن أمثلة الرائحة تلك الرائحة الكبريتية(رائحة ثاني أكسيد الكبريت) الناتجة من حك معدن بيريت Fe A2 أو تسخين كثير من المعادن الكبريتية ورائحة الثوم الناتجة من حك أو تسخين معدن أرسينوبيريت (Fe As S). ومن أمثلة الملمس ذلك الملمس الصابوني أو الدهني لمعدن التلك ، أو قد يكون الملس باردا مثل سطح الفلزات والأحجار الكريمة ، أو قد يكون خشبيا مثل الياف الخشب مثل معدن سبود يومين (سليكات الألومنيوم والليثيوم).

أما خاصية النشاط الإشعاعي فتنتج عن إحتواء المعدن لبعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم أو الثوريوم ، وفي هذه الحالة يصدر عن المعدن إشعاعات لا نراها أو نشعر بها ، ولكن إذا عرض المعدن للوح فوتوغرافي حساس فإن هذه الإشعاعات تؤثر على اللوح ، وتترك أثرا يمكن الكشف عن هذه المعادن المشعة بواسطة الألواح الفوتوغرافية الحساسة أو بواسطة أجهزة خاصة تتأثر بهذه الإشعاعات وتحولها إلى صوت يمكن سماعه بسماعة الجهاز ، أو تحوله إلى وميض ضوئي يمكن رؤيته. ومن أمثلة

هذه الأجهزة عداد جيجر ، وهو جهاز صغير سهل الحمل في اليد ، ويساعد كثيرا في الكشف عن خامات المعادن المشعة على سطح الأرض. والمعروف أن ذرات اليورانيوم والثوريوم تتحل تلقائيا في الطبيعة وكذلك ذرات نظائر البوتاسيوم ٤٠ والروبيديوم ٨٧ . فأما ذرات اليورانيوم والثوريوم فإنها تتحول في النهاية إلى رصاص وغاز الهيليوم. أما البوتاسيوم المشع فيتحول إلى كالسيوم وغاز الأرجون.

ولما كان معدل التحول من نظير آخر معروف بالنسبة للعنصر المشع ، فإنه يمكن بعملية حسابية تقدير عمر المعدن وبالتالي عمر الصخور الذي يحتوي هذا المعدن ، وقد أمكن تقدير عمر أقدم الصخور على سطح الأرض بحوالي ٣,٩ بليون سنة ، بينما قدر عمر بعض النيازك التي هبطت على الأرض من الفضاء بحوالي ٤.٦ بليون سنة.

2-8تقانات علم المعادن . طرائق دراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية (الميتالوغرافيا)

تقدم الميتالوغرافيا صورة واضحة للبنية يمكن من خلالها الربط بين صفات المعدن وبنيته. فيمكن من خلال الفحص المجهري دراسة البنية الحبيبية للمعدن أو السبيكة والتعرف على نمط توزع مختلف الأطوار والشوائب المعدنية التي تؤثر إلى حد كبير في صفات المعدن. وتوضح البنية الميكروية (المجهرية أو الصغرية) أيضاً تأثير المعالجة الحرارية والميكانيكية في بنية المعدن أو(السبيكة)؛ ما يتيح إمكانية التنبؤ بسلوكه عند تواجده في بيئة معينة.

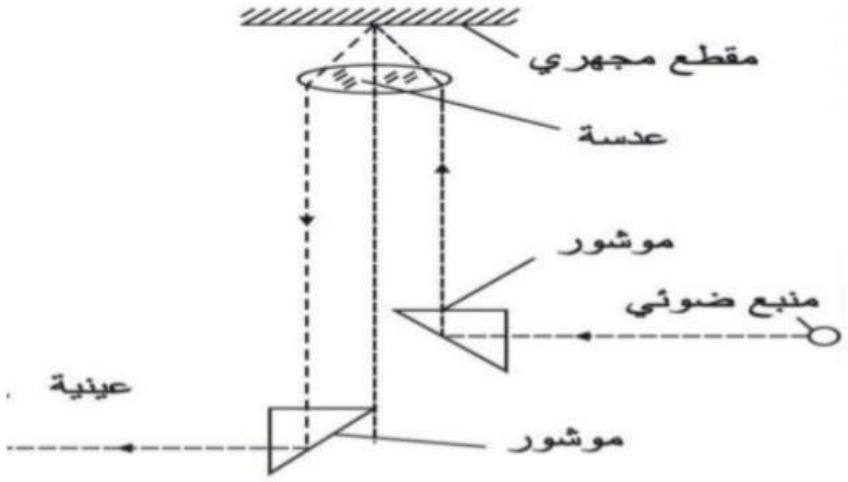
2-8-1الماكروغرافيا (الطريقة الماكرونية لدراسة بنية المعادن والسبائك)

تستخدم هذه الطريقة لدراسة البنية الماكرونية (الكبرية) للمعادن والسبائك المعدنية بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة. وتقدم هذه الدراسة تصوراً عاماً حول كل من شكل الحبيبات وحجمها وأبعادها ونظم توزعها في صبات المعادن والبنية الليفية للمعادن بعد إخضاعها لعمليات التشكيل وكذلك عدم التجانس الناجم عن توزع مكونات معينة أثناء تصلب السبائك تجرى الدراسة على سطح المعدن مباشرة أو على سطح مكسر لقطعة منه، إلا أنها تتم عادة باقتطاع عينات من كتلة المعدن وتعريضها بعد صقل أحد سطوحها لعامل كيمياوي يقوم بإذابة مكونات العينة وتلوينها بدرجات متفاوتة. فلتكوين فكرة حول نمط توزع الكبريت في الفولاذ، على سبيل المثال تطبق ورقة تصوير مبللة بمحلول حمض الكبريت على سطح العينة – الذي تم صقله وتخريشه مسبقاً - فتسود ورقة التصوير في المناطق الغنية بالكبريت بسبب تشكلAg_2S

2-8-2 الميكروغرافيا (الفحص المجهري لبنية المعادن)

1-المجهر التعديني (الضوئي)

الجملة الضوئية للمجهر التعديني

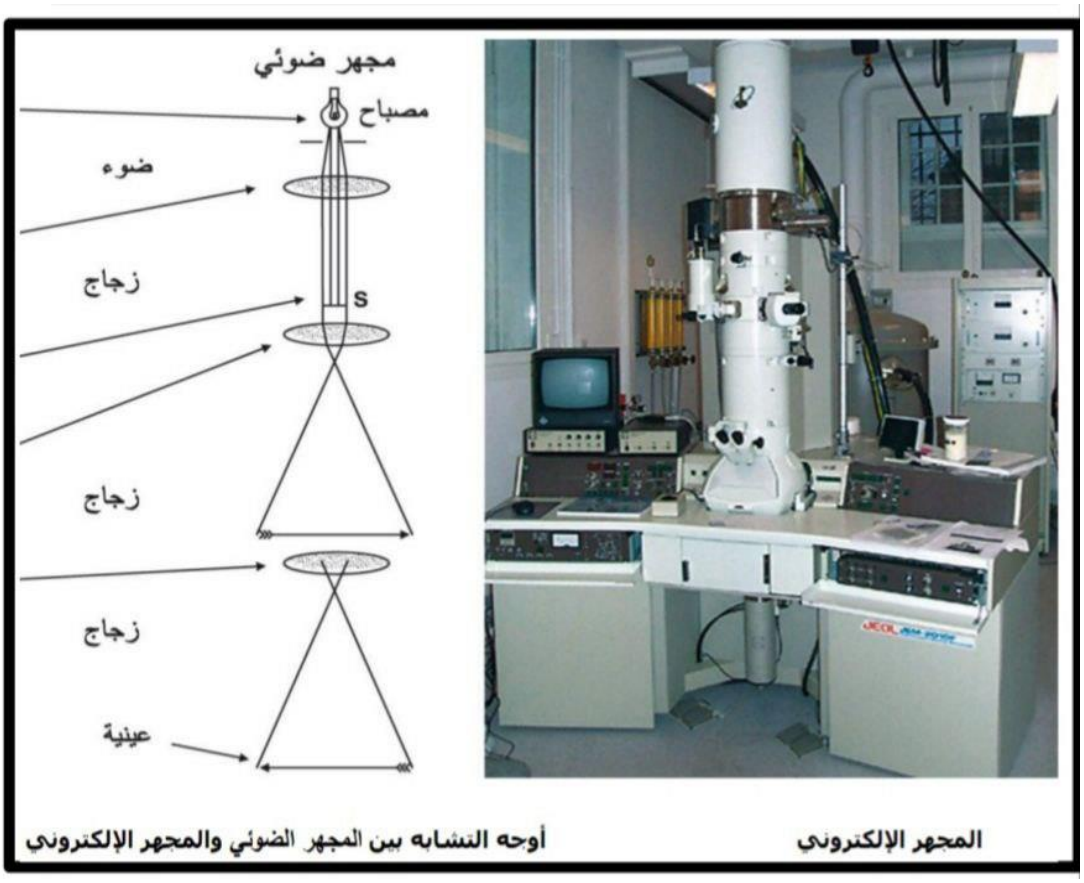


بعد المجهر التعديني الوسيلة الأساسية لدراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية، ويختلف عن المجهر الضوئي العادي بطريقة إنارة المقطع المجهري، فهي تتم بضوء منعكس بسبب عدم إمرار المعادن للضوء . يراوح تكبير المجهر التعديني بين ٧٥-١٥٠٠ مرة، ويتيح مشاهدة مكونات بنيوية تبلغ أبعادها نحو ٠,١٥ – ٢ ميكرون وإمكانية الحصول على صورة لسطح المعدن. وقبل إجراء الفحص المجهري لعينة من المعدن أو السبيكة يجب إعدادها جيداً بهدف الحصول على سطح مرآوي مستو وخال من الخدوش والأثلام، ويتم ذلك بصقل سطح العينة ثم تلميعه (صقله ناعماً) على قرص دوار مغطى بقماش يحمل دقائق من مادة قاسية (AL_2O_3 أو Cr_2O_3 وغيرها). وبهدف إظهار السمات البنيوية لسطح المعدن يعرض سطح المقطع المجهري بعد تلميعه للتظهير (التنميش) بتخريش سطحه باستخدام عوامل كيمياوية مناسبة (محلول كحولي يحوي ٤-٥٪ من HNO_3 أو حمض البيكريك في حالة الفولاذ)، ويمكن

زيادة تكبير المجهر التعديني باستخدام الأشعة فوق البنفسجية بدلاً من الضوء المرئي وتستخدم هذه الطريقة لدراسة بنية السبائك عديدة الأطوار نظراً لاختلاف معامل الانعكاس باختلاف طبيعة الطور.

2 -المجهر الإلكتروني

إن العدسات في المجهر الإلكتروني هي حقول مغنطيسية عالية الشدة تولدها وشائع يمر فيها تيار مستمر، ويتم تسريع الإلكترونات التي يصدرها سلك مسخن من التنغستن بإمرارها في حقل كهربائي. ونظراً لعدم تمرير المقطع المجهري للمعدن أو السبيكة للإلكترونات تحضر رقاقة من مادة راتنجية (غرائية) أو من البلاستيك أو الكربون تحمل على سطحها كل التفاصيل البنيوية تدعى «الطبعة»(بجعل بخار الكربون مثلا يتوضع بهيئة طبقة رقيقة على سطح المقطع ثم تنزع عنه). وبمرور حزمة الإلكترونات عبر الطبعة قد ينتشر بعضها أو يمتص يتشكل خيال أكبر بنحو ٤٠ مرة، يكبر جزء منه عدة مرات، فيظهر على شاشة تلفازية وقد تم تكبيره نحو ٢٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠ مرة. وباستخدام التقانات الحديثة أصبح ممكناً في الوقت الحاضر تحضير رقاقة سماكتها نحو ١٠٠ نانومتر من المعدن أو السبيكة وتعريضه للفحص المجهري مباشرة في المجهر الإلكتروني النافذ ، الذي يعد من أهم التقانات في علم المعادن. أما في المجهر الإلكتروني الماسح تستخدم العدسات الإلكترونية لمسح سطح العينة بحزمة ضيقة من الإلكترونات وليس للتكبير، فيمكن الحصول على صور تبين توزع العناصر في السبيكة وإجراء تحليل كمي موضعي للعينة. حيث تستخدم العدسات الألكترونية لمسح سطح العينة بحزمة ضيقة من الألكترونات وليس للتكبير ،فيمكن الحصول على صور تبين توزيع العناصر في السبيكة وأجراء تحليل كمي موضعي للعينة.



3-انعراج الأشعة السينية

تقوم طريقة التحليل البنيوي على أساس انعراج الأشعة السينية عن صفوف الذرات في الشبكة البلورية. وتبدو هذه الظاهرة كما لو أن الأشعة السينية قد انعكست عن المستويات الذرية. فعند توجيه حزمة ضيقة من الأشعة السينية إلى العينة (مسحوق) تشكل بانعكاسها ما يدعى مخروط الانعكاس (سلسلة من الأقواس المتناظرة أزواجاً)على شريحة حساسة من فلم تصوير دائرية الشكل تحيط بالعينة. وبقياس المسافة بين الخطوط المتناظرة يمكن وصف الشبكة البلورية للمعدن المدروس ولتعيين التحولات الطورية في معدن أو سبيكة ينبغي تعيين عدد الخطوط في الصورة الشعاعية وأشكالها ومواضعها ومدى تماثلها بدرجة العتامة.

المصادر

1-المهندس حارث الجبوري , 139, مبادىء عمليات تشكل المعادن

2-ابراهيم مضوي بابكر , 2004 , 214, علم المعادن (الكتاب الثاني)

3- محمد محمد كذلك, 155,2003,الاحجار الكريمه و المعادن النفيسه

4-دكتور عماد محمد ابرهيم خليل ,491,2014,علم المعادن

5-ترجمه عماد الدين افندي,2014 ,162, اطلس الصخور و المعادن