



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر
كلية العلوم الدقيقة
قسم الفيزياء



رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

مذكرة تخرج لنيل شهادة
ماستر أكاديمي
مجال: علوم المادة
تخصص: فيزياء إشعاع و طاقة
من إعداد الطالبتين:
بالحادف أسماء
طويل سهيلة

الموضوع:

دراسة تجريبية حول تحسين خواص جبس منطقة الفولية بالوادي

نوقشت يوم : 2023/06/08

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيساً
مناقشاً
مؤطراً

أستاذ محاضر أ
أستاذ محاضر أ
أستاذ تعليم عالي

محلو السعيد
ميموني مراد
محبوب محمد الصادق

السنة الجامعية: 2023/2022

أنجز هذا العمل بمخبر إستغلال و تثمين المصادر الطاقوية الصحراوية (LEVRES)



هَذَا

أقدم هذا العمل العلمي الأكاديمي إلى من بعثه للخلق برسالة العلم، يحمل راية
الفعل الثلاثي "إقرأ" ليسعد البشرية في الدنيا والآخرة وإلى من سار على نهجه
واقترف أثره إلى يوم الدين وإلى أهل الإخلاص الأحرار الذين قاوموا المستدمر
وافتكوا منه استقلال الوطن بأيدي شبه فارغة ولكن بعزيمة الأبطال، وإلى كل
أولئك الذين ساندوني و شجعوني و حفزوني على السير قدما في درب العلم:

أبي الغالي الأستاذ النائب الإمام بن سالم بالمادة

روح أمي الطاهرة رحمها الله

زوجي العزيز رضا قديري

أبنائي محمد رمز البدية و عيسى الناصري المتميز و لجين ربحانة روي

صديقتي العزيزة طويل سهيلة

جميع أساتذتي الأفاضل بناة الوطن المفدى الجزائر و تحية المشرق

أفراد أسرتي كبيرا و صغيرا

إليهم جميعا أهدي هاته اللبنة العلمية الجديدة ، و على قدر أهل العزم

تأتي العزائم

و ما توفيقني إلا بالله

بالمادة أسماء

هَيْدَاءُ

«وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ»

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

الحمد لله ما تم جهد ولا ختم سعي إلا بفضلہ وما تخطى العبد

من عقبات وصعوبات إلا بتوفيقه ومعونته.

أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى من رحلا عنا ومازالا أحياء في

قلوبنا وذكراهما نورا لدروبنا "أمي وأبي" رحمهما الله واسكنهما فسيح جنانه

إلى من كانوا ومازالوا سندي ووسام عزتي وكبريائي "عائلتي الكريمة"

إلى رقيقات المشوار واللاتي قاسمنني لحظاته وراحهم الله ووفقهم وخاصة

الأخت والصديقة "الأستاذة أسماء بالمادفة"

إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة إلى الذين مهدوا لنا طريقة العلم والمعرفة

"أستاذتنا الأفاضل"

سميلة طويل

شُكْرٌ تَقَاتِي

قال الله تعالى « وَمَنْ يَشْكُرْ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ »

قال رسول الله ﷺ « مَنْ لَا يَشْكُرُ النَّاسَ لَا يَشْكُرُ اللَّهَ »

الحمد لله تعالى حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه ملء السموات والأرض على ما أكرمنا به من إتمام هذه الدراسة ونسلي ونسلم على سيدنا محمد ﷺ.

نتقدم بجزيل الشكر ووافر الامتنان إلى أستاذنا الفاضل

" الأستاذ الدكتور محبوب محمد الصادق "

على كرم قبوله الإضراف على تأطير مذكرتنا وعلى جوده الدؤوب في مساعدتنا وتوجيهنا وإرشادنا،
أدامه الله ذخرا للعلم وأطال في عمره وامتعه بدوام الصحة والعافية.

كما نتقدم بفائق الشكر لأعضاء اللجنة المناقشة برئاسة الأستاذ **" محلو السعيد "**
والأستاذ المناقش **" ميموني مراد "**، على قبولهما مناقشة هذا العمل وتأمين مذكرتنا.

كما نتوجه أيضا بالشكر لطاقم مخبر استغلال وتأمين المصادر الطاقوية الصحراوية (Levres) و على رأسه
مدير المخبر الأستاذ الدكتور **" فراحات رحومة "** الذي كان له الفضل في تقديم كل التسهيلات لنا دون
أن ننسى مهندس المخبر **" قده عثمان "** و طالبة الدكتوراه **" بن علي وردة "**.

كما نتوجه بالشكر الجزيل للأستاذ الدكتور **" لعويني صلاح الدين "** رئيس قسم هندسة الطرائق بكلية
التكنولوجيا على ما قدمه لنا من مساعدة.

الشكر موصول بشكل خاص للسيد **" طالب علي "** مدير متوسطة الأمير عبد القادر
والسيد مستشار التربية **" الأخوة فتحي "** على ما قدماه من مساعدات وتسهيلات
لإنجاح هذه الدراسة.

شكر خاص أيضا للسيد **" غريب عبد الحميد "** على كل المساعدات التي قدمها لنا لإنجاح هذا العمل.

كما لا يغفونا أن نتقدم بالشكر للسيد **" عماد حمادنة "** من الجامعة الأردنية على مساهمته في
وضع أساس هذا الموضوع.

بالمادحة أسماء & طويل سميلة



فهرس المحتويات

رقم الصفحة

العنوان

II	الإهداء (أسماء)
III	الإهداء (سهيلة)
IV	شكر وتقدير
V	فهرس المحتويات
VIII	قائمة الأشكال
XII	قائمة الجداول
XIII	قائمة الرموز
XV	مقدمة عامة
XVI	مراجع مقدمة عامة

" الجزء النظري "**الفصل الأول : عموميات حول الجبس**

02	1-I - مقدمة
02	2-I - تعريف الجبس
03	3-I - نبذة تاريخية
06	4-I - أنواع الجبس
06	1-4-I - الجبس الطبيعي (Natural Gypsum)
06	2-4-I - الجبس البديل للجبس الطبيعي (Natural Gypsum substitute)
06	5-I - خصائص الجبس الفيزيائية والكيميائية
07	6-I - طريقة تحضير الجبس
07	1-6-I - الطريقة التقليدية في ولاية الوادي
10	2-6-I - الطريقة الحديثة
11	7-I - جبس باريس
12	8-I - الإسمنت الأبيض
14	9-I - مخاطر الجبس
14	10-I - إعادة تدوير الجبس
14	11-I - استخدامات الجبس
14	1-11-I - في مجال البناء
15	2-11-I - في مجال الزراعة
16	3-11-I - في مجال الطب
17	12-I - الخاتمة
18	مراجع الفصل الأول

الفصل الثاني : طرق التشخيص والوسائل المستعملة

21	تمهيد
21	II-1- الأشعة السينية
21	II-1-1- مقدمة
21	II-2-1- تعريف الأشعة السينية
21	II-3-1- نبذة تاريخية
22	II-4-1- إنتاج الأشعة السينية
23	II-5-1- انعراج الأشعة السينية
23	II-5-1-1- مفهوم الانعراج (الحيود)
23	II-5-1-2- مبدأ انعراج الأشعة السينية
24	II-5-1-3- قانون براغ
25	II-5-1-4- الطرق التجريبية لانعراج الأشعة السينية
29	II-6-1- مجالات استخدام الأشعة السينية
30	II-2- تقنية فلورية الأشعة السينية
30	II-2-1- مقدمة
30	II-2-2- تقنية التحليل الطيفي باستخدام فلورية الأشعة السينية (XRF)
31	II-2-2-1- مبدأ عمل تقنية فلورية الأشعة السينية (XRF)
31	II-2-2-2- مبدأ عمل مطياف فلورية الأشعة السينية
32	II-3-2- تطبيقات تقنية فلورية الأشعة السينية
32	II-3-2-1- ابرز الفحوصات التي تستعمل فيها تقنية فلورية الأشعة السينية
33	II-3-2-2- شروط عمل التحليل بتقنية فلورية الأشعة السينية
33	II-4-2- اجابيات وسلبيات تقنية فلورية الأشعة السينية
33	II-5-2- الخاتمة
34	مراجع الفصل الثاني

"الجزء العملي"

الفصل الثالث: دراسة النتائج ومناقشتها

37	III-1- مقدمة
38	III-2- تحضير العينات
38	III-2-1- المرحلة الأولى
40	III-2-2- المرحلة الثانية
41	III-3-2- المرحلة الثالثة
41	III-4-2- المرحلة الرابعة
42	III-3- دراسة النتائج ومناقشتها
42	III-3-1- جهاز انعراج الأشعة السينية
43	III-3-2- نتائج انعراج الأشعة السينية

47	 Rietveld	III-3-3- تحسين النتائج انعراج الأشعة السينية بطريقة ريتفيلد
54		III-3-4- مناقشة النتائج
57		III-4- الخلاصة
58		مراجع الفصل الثالث
60		الخاتمة العامة
62		الملاحق
75		الملخص

قائمة الأشكال

ترتيب الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
الفصل الأول : عموميات حول معدن الجبس		
الشكل (1-I)	سيلينات الجبس الشفافة	02
الشكل (2-I)	بلورات الجبس الذهبية من وينيبغ	02
الشكل (3-I)	بلورات جبسية ساطعة ذات اللون الأحمر كرزي بها شوائب غنية من البوتريوجين المعدني النادر	03
الشكل (4-I)	جبس من بيرناتي Gunson منطقة Andamooka Ranges لاجون منطقة بحيرة Torrens جنوب استراليا	03
الشكل (5-I)	بوابة الأسود في حاتوشا عاصمة الامبراطورية الحثية	03
الشكل (6-I)	قارورة من المرمر من مقبرة الملك "توت عنخ آمون" محفوظة في متحف المصري	04
الشكل (7-I)	تمثال الأسد المجنح الذي يعود الى العصر الآشوري الجديد عام 883-859 قبل الميلاد	04
الشكل (8-I)	جداريات جبسية من داخل أهرام الجيزة	04
الشكل (9-I)	ضريح إيمدغاسن	05
الشكل (10-I)	الضريح الملكي المروريتاني (قبر الرومية)	05
الشكل (11-I)	فن الزخرفة في أوروبا	05
الشكل (12-I)	بلورات جبس طرية بدرجة كافية للانحناء تحت ضغط اليد	07
الشكل (13-I)	وردة الصحراء	07
الشكل (14-I)	استخراج حجارة الجبس	08
الشكل (15-I)	فرن تقليدي "الحاروق"	08
الشكل (16-I)	فرن تقليدي "الكوشة "	09

- الشكل (17-I) تحضير و إنتاج الجبس في منطقة الفولية ولاية الوادي 09
- الشكل (18-I) محطة إنتاج الجبس 11
- الشكل (19-I) جبس باريس 11
- الشكل (20-I) مراحل صناعة الإسمنت 13
- الشكل (21-I) استخدام الجبس الزراعي 15
- الشكل (22-I) استعمال الجبس في عملية التجبير 16

الفصل الثاني: طرق التشخيص و الوسائل المستعملة

- الشكل (1-II) كونراد رونتغن أستاذ بجامعة فورتسبورغ 22
- الشكل (2-II) صورة ورسم تخطيطي لأنبوبة الأشعة السينية الحديثة 23
- الشكل (3-II) يمثل التداخل البناء والهدام 23
- الشكل (4-II) انعراج الأشعة السينية من المستويات الذرية 24
- الشكل (5-II) يوضح العلاقة بين اتجاه البلورة والمسافات الشبكية d_{hkl} المحسوبة 25
- الشكل (6-II) التركيب التجريبي لانعراج الأشعة السينية طبقا لطريقة لاوي 26
- الشكل (7-II) حيود لاوي في (أ) نمط الأشعة النافذة، (ب) نمط الأشعة المرتدة بالانعكاس و(ج) نموذج تداخل الأشعة النافذة 26
- الشكل (8-II) طريقة الانعراج داخل البلورة الدوارة 27
- الشكل (9-II) مخطط يوضح كاميرا (ديباي -شيرر) ونموذج الانعراج 27
- الشكل (10-II) مخطط يوضح مخاريط الأشعة المتشتتة بزوايا مختلفة والانعراجات داخل فيلم التصوير 28
- الشكل (11-II) يمثل التركيب التجريبي لجهاز الانعراج الآلي 28
- الشكل (12-II) صور لمناطق مختلفة لجسم الإنسان بواسطة الأشعة السينية 29

- الشكل (II-13) كشف عن العيوب الصناعية بواسطة الأشعة السينية 30
- الشكل (II-14) ظاهرة إصدار أشعة الفلورة 31
- الشكل (II-15) طيف نمطي لتوزيع الطاقة في فلورية الأشعة السينية 31
- الشكل (II-16) احد أجهزة طيف فلورية الأشعة السينية 32

الفصل الثالث: عرض النتائج ومناقشتها

- الشكل (III-1) أنماط انعراج (حيود) الأشعة السينية للجبس عند درجات حرارة مختلفة 37
- الشكل (III-2) عينة من جبس منطقة الفولية 38
- الشكل (III-3) تكسير عينة الجبس ووضع جزء منها في الهاون 38
- الشكل (III-4) عينة الجبس بعد الطحن 38
- الشكل (III-5) الميزان المستعمل 39
- الشكل (III-6) العينات بعد الوزن والتقسيم 39
- الشكل (III-7) الفرن و المحرار المستعملان في التجربة 39
- الشكل (III-8) خطوات تحضير العينة ومعالجتها 40
- الشكل (III-9) العينتان BT-A-1 و BT-A-2 41
- الشكل (III-10) عينة الحجر الجبسي المستخدم وطحنها في الهاون 41
- الشكل (III-11) عينتا الجبس المستخدمة لدراسة إعادة التدوير 42
- الشكل (III-12) جهاز الانعراج الآلي للأشعة السينية من النوع : "PROTO AXRD Benchtop" 42
- الشكل (III-13) أدوات تحضير العينة 43
- الشكل (III-14) جهاز انعراج الأشعة السينية والحاسوب المتصل به 43
- الشكل (III-15) مخطط الانعراج للعينة BT-A 44
- الشكل (III-16) مخطط انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينات BT-B و BT-C و BT-D بعد تحميمها لمدة ساعتين 45

- الشكل (III-17) مخطط انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينات BT-B و BT-C و BT-D بعد تحميلها لمدة أربع ساعات
- الشكل (III-18) مخطط انعراج الأشعة السينية على مسحوق للعينتين BT-A-1 و BT-A-2
- الشكل (III-19) مخطط انعراج الأشعة السينية على مسحوق للعينتين BT-R-1 و BT-R-2
- الشكل (III-20) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A
- الشكل (III-21) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-B
- الشكل (III-22) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-C
- الشكل (III-23) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-D
- الشكل (III-24) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-B-2
- الشكل (III-25) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-C-2
- الشكل (III-26) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-D-2
- الشكل (III-27) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A-1
- الشكل (III-28) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A-2
- الشكل (III-29) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-R-1
- الشكل (III-30) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-R-2

قائمة الجداول

ترتيب الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
الفصل الثالث: عرض النتائج ومناقشتها		
الجدول (1-III)	نتيجة التحليل الطيفي باستعمال لعينة XRF من الجبس	43
الجدول (2-III)	ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-A, BT-B, BT-C ,BT-D	54
الجدول (3-III)	ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-B-2 ,BT-D-2 ,BT-C-2	55
الجدول (4-III)	ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-A-1 ,BT-A-2	56
الجدول (5-III)	ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-R-1 ,BT-R-2	56

قائمة الرموز

الرمز	تعريفه
λ	طول الموجة [Å]
c	سرعة الضوء [m/s]
h	ثابت بلانك
N	عدد صحيح يمثل رتبة التشتت
θ	زاوية الانعراج لبراغ [°]
d_{hkl}	المسافة الشبكية بين المستويات البلورية [Å]
δ	فرق المسير بين شعاعين
$k_\alpha k_\beta$	الأطياف الخطية
R_{WP}	عامل موثوقية الشكل الجانبي الموزون
R_{exp}	عامل الموثوقية المتوقع
W_i	عامل التوزين
Y_i^{obs}	شدة الملاحظة
Y_i^{calc}	الشدة المحسوبة
P	عدد الوسائط المحسنة
N	عدد النقاط في طيف انعراج المسحوق الملاحظ
الاختصارات	
X-ray	الأشعة السينية
XRD	انعراج الأشعة السينية
XRF	الأشعة السينية الفلورية
GOF	معامل التوافق أو معامل وجود التناظر

المقدمة العامة



مقدمة عامة

يعدّ الجبس (Gypsum) من الخامات الأرضية الشائعة و هو مادة شديدة النعومة حيث أنه من أكثر معادن الكبريتات انتشاراً في الطبيعة كمعدن أو كصخر رسوبي. يتواجد الجبس عادة مع الحجر الجيري، الدولوميت و الطين، كما أنه يتداخل مع معدن الأنهيدريت أو ما يسمى بـ "كبريتات الكالسيوم اللامائية" ذو الصيغة الكيميائية (CaSO_4) و يكون لونه عادة أبيض أو رمادي و في بعض الأحيان يميل للإحمرار. و يوجد الجبس في الطبيعة إما على سطح الأرض أو على أعماق متفاوتة قد تصل إلى أكثر من 200 متر [1-3].

يتوزع الجبس على أماكن عديدة حول العالم و تحتل الجزائر المرتبة السابعة عشر لإنتاجه حسب إحصائيات 2020، حيث أنها تحتوي على احتياطات كبيرة منه خاصة في الجنوب [1،4].

ان المادة الأولية لصناعة الجبس في ولاية الوادي هي حجر التافزة، و وجد هذا الحجر مغموراً تحت الرمال على شكل مقاطع في غيطان النخيل و على شكل مسطحات بالجهة الشمالية للولاية. يعود ظهور الجبس في المنطقة إلى حوالي سنة 1030 للهجرة (1609م) حيث استخدمه الطرود لبناء البيوت و أتوا بالحجارة من منطقة الفولية، و لقد شهدت هذه الصناعة تطورات عديدة عبر الزمن، سواء من حيث طريقة التحضير و الإنتاج أو من حيث طرق التوزيع و الإرسال [5].

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين جودة الجبس بمنطقة الفولية ولاية الوادي و ذلك بناءً على نتائج الدراسات السابقة و التي توصلت بعد المعالجة الحرارية للجبس و تحليل النتائج بتقنيتي انعراج الأشعة السينية (XRD) و مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) إلى أنه مادة غير متجانسة في تركيبها و تحوي من إثنين إلى أربعة أطوار حيث تبين أن الأنهيدريت (CaSO_4) و الكوارتز "الرمل" (SiO_2) هما المركبان الأكثر تواجداً فيها [6]. في حين أن طريقتي الترسيب و الغريلة المستعملة لفصل الرمل عن الجبس بينتا أن سبب قلّة جودته لا يكمن في احتوائه على كمية كبيرة من الرمل بل ذلك راجع لطريقة المعالجة و ذلك بعد مقارنة جبس الفولية بجبس أولاد جلال [7].

و من هذا المنطلق تمّ التطرق في هذه الدراسة إلى الطريقة المناسبة لمعالجة جبس الفولية بهدف تحسين جودته، و قد قسّمت المذكرة إلى الفصول الثلاثة التالية:

الفصل الأول: و تمّ عنوانه بـ "عموميات حول معدن الجبس" و يتضمن نظرة شاملة حول هذا المعدن حيث سيتمّ التطرق إلى تعريف الجبس، نبذة تاريخية، أنواعه، خصائصه الفيزيائية و الكيميائية، طريقة تحضيره، جبس باريس، الاسمنت الأبيض، مخاطر الجبس، إعادة تدويره و أخيراً استخداماته.

الفصل الثاني: يأخذ هذا الفصل عنوان "التقنيات و الوسائل المستعملة" و يشتمل على شرح مفصل لتقنيات و وسائل التشخيص في إجراء التجارب و تحليل نتائجها بداية من تقنية الأشعة السينية (XRD)، و كذا فلورة الأشعة السينية (XRF) و توضيح مبدأ عمل كل منهما.

الفصل الثالث: بعنوان العمل التجريبي و مناقشة النتائج و الذي سيتمّ فيه عرض طريقة تحضير العينات و النتائج المتحصل عليها و مناقشتها.

مراجع المقدمة العامة

مواقع أنترنت:

- [1] <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>, Consulted on 18-01-2023.
- [2] <https://ajbas.sa/gypsum/>, Consulted on 13-02-2023.
- [3] <https://www.arageek.community>, Consulted on 13-02-2023.

المراجع باللغة الأجنبية:

- [4] D. Robert, Jr. Crangle, "Mineral Commodity Summaries 2021", U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021.

المراجع باللغة العربية:

- [5] أ. فاتح باهي، "افران الجبس التقليدية ودورها في تنشيط الحركة العمرانية في وادي سوف مطلع ق20"، مجلة قبس للدراسات الإنسانية و الاجتماعية، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي.
- [6] ن. باي، م. بن ساسي، "دراسة تأثير المعالجات الحرارية على مادة الجبس في منطقة الفولية بالوادي"، مذكرة ماستر، جامعة حمه لخضر الوادي الجزائر (2021).
- [7] عبد الحميد غريب "دراسة عامة لمادة جبس منطقة الفولية الوادي"، مذكرة ماستر، جامعة حمه لخضر الوادي الجزائر (2022).

المفصل الأول:

معلومات حول الجبس



I -1- مقدمة

يظهر الجبس على شكل مسحوق أبيض اللون يتوافر في الطبيعة بأشكال كثيرة يتم تحديدها عن طريق محتويات ماء التبلور الموجود في بنيته البلورية. يتم استخراج الجبس من الأرض على عمق قد يفوق 200 متر كما يمكن أن يتواجد على سطح الأرض وهو من المواد الخام المتوفرة بكثرة. و الجبس عبارة عن مسحوق يتم إذابته في الماء ثم يتصلب ويتم تشكيله بأي شكل، وإذا تم تسخينه يفقد الماء الذي تم عجنه به ويسمى بالجبس المكلس.

يتم استخدام الجبس في الكثير من الصناعات بسبب قدرته على إخفاء عيوب التشطيب الخاصة بالمباني والخرسانات، و لأنه يتميز بسهولة تشكيله يتم عمل رسومات به للأسقف و الحيطان [1]، و يستخدم أيضا كسماد و طباشير السبورات التعليمية و كجيرة لتثبيت الأطراف المكسورة و يدخل في صناعة معجون الأسنان كما تم استخدامه منذ العصور القديمة في فن النحت [2].

لقد عادت مختلف الشعوب لدراسة موروثها الشعبي قصد البحث عن حلول لمشاكلها الراهنة وذلك بالاستفادة من المواد المحلية، من هذا المنطلق سنوظف الثروة المعرفية فيما يتعلق بتقنيات صناعة الجبس و مختلف استخداماته فربما تساهم هذه الدراسة في مستقبل التنمية و تشجع على الاستثمار.

I -2- تعريف الجبس

تتكوّن مادة الجبس (بالإنجليزية Gypsum) من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) بنسبة تبلغ 79% ، و 21% من الماء، وشوائب مثل كربونات الكالسيوم (CaCO_3) والسيليكا أو الرمل (SiO_2) وكبريتات الكالسيوم. وهو عبارة عن معدن نشأ من 100-200 مليون سنة، وعندما يسخن الجبس على درجة حرارة معينة يفقد ثلاثة أرباع مائه ليتحول إلى جبس باريس ذو الصيغة ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) و تعرف هذه العملية بالكلسنة حيث يتحول فيها الجبس إلى مسحوق أبيض ناعم، كما يتحوّل إلى مادة كبريتات الكالسيوم (CaSO_4) أو ما يسمى بـ "الأنهيدريت أو الجبس الميت " عند تعريضه لدرجة حرارة عالية جدا. وهو من أكثر المركّبات وفرةً على سطح الأرض، يميّز بلونه الشّفاف المائل إلى البياض، إلا أنّه قد يظهر بألوان أخرى عند وجود الشوائب فيه، ومن هذه الألوان الأخضر (شوائب النحاس)، الأحمر الكرزى (شوائب البوتريوجين المعدني النادر)، الأصفر، البُنّي، الوردّي، الرماديّ، والأسود كما في الأشكال (I -1)، (I -2)، (I -3) و (I -4) [3-6].

و يُعدّ الجبس من المعادن قليلة الصّلابة، كما يميّز بوجوده على عدة أشكال تعتمد على كمية ودرجة التبلور [7].



الشكل (I -2): بلورات الجبس الذهبية من وينيبغ [4]

الشكل (I -1): سيلينات الجبس الشفافة [3]



الشكل (I -4): جبس من بيرناتي لاجون جبل Gunson منطقة Andamooka Ranges منطقة بحيرة Torrens جنوب استراليا [6]



الشكل (I -3): بلورات جبسية ساطعة ذات لون أحمر كرزي بها شوائب غنية من البوتريوجين المعدني النادر [5]

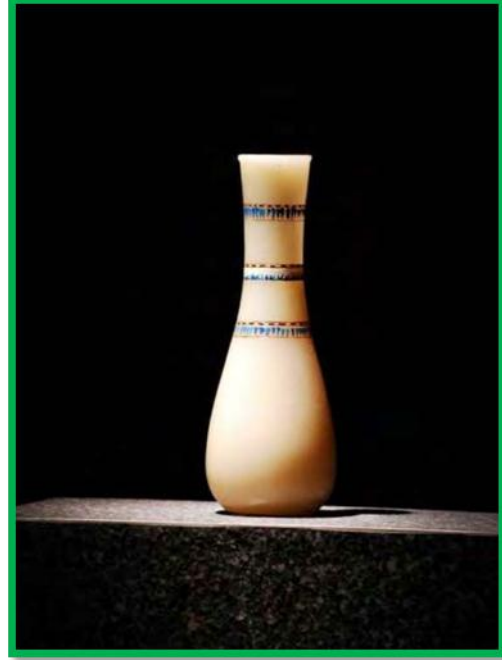
I-3- نبذة تاريخية

تشير الدلائل إلى أن بعض الجبس المتبقي في هضبة الأناضول وسوريا يعود إلى 9000 سنة مضت كما هو موضح بالشكل (I -5) [8]. وقد ثبت أيضاً أن الحضارات السومرية، الآشورية، المصرية، اليونانية والرومانية، التي حكمت الأراضي المجاورة وتفاعلت مع بعضها البعض بالتأكد، استخدمتها أيضاً كمواد بناء.



الشكل (I -5): بوابة الأسود في حاتوشا عاصمة الامبراطورية الحثية [8]

تم استخدام نوع من الجبس في الحضارات القديمة، والذي نسميه الآن المرمر كما يوضحه الشكل (I -6) الذي يعبر عن قارورة من المرمر من مقبرة الملك "توت عنخ آمون" محفوظة في المتحف المصري. كذلك التماثيل الكبيرة للأبقار المجنحة التي تنتمي إلى الحضارة الآشورية كما في الشكل (I -7) [9]، الموجودة الآن في متحف مدينة لندن، مصنوعة من نفس الحجر. كما سلك اليونانيون أيضاً عملات معدنية بها كتابة، وقاموا أيضاً بإعداد أطباق صغيرة وأباريق شاي من الجبس.



الشكل (I -6): قارورة من المرمر من مقبرة الملك الشكل (I -7): تمثال الأسد المجنح الذي يعود إلى "توت عنخ آمون" محفوظة في المتحف المصري [9]. العصر الآشوري الجديد عام 883-859 قبل الميلاد [9]

و يعود الاستخدام البشري للجبس كطلاء ولتبييض جدران المقابر إلى أكثر من خمسة آلاف سنة ، حيث استخدمه المصريون لتغطية الأسطح الداخلية لجدران الأهرامات الثلاثة حيث وجد المنقبون داخل الأهرامات المصرية، على الأسطح الجصية البيضاء الناعمة، جداريات تصور الجنود المصريين والمركبات والآلهة والحيوانات والطيور، كما كان لدى المصريين أيضاً ملاط جبس قبل 600 عام كما يوضحه الشكل (I -8).



الشكل (I -8): جداريات جبسية من داخل أهرام الجيزة [9]

كما تم استخدام الجبس قديما في الجزائر حيث يمثل إيمدغاسن أو ماد غيس أبرز ضريح أمازيغي يرجع تاريخه إلى القرن الثالث قبل الميلاد، يقع في الجزائر بالأوراس، على أراضي بلدية بوميا، في ولاية باتنة كما يوضحه الشكل (I - 9)، وهو أقدم ضريح ملكي أثري محفوظ في شمال أفريقيا، وفقا للمؤرخين في القرون الوسطى، فقد استمد اسمه من ملك نوميديا [10]، بالإضافة للضريح الملكي الموريتاني (قبر الرومية) بسيدي راشد ولاية تيبازة حيث يطل علينا بكل شموخ نصب هندسي هائل يعلو سطح البحر بـ 261 m كما يوضحه الشكل (I - 10) [11].



الشكل (I - 10): الضريح الملكي الموريتاني (قبر الرومية) [11]



الشكل (I - 9): ضريح إيمدغاسن [10]

وقد أنتقن الأوروبيون حرفة صناعة الجبس عبر القرون ولعل أشهرها هو "اللوجيا" (Loggia) الجبسية في الفاتيكان، والتي تم بناؤها في القرن السادس عشر كقماش مرتفع ومنحوت لسلسلة من اللوحات الجدارية. هذا الأمر جعل ملك فرنسا فرانسيس الأول، يأمر على الفور بزخرفة مماثلة في قصره العظيم في فونتينبلو وازدهرت بعدها في جميع أنحاء أوروبا كما يوضحه الشكل (I - 11) [12].



الشكل (I - 11): فن الزخرفة في أوروبا [12]

وفى أمريكا، تمّ نحت المباني العاجية المزخرفة للمعرض الكولومبي العالمي لعام 1893، وتزيينه بخليط من الجبس. في ذلك الوقت، لم تكن مألوفة تمامًا في قاموس مواد البناء الأمريكية فلم يكن الحرفيون من الأمريكيين لديهم مهارة في استخدام الجبس، مما جعلهم يستعينون بحرفيين من أوروبا لينقلوا خبراتهم إليهم. [12].

I-4- أنواع الجبس

يُقسّم الجبس حسب المنشأ إلى نوعين، هما:

I-4-1- الجبس الطبيعي (Natural Gypsum): يوجد الجبس الطبيعي مع الصخر الملحي على شكل أجسام مسطحة أو كتل ليفية تتطابق مع الحجر الجيري أو الحجر الرملي أو الطين أو على هيئة رواسب ذات طبقات سميكة واسعة الامتداد بشكل اجسام عدسية (بلورات أحادية طويلة ذات شكل موشوري) وتتراوح وفرته ما بين 75 - 95 %، وللجبس الطبيعي عدة أنواع منها: [7, 13-14]

➤ **جبسيت:** وهو راسب أرضي غير نقي دقيق الحبيبات مختلط بالرمل والطين.

➤ **ألياف متوازية:** وهي عبارة عن كتل جبسية كثيرة التشقق توجد على شكل ألياف متنوعة تتميز بلمعة لؤلؤية.

➤ **جبس صخري:** نوع متماسك قشري أو محبب وغالباً يكون غير نقي.

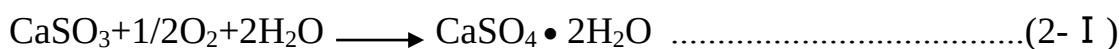
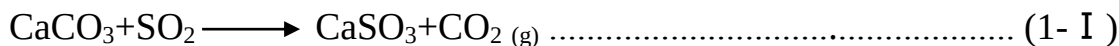
➤ **سيلينيت:** وهو من أجود أنواع الجبس حيث يتكون من بلورات أحادية شفافة كاملة وقليلة التشقق.

➤ **المرمر:** يتكون من كتل دقيقة الحبيبات.

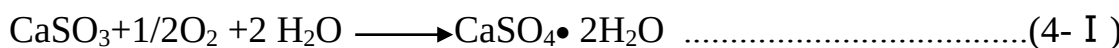
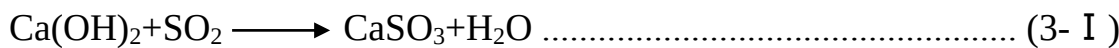
I-4-2 الجبس البديل للجبس الطبيعي: (Natural Gypsum Substitute): وهو الجبس الناتج

كمنتج ثانوي من العمليات الصناعية، وقد يُطلق عليه اسم الجبس الناتج عن إزالة الكبريت في المداخل (Flue Gas Desulphurisation Gypsum)، حيث يتمّ اتباع طريقتين لإنتاجه، جافة ورطبة وتكون كميالي:

* **الطريقة الرطبة لإنتاج الجبس (بالإنجليزية Wet Method) :** يتم توجيه الانبعاثات الغازية المحتوية على الكبريت إلى وعاء يحوي خليطاً من الكلس (CaCO_3) والماء، ليحدث التفاعل كالاتي:



* **الطريقة الجافة لإنتاج الجبس (بالإنجليزية Dry Method):** في هذه العملية يتمّ تمرير الغاز في مركّب هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)_2) كالاتي:



I-5- خصائص الجبس الفيزيائية و الكيميائية [15]

للجبس عدة خصائص فيزيائية و كيميائية نذكر منها:

➤ الجبس مادة ناعمة قابلة للذوبان في الماء بشكل معتدل، حيث تتأثر قابلية ذوبان هذه المادة في الماء بدرجة الحرارة، على عكس الأملاح الأخرى ويصبح الجبس أقل قابلية للذوبان في الماء مع زيادة درجة الحرارة و يُعرف هذا بالذوبان الرجعي، وهو سمة مميزة له.

➤ الجبس عادة ما يكون أبيض رمادي أو عديم اللون لكن في بعض الأحيان، يمكن العثور عليه أيضاً في ظلال اللون الوردي، الأصفر، البني و الأخضر الفاتح، ويرجع ذلك أساساً إلى وجود الشوائب.

- يمكن أن تكون بلورات الجبس شفافة أو مع بريق زجاجي إلى لؤلؤي، وفي بعض الأحيان، يمكن أن تكون بلورات الجبس كبيرة جدًا، وتعتبر من أكبر البلورات الموجودة في الطبيعة.
- يمكن أن تكون بعض البلورات مرنة، ويمكن ثنيها عن طريق الضغط، ولكن عندما يتم تحرير الضغط، لا تعود البلورات إلى شكلها الأصلي لأنها ليست مرنة، كما يوضحه الشكل (I -12).
- توجد بلورات الجبس أحيانًا في شكل يشبه بتلات الزهرة، يشار إلى هذا النوع من التكوين باسم "وردة الصحراء"، حيث توجد غالبًا في المناطق القاحلة أو التضاريس الصحراوية كما في الشكل (I -13).
- من المعروف أن الجبس يتميز بتوصيل حراري منخفض، و هو ما أدى إلى استخدامه في صناعة الجدران الجافة أو ألواح الجدران، و يُعرف الجبس أيضًا بأنه عازل طبيعي.
- عندما يتم تسخين الجبس، فإنه يفقد الماء ويتحول إلى كبريتات الكالسيوم نصف الماء ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$ ، والتي تعرف باسم "الباسانيت" حيث يؤدي التسخين الإضافي لهذا المعدن إلى إنتاج كبريتات الكالسيوم اللامائية أو الأنهيدريت (CaSO_4) .
- للجبس صلابة بين 1,5 إلى 2 على مقياس الصلابة وجاذبيتها النوعية هي 2,3 إلى 2,4.
- كتلته المولية 172,2 وحدة كتلة ذرية.
- يتميز الجبس بمقاومة الحريق، امتصاص وعزل الصوت، عزل الحرارة.



الشكل (I -13): وردة الصحراء [15]



الشكل (I -12): بلورات جبس طرية بدرجة كافية للانحناء تحت ضغط اليد [15]

6- طريقة تحضير الجبس

1-6-1 الطريقة التقليدية في ولاية الوادي

تعتبر صناعة الجبس من أهم الصناعات الرئيسية بالمنطقة، و ذلك لتوفر المادة الأولية و هي حجر التافزة، و تحضير الجبس يمر بعدة مراحل كالتالي:

✚ استخراج الحجارة:

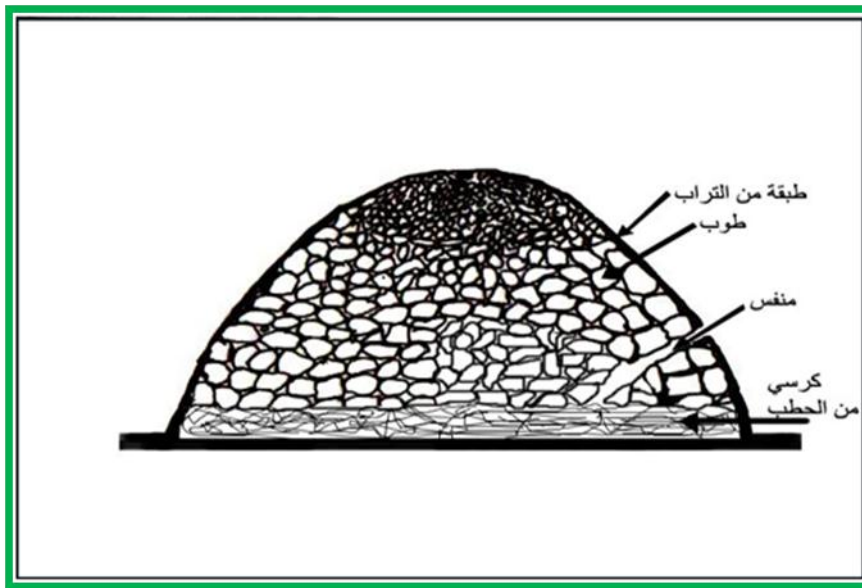
يتم استخراج حجارة الدبدابة الهشة بسهولة من محاجر خاصة تدعى المقطع، أما حجر التافزة الصلبة فتكون غالبا قرب الماء و يتطلب استخراجها عناء و مشقة، بينما حجارة الترشة فهي رقيقة و توجد عند الماء أو فوقه قليلا و الشكل (I - 14) يوضح طريقة استخراج الجبس.



الشكل (I - 14): استخراج حجارة الجبس [16]

✚ حرق الحجارة (التكليس): كانت تتم بطريقتين:

1- الحاروق: و هي طريقة قديمة كان يستعملها الفقراء أو من كان في غوطه يحتاج كمية قليلة من الجبس، حيث يجمع الكثير من حجر الترشة و يوضع على صفحة حجر التافزة و يجعل فوقه الكثير من الحطب و الحشائش حتى يأخذ شكل القبة مع ترك الجوانب عارية، لتضرم فيها النار حتى تنتشر في كامل الترشة. كما يوضحه الشكل (I - 15)



الشكل (I - 15): فرن تقليدي "الحاروق" [16]

2- الكوشة: هي فرن تقليدي يبنى من الجبس، على شكل دائري، حيث يكون بيت النار في الأسفل و مكان تركيب الحجارة المعدة للحرق في الأعلى، كما يوضحه الشكل (I -16).



الشكل (I -16): فرن تقليدي "الكوشة"

✚ **طحن و تحضير الجبس:** بعد حرق حجارة الجبس تضرب بواسطة قطعة من الخشب تدعى الخبابة، ليتحول الجبس إلى مسحوق و بهذا يكون الجبس جاهزا للاستعمال كما يوضحه الشكل (I -17) [16].



انتاج الجبس في
منطقة الفولية

الشكل (I -17): تحضير و انتاج الجبس في منطقة الفولية ولاية الوادي [16]

أما الآن فيستعمل المازوت لحرق حجارة الجبس بدل الحطب.

I 6-2- الطريقة الحديثة

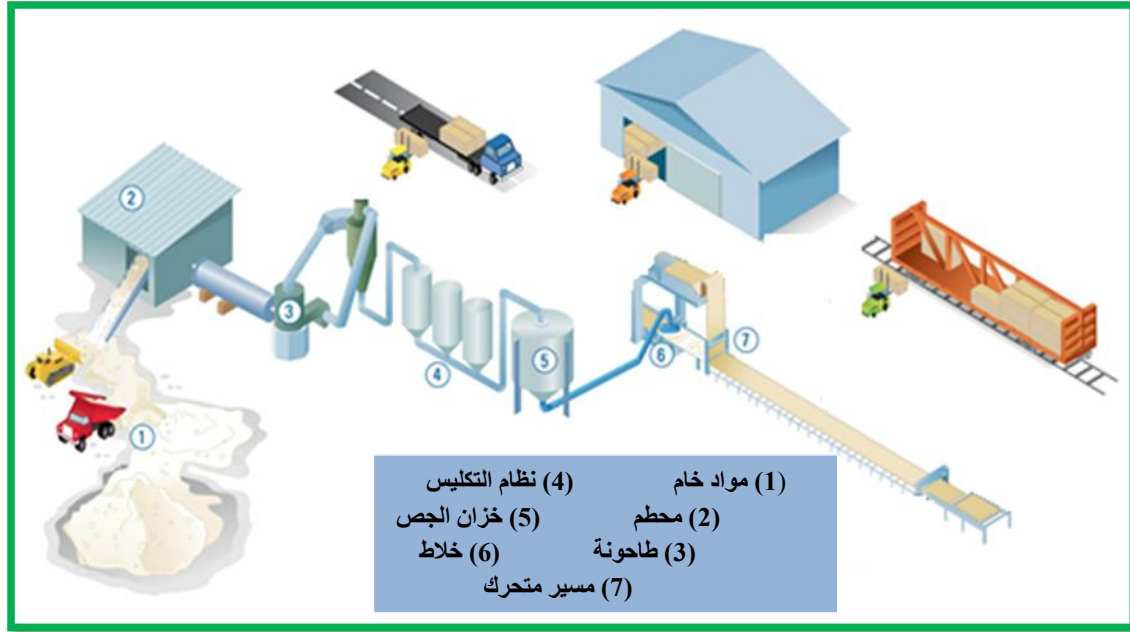
يمرّ تحضير و إنتاج الجبس بالطريقة الحديثة عبر المراحل التالية [16]:

- 1- **الاستخراج:** يستخرج خام الجبس الطبيعي من أماكن تواجده في الأرض آليا أو باستعمال المتفجرات بعدة طرق منها: طريقة التعدين السطحي التي تستخدم فيها الحفرة المفتوحة و ذلك بعد إزالة الغطاء السطحي، و طريقة التعدين تحت السطحي حيث تعد طريقة الغرف و الدعائم هي الأكثر شيوعا.
 - 2- **التكسير:** تتم بتكسير الخامات المستخرجة بواسطة كسارات إلى قطع صغيرة على مرحلتين إحداها تكسير أولي لانفاص حجمه إلى قطع صغيرة بحجم كف اليد، و الأخرى تكسير ثانوي ليصل إلى حجم العدسات ثم يخزن في مستودعات تمهيدا لإرساله إلى المحمص.
 - 3- **التحميص (الكلسنة):** يتم إرسال الجبس المكسر بعد عملية الاستخراج إلى أفران خاصة (لها أنواع عديدة مثل الفرن الشبكي و الفرن الدوار) عند درجة حرارة 130°C لتحميصه، و يبقى بداخلها مدة كافية لطرد ثلاثة أرباع الماء الذي يحتوي عليه الجبس الخام وفق المعادلة التالية:
- $$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{heat} \longrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 1.5 \text{H}_2\text{O}_{(\text{vapor})} \dots\dots\dots (5- \text{I})$$

و ينتج عن ذلك نوعان من الجبس، هما: جبس ألفا نصف مائي و جبس بيتا نصف مائي، و يتشابه النوعان في التبلور لكن الأول أقل قابلية للتفاعل و الذوبان، و بالتالي يتطلب كمية كبيرة من الماء و فترة أطول للتصلب، و هو الأكثر إنتاجا و استخداما.

و هناك عدة طرق للتحميمص و هي:

- أ- طريقة الحوض المفتوح.
 - ب- طريقة المرحل المتقطع.
 - ت- الطريقة اللولبية المتعاقبة.
 - ث- طريقة السير الناقل.
 - ج- طريقة المرحل الأفقي الدوار.
 - ح- طريقة الفرن الدوار المستمر ذي التيار المتعاكس.
- 4- **الطحن:** يرسل الجبس بعد تحميمصه إلى المطاحن لطحنه، و يمكن معايرة هذه المطاحن للحصول على النعومة المطلوبة.
 - 5- **تحليل العينات:** يتم قبل تعبئة الجبس أخذ عينات منه لإجراء عدد من الاختبارات لمعرفة مدة التصلب، النقاوة، قوة السحق، الانحناء، نوع الشوائب و نسبة كل منها ليتم تصنيفه وفق النتائج المتحصل عليها.
 - 6- **التعبئة:** يرسل الجبس المطحون إلى مستودعات خاصة تمهيدا لتعبئته في الأكياس [17].
- يمثل الشكل (I -18) رسم تخطيطي لمراحل تحضير الجبس [18]:



الشكل (I - 18) محطة انتاج الجبس [18]

I - 7- جبس باريس

يُعرف جبس باريس (Plaster of Paris) بهذا الاسم بسبب كثرة محاجره بالقرب من باريس، و هو يتكون من كبريتات الكالسيوم النصف مائية ذو الصيغة الكيميائية $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ وهو سريع التصلب. يستخدم على نطاق واسع في التصميم الداخلي والديكور، و للبناء و التشطيبات، له العديد من المزايا التي تجعله مناسباً جداً ومؤهلاً لأعمال الديكور الداخلي، و يستخدم بالشكل المطلوب بمساعدة إضافة القش والألياف المقواة إليه [19].

يحضر جبس باريس من خلال تسخين كبريتات الكالسيوم ثنائي الماء أو الجبس إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 120 و 180 درجة مئوية [20]، كما يوضحه الشكل (I - 19).



شكل (I - 19): جبس باريس [20]

يوصى باستخدام هذا النوع من الجبس لأسباب عديدة، مثل سهولة الإدارة والنعومة واللمسة النهائية الخفيفة نظراً للمظهر الجذاب للجبس نفسه، فهو لا يتقلص وبالتالي لا يسمح بوجود تشقق في الهيكل، وبناء الشكل المطلوب بسهولة، وهلم جرا [20].
و لجبس باريس عدة استخدامات نذكر منها:

- يستخدم للصب المسبق وإدارة أجزاء من الجبس الزخرفي على سطح أو سقف (الأسقف المستعارة) وجوانب الغرف.
- يستخدم لصنع قالب لحام العظام المكسورة، حيث تلتئم العظام المكسورة غير المتحركة بسرعة.
- يستخدم في صناعة الألعاب، الحلي الرخيصة، مستحضرات التجميل، الطباشير والصور.
- يستخدم في معامل الكيمياء لسد فجوات الهواء في الأجهزة التي تتطلب تكييف الهواء.
- يستخدم لتنعيم أسطح جدران المنزل قبل دهنها وعمل تصاميم زخرفية على أسطح المنازل والمباني الأخرى [20].

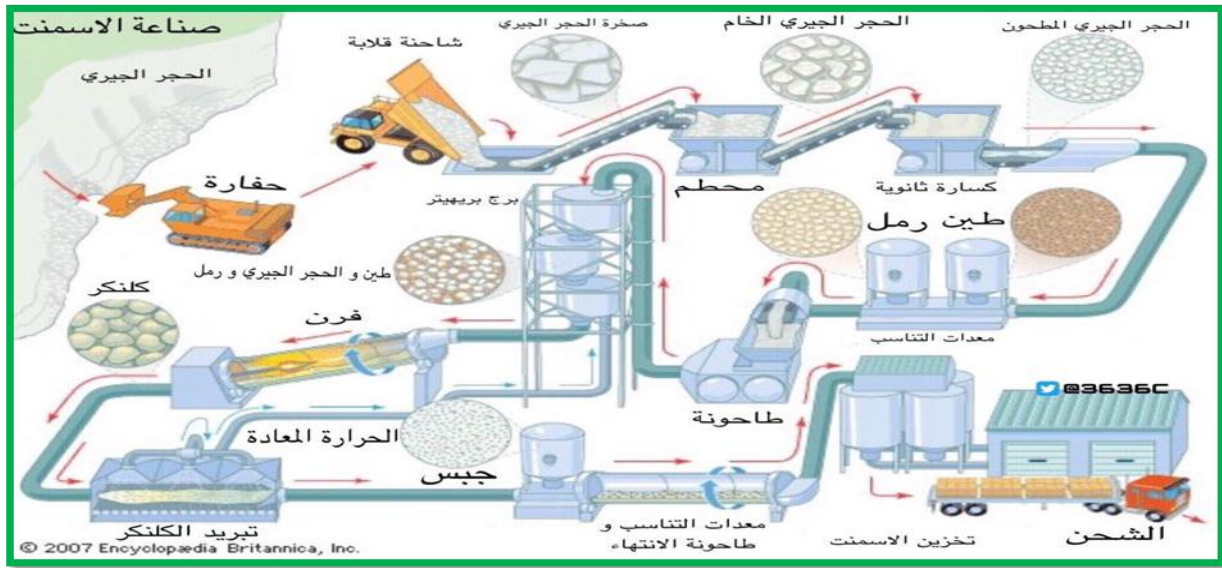
I - 8- الإسمنت الأبيض

الإسمنت الأبيض (بالإنجليزية White Cement): المسمى أيضاً الأسمنت البورتلاندي العادي الأبيض، هو نوع من مواد التدعيم الهيدروليكي، وهو مصنوع من محتوى منخفض من أكسيد الحديد والجبس ومواد أخرى، وهو مشابه للأسمنت البورتلاندي الرمادي الشائع من حيث الوظيفة والمكونات والجوانب الأخرى باستثناء درجة البياض العالية، ولكن بالمقارنة مع الأسمنت البورتلاندي العادي، فإن عملية تصنيع الأسمنت الأبيض أكثر تعقيداً.



حيث أن مراحل تصنيع الإسمنت باختصار هي عبارة عن عمليات خلط وطحن وتبريد ثم طحن وإضافة جبس.

يمثل الشكل (I - 20) مراحل صناعة الإسمنت:



الشكل (I -20): مراحل صناعة الإسمنت [25]

أما بالنسبة للاستخدامات، فيمكن أن يستخدم بالعديد من التطبيقات مثل تزيين المباني، و هنا يدخل في منافسة مع جبس باريس و لو أنها ليست بالمنافسة الشرسة لحد الآن. و يظهر الفرق بين الإسمنت الأبيض و الجبس في العديد من الجوانب ومنها:

التركيب:

يدخل في تركيب الإسمنت الأبيض العديد من المواد الخام ذات التلوين المنخفض مثل الحديد (Fe)، التيتانيوم (Ti)، المنغنيز (Mn) والكروم (Cr)، إضافة إلى الحجر الجيري الذي يقل محتواه من أكسيد الحديد الثلاثي (Fe_2O_3) عن 0,15%، كما يقل محتواه من أكسيد المنغنيز (MnO) ومن الطين الأبيض عن 0,015 %. بينما يدخل في تركيب الجبس (بالإنجليزية Gypsum): كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) كل من: الهاليت (NaCl)، الأنهدريت ($CaSO_4$)، الكبريت (S)، الكالسييت ($CaCO_3$) والدولوميت ($CaMg(CO_3)$).

الاستخدام:

يُعد الجبس من المواد محدودة الاستعمال حيث لا يصلح بشكل كبير للاستعمال الخارجي بالنسبة للأبنية، و هو يستخدم في المناطق الداخلية من البناء تحديداً في الغرف الجافة، أو قليلة الرطوبة بينما في المناطق الرطبة كالحمامات وشرفات الغسيل فإنه لا يصلح للاستعمال فيها، وعلى العكس من ذلك فإن الإسمنت الأبيض يصلح للاستعمال الخارجي في البناء، حيث يستعمل لتلبس الجدران الخارجية، إضافةً لصلاحية استخدامه في تلبس الأسقف، والجدران الداخلية في الأماكن الرطبة.

الشقوق:

يلاحظ الفرق في الشقوق المتكونة في كل من الجبس، والأسمنت الأبيض بصورة واضحة، حيث يتمدد الجبس الصلب، ويتقلص بنسب قليلة جداً مما يجعله أقل عرضة لظهور التشققات فيه، على عكس الأسمنت الذي يتمدد، ويتقلص بعد تصلبه بصورة أكبر مما يجعله أكثر عرضة للتشقق، وظهور التشوهات.

المعالجة بالماء:

يتطلب الإسمنت الأبيض بعد استعماله إلى معالجة بالماء (الرش بالماء) لمدة 7 أيام على الأقل لمنع ظهور التشققات في جدران الأبنية المغطاة به، وعلى العكس من ذلك فإن استعمال الجبس لا يتطلب أي معالجة

مائية، مما يجعل استخدامه موفرًا للماء، الوقت والجهد مقارنة باستعمال الإسمنت.

✚ مقاومة الحرارة:

يعتبر الجبس أكثر مقاومة للحرارة من الإسمنت الأبيض، وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من الماء البلوري.

✚ الانضغاطية:

يختلف معدل قوة الانضغاط (بالإنجليزية Compressive strength) للجبس اعتمادًا على أنواعه المختلفة و تعد عموماً ضعيفة مقارنة بقوة انضغاط الاسمنت [22،21].

I -9- مخاطر الجبس

للجبس مخاطر كبيرة جداً حيث تتحد كبريتات الكالسيوم مع الاسمنت وبالتالي يصبح (البيتون المسلح) مع مرور الزمن هشاً جداً مما يؤدي إلى تصدع الأبنية لذلك يستحسن في عملية البناء تعويض الجبس بالأسمنت المقاوم للكبريتات إذا كانت نسبة الجبس (6% أو أقل) أما إذا كانت نسبته (أكثر من 6%) ننصح باستبدال الجبس بالتربة مع استعمال اسمنت مقاوم أيضاً [24،23].

I -10- إعادة تدوير الجبس

إن إعادة تدوير الجبس تقلل من الآثار البيئية لاستخراج المزيد من الجبس، وعندما يتم دفن نفايات الجبس في المناخ الرطب، فإن الجبس المتحلل يمكن أن ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S). وكذلك فإن حرق الجبس يمكن أن ينتج أيضاً هذا الغاز، والذي يعد ساماً ذا تركيزات عالية من السم وله رائحة البيض المتعفن. فلم تعد بعض المناطق تسمح بهدر الجبس في مدافن القمامة لهذه الأسباب، مما يجعل إعادة تدوير الجبس أكثر أهمية.

من الواضح أنّ منتجات الجبس الجديدة يمكن أن تكون مصنوعة من الجبس المعاد تدويره، ولكن يتم استخدام مسحوق الجبس أيضاً في تحسين التربة، وتستخدم معظمها في العمليات الزراعية التجارية، فالجبس هو مصدر جيد للكالسيوم والكبريت حيث يساعد على تراخي التربة الطينية. وإضافة لذلك، فإنها تستخدم لسماد الفطر وكمادة مضافة للخرسانة. فمن الأرخص للمزارعين شراء الجبس المعاد تدويره بدلاً من الجبس البكر الذي يجب استخلاصه ثم تنقيحه، وكما أن جودة الجبس المعاد تدويره تماثل الجبس البكر [26].

I -11- استخدامات الجبس

يدخل الجبس في العديد من الصناعات وله استخدامات عديدة في الكثير من المجالات الهامة، ومن هذه الاستخدامات:

I -11-1- في مجال البناء:

قدرة الجبس على إعطاء أجواء مريحة وجمالية كمادة بناء تزيد الطلب عليه، و هو منتج طبيعي متاح بشكل شائع و خالي من الروائح. يرجع تطور بناء الجبس في عملية مستمرة إلى انخفاض الوقت وتكلفة البناء. مع مرور الوقت، تكتسب منتجات الجبس خصائص متزايدة مثل زيادة مقاومة الحريق، والخصائص الصوتية لعزل الضوضاء.... إلخ [28،27].

تتعدد استعمالات الجبس خاصة في مواد التزيين و الديكور حيث أصبح مادة مهمة لدى الحرفيين والمعماريين [29]:

✓ الحرفيون: يستعمل الحرفيون:

أولاً: جبس خاص هو الجبس الخزفي حيث يتكون من 50% ألفا (α) + 50% بيتا (β) و يستعمل في صنع القوالب وأواني التزيين و له خصائص نذكر منها:

- بداية التقلص من 10 إلى 15 دقيقة.
- نهاية التصلب من 20 إلى 30 دقيقة.

ثانياً: جبس خاص بالقولية حيث يتكون من 20% ألفا (α) + 80 % بيتا (β) ويستعمل في صناعة أدوات الديكور و من مميزاته:

- بداية التصلب من 4 إلى 6 دقائق.
- نهاية التصلب من 10 إلى 20 دقيقة.

✓ **المعماريون:** يستعمل المعماريون الجبس في البناء حيث يدخل في تركيب الاسمنت بالإضافة إلى استعماله في تزيين السقوف وصمغ الجدار، و يستعمل جبس البناء في: كل أشغال البناء ويعتمد أغلبها في استعمال جبس ألفا لجودته ونقاؤه (94%) وهو ضارب للبياض ويتكون من 50 % - 70 ألفا (α) + 30 - 50% بيتا (β).

كما أن للجبس استعمالات أخرى كثيرة في البناء حيث:

- يتم استخدامه في صناعة ألواح حوائط البيوت والمباني والمكاتب والمحلات التجارية.
- يتم استخدام الجبس في الخرسانات في الشوارع والطرق السريعة والجسور والمباني.
- يتم استخدامه في صناعة الديكورات المختلفة [27].

I-11-2- في مجال الزراعة

الجبس الزراعي عبارة عن كبريتات الكالسيوم ثنائي التمييه ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)، وهذا المركب الكيميائي يستخدم في التربة كونه مصدراً ممتازاً للكالسيوم الذي تحتاجه النباتات للنمو، إذ يعمل الجبس الزراعي على إعادة بناء واستصلاح التربة لغرض الزراعة كما في الشكل (I - 21). توجد العديد من الفوائد لإضافة الجبس الزراعي للتربة، لكن لا تظهر النتائج على نحو مباشر، لأن مفعول الجبس الزراعي بطيء نوعاً ما، وقد يظهر بعد 3 سنوات من الاستخدام، ومن هذه الفوائد ما يلي:

- يعد مصدراً ممتازاً للكبريت والكالسيوم، إذ يعمل على تحسين جودة كل من التربة وخاصة التربة الطينية، ويحسن أيضاً من جودة المحاصيل الزراعية.
- يستخدم للمساعدة في إصلاح الأراضي الزراعية التي تم ضغطها بواسطة الآليات الثقيلة.
- يستخدم للمساعدة في إصلاح الأراضي الزراعية التي تعرضت للملوحة الزائدة.
- يستخدم للتخلص من الطبقات الصلبة الموجودة في التربة.
- يستخدم للمساعدة في التقليل من سمية الألمنيوم التي قد توجد في التربة الحمضية [30].



الشكل (I - 21): استخدام الجبس الزراعي [30]

I -11-3- في مجال الطب

✓ علاج ارتفاع الحرارة الحاد:

من أوائل استخدامات الجبس في المجال الطبي هو استخدامه في الطب الصيني القديم من أجل معالجة الارتفاع الحاد في درجة الحرارة، وبالأخص ارتفاع درجة الحرارة في المعدة والرئة، حيث أن للجبس خصائص حارة وباردة تمكنه من التخلص من الحرارة الزائدة.

✓ استخدامه في مجال طب الأسنان:

اشتهر الجبس في مجال طب الأسنان، حيث استخدم في صناعة القوالب المستخدمة لصناعة الأسنان وقياس حجمها، كما يمكن استخدامه للتخفيف من ألم الأسنان واللثة، ويمكن كذلك أن يساعد في تخفيف التهاب اللثة.

✓ استخدامه في مجال جراحة العظام:

استخدم الجراحون الجبس لجبر العظام المكسورة وتصحيح الأطراف، حيث يتم تطبيقه مباشرة باستخدام القطن بدون أي إضافات أو محسنات، ويتم تثبيته بواسطة شريط ناعم ثم بالشريط اللاصق، وذلك بعد أن يتم تثبيت العضو المصاب لتقليل فرصة حدوث المزيد من الكسور (الشكل I -22).



شكل (I -22): استعمال الجبس في عملية التجبير [31]

✓ علاج أمراض الجلد:

يمكن استخدام الجبس موضعياً على البشرة لعلاج أمراض الجلد المختلفة، مثل الأكزيما، الحروق، وتقرحات البشرة، كما يمكن خلطه مع أنواع النباتات للحصول على أفضل نتائج.

✓ استخدامه كمكملات غذائية:

يحتوي الجبس على تراكيز عالية من عنصر الكالسيوم تصل بين 23 - 29%، وبالتالي يمكن تناوله كمكمل غذائي لتغطية احتياج الجسم من عنصر الكالسيوم، وذلك للمحافظة على صحة العظام والأسنان، كما أن تناول كميات مناسبة من الكالسيوم مع فيتامين D تحمي من الإصابة بهشاشة العظام [31]. كما أن للجبس استخدامات عديدة أخرى مثل:

- يتم ادخاله في صناعة الزجاج.
- يستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية.
- يدخل في صناعة الطباشير للكتابة على السبورات التي تستخدم في المدارس [27].

I - 12- خاتمة

تمّ التطرّق في هذا الفصل إلى عموميات حول معدن الجبس، إبتداء من تعريفه و مروراً بنبذة تاريخية، أنواعه، خصائصه، طريقة تحضيره، وصولاً إلى استخداماته. يمكن لكبريتات الكالسيوم المائية أو ما يسمى بـ "الجبس" ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) أن تتحول إلى كبريتات الكالسيوم نصف المائية "باسينيت أو ما يعرف بـ جبس باريس" ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) وذلك بتسخينها تحت درجة حرارة مناسبة ولمدة معينة فنتخلص من ثلاثة أرباع مائها، كما يمكن أن تتحول إلى كبريتات الكالسيوم اللامائية "الأنهدريت أو الجبس الميت" (CaSO_4) عند تسخينها تحت درجة حرارة عالية تفوق 200°C ، حيث يمكن تدوير الجبس بسهولة بين هاتين الحالتين الثلاث. ولتشخيص العينات المستخدمة في هذه الدراسة تم الاستعانة بعدة وسائل و تقنيات المتمثلة في انعراج الأشعة السينية وفلورية الأشعة السينية.

مراجع الفصل الأول

مواقع أنترنت:

- [1] <https://www.almaal.org/properties-and-types-of-gypsum>, Consulted on 13-01-2023.
- [2] <https://www.business4lions.com/gypsum/>, Consulted on 13-01-2023.
- [3] John Anthony, Richard Bideaux, Kenneth Bladh, and others, Handbook of Mineralogy, USA: Mineral Data Publishing, Page 271. Edited.
- [4] <https://mawdoo3.com>, Consulted on 27-01-2023.
- [5] Rodriguez, J. D; Jimenez, A.; Prieto, M.; Torre, L.; Garcia-Granda, S. (2008).
- [6] Rodríguez-Blanco, Juan Diego; Jiménez, Amalia; Prieto, Manuel (2007).
- [7] <http://Euro Gypsum> (2007), What is Gypsum? , belgium: ENVIRONMENT AND RAW MATERIAL COMMITTEE, Page 1. Edited, Consulted on 27-01-20.
- [8] Projekt Hattusa/Boğazköy Website des DAI, siehe Abschnitt Geschichte 2018.
- [9] ندى عثمان، "كنوز تاريخية من الشرق الأوسط في لندن"، مجلة ن بوست، 2022.
- [10] <http://elmassar-ar.com/ara/permalink/6273.html?print> 2017, Consulted on 24-01-2023.
- [11] <https://www.safarway.com/post>, Consulted on 27-01-2023.
- [12] <https://icona.almasr yalyoum.com>, Consulted on 12-02-2023.
- [13] Anthony, John W.; Bideaux, Richard A.; Bladh, Kenneth W. and Nichols, Monte C. (2003). المحرر "Gypsum". Handbook of Mineralogy (PDF). Chantilly, VA, US: Mineralogical Society of America. V (Borates, Carbonates, Sulfates). ISBN 0962209708.
- [14] <http://www.eurogypsum.org/wp-content/uploads/2015/04/livingwithgypsum.pdf>, Consulted on 12-02-2023.
- [17] بهاء بدر الدين، "دراسة جدوى فنية واقتصادية وبيئية لإنشاء مصنع للجبس"، <https://technolabelbahaagp.yoo7.com/t612-topic,2011>
- [18] <http://ae.gypsumproductionline.com/gypsum-board-production-linp1189.html>, Consulted on 27-01-2023.
- [19] <https://chemistrysources.com-plaster-of-paris>, Consulted on 27-01-2023.
- [22] تسنيم الفقيه، "معلومات عن الإسمنت الأبيض"، <https://sotor.co>.
- [23] Cockell, C. S.; Raven, J. A. (2007). "Ozone and life on the Archaean Earth", Philosophical Transactions of the Royal Society A. -1889 :1856 ج. 365 ع.
- [24] <https://ar.wikipedia.org/wiki/>, Consulted on 29-01-2023.
- [25] <https://almerja.net/reading.php?idm=196856>, Consulted on 12-02-2023.

- [26] <https://environeur.com/ar/articles>, Consulted on 12-02-2023.
- [27] <https://www.almaal.org/properties-and- types-of-gypsum>, Consulted on 13-02-2023.
- [28] <https://idtc.najah.edu/ar/articles/2020/11/02/stkhdm-lgbs-fy-ltsmym-ldkhly/>, Consulted on 14-02-2023.
- [29] <https://www.marefa.org/>, Consulted on 13-02-2023.
- [30] <https://planting.mawdoo3.com/p>, Consulted on 14-02-2023.
- [31] <https://health.mawdoo3.com/n>, Consulted on 14-02-2023.

المراجع باللغة العربية:

- [15] أحمد علي، " خصائص واستخدامات الجبس "، المجلة الالكترونية إي عربي، 2021.
- [16] أ.فاتح باهي، " أفران الجبس التقليدية و دورها في تنشيط الحركة العمرانية في وادي سوف مطلع القرن 20"، مجلة قبس للدراسات الإنسانية و الاجتماعية، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي.
- [20] م. محمد، " جبس باريس - استخدامات، إيجابيات وسلبيات، طريقة الإعداد "، مقالة، 2021.
- [21] أفنان قاقيش، " الفرق بين الاسمنت الأبيض و الجبس "، مقالة، 2022.

الفصل الثاني:

طرق التشخيص و الوسائل
المستعملة



تمهيد

اعتمدت في معالجة وتحسين خواص جبس منطقة الفولية الوادي عدة طرق و وسائل متمثلة في: الكلسنة (التحميص) وبعدها تم تعريض العينة المعالجة لجرعة محددة من الأشعة السينية وهي الطريقة المتبعة للكشف عن الأطوار الموجودة في هذه المادة لأنها طريقة متوفرة و غير متلفة للمادة، كذلك قمنا باستعمال تقنية فلورية الأشعة السينية التي تساعد على التعرف على مكونات مادة الجبس المدروسة. فما هي مبادئ عمل هاتين التقنيتين؟

II-1- الأشعة السينية

II-1-1- مقدمة

تتزايد الثروة الإنسانية المستمدة من العلم بتسارع كبير، من خلال تقدم عمر البشرية على سطح الأرض، و قد سُمي العقد (1895 م إلى 1905 م) بالفريد وذلك عائد إلى التقدم العلمي الهائل والذي أدى إلى تراكم الثروة العلمية فيه [1] .

تم اكتشاف ظواهر و أسست نظريات لم تكن معروفة من قبل، ومن بين هذه الاكتشافات "الأشعة السينية" [1]، وقد كانت بارزة في مجال الطب حيث قفز قفزة هائلة بواسطتها [2]، وهي بداية لسلسلة من الخدمات العظيمة المتزايدة باستمرار في مختلف المجالات [2،1] .

وقد كان لها الأثر الواضح في الفيزياء حيث أصبح بالإمكان التعرف على التركيب البلوري لمادة ما، ودراسة الترتيب الذري في الشبكة البلورية بالإضافة إلى تصويره باستخدام أشعة ذات طول موجي محدد، ومن خلال هذه الأطوال يتم الكشف على العديد من خصائص أو معاملات التركيب البلوري [3،4]. وسنقوم بالتطرق بالتفصيل للأشعة السينية في هذا الفصل.

II-1-2- تعريف الأشعة السينية

تعد الأشعة السينية جزءا من الأشعة الكهرومغناطيسية وهي موجات مستعرضة يتراوح الطول الموجي لهذه الأشعة ما بين $0.1\text{\AA}$ (وهو الحد الأدنى لأشعة جاما) و $100\text{\AA}$ (وهو أقصى حد للموجات فوق البنفسجية).

تتطلق الأشعة السينية في الفراغ بسرعة تقترب كثيرا من ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية $(2,9972458 \times 10^8 \text{ m/s})$ ، وتتراوح طاقة فوتون الأشعة السينية من 0.1eV إلى 100eV [5،1]. وتحسب طاقة الفوتون من الأشعة السينية (بوحدة الاكترون فولط eV) والذي طول موجته λ (بالانجستروم Å) من العلاقة :

$$E = 12400/\lambda \dots\dots\dots (1- II)$$

$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ joule} \dots\dots\dots (2- II)$$

$$E = h c / \lambda \dots\dots\dots (3- II)$$

ويتراوح الطول الموجي للأشعة السينية المستخدمة في مجال التركيب البلوري من $0.5 \text{ \AA}$ إلى $2.5 \text{ \AA}$ [6،5].

II-1-3- نبذة تاريخية

تم اكتشاف الأشعة السينية عام 1895 على يد العالم الألماني كونراد رونتغن الشكل (II-1) [6]، في مختبره بمعهد الفيزياء بجامعة يوليوس ماكسيمليانس، حيث تأكد يوم 8 نوفمبر 1895م انه قد اكتشف أشعة كهرومغناطسية غير معروفة أطلق عليها بالانجليزية فيما بعد اسم X-Ray وهي تعني الأشعة المجهولة أو الغامضة، وأطلق عليها أيضا أشعة رونتغن نسبة لمكتشفها. أخذ رونتغن أول صورة لجسد إنسان يوم 22 ديسمبر 1895م خاصة بيد زوجته، وبعد ستة أيام كشف رونتغن عن اكتشافه لأشعة غير معروفة. حيث كتب في مذكرة الإعلان عن أشعته الغامضة عبارة "لقد اكتشفت شيئا مثيرا جدا" [1،6]. لكن رغم عظمة فكرة عمله إلا أن الكثير من العلماء وصفوا اكتشافه بـ"الصدفة" [2].



الشكل (II-1): كونراد رونتغن أستاذ بجامعة فورتسبورغ [6].

حصل رونتغن على جائزة نوبل في الفيزياء في سنة 1901م، بتجربته التاريخية التي كان يسعى من وراءها إلى دراسة طبيعة الأشعة المهبطية، حيث قام رونتغن بتسليط شعاع الكتروني داخل أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء تنطلق داخله الكترونات من القطب الكهربائي السالب إلى القطب الموجب وذلك تحت تأثير توتر كهربائي مرتفع. ولقد أحاط الأنبوب بورق أسود بغية حجب الشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأنبوب المفرغ، كما ثبت شاشة أمام الأنبوب لبداية التجربة. وقد بدأت على إثرها الشاشة بالتوهج نتيجة تفاعل حزمة الاشعة X معها [6،7].

وقد قُوبل هذا الاكتشاف بكثير من الاهتمام في الأوساط العلمية، واستخدم للتصوير في المجال الطبي. و اسفرت الخمسة عشرة سنة اللاحقة عن معلومات قليلة عن طبيعة هذه الأشعة حتى استطاع العالم ماكس فون لاوي " التأكد من طبيعتها الموجية عام 1912م عندما أجريت أولى تجارب الانعراج التي اقترحها، وأثبتت هذه التجارب أن الاشعة السينية هي موجات كهرو مغناطسية مستعرضة [7،8].

II-1-4- إنتاج الأشعة السينية

يتركب جهاز إنتاج الأشعة X كما يوضحه الشكل (II-2) [1،6] أساسا من شعيرة تصنع عادة من التنغستين W ، فعندما يتعرض المهبط (الكاثود cathode) إلى فرق جهد تسخن الفتيلة وتشتع (تطلق أو ترسل) الكترونات بفعل ظاهرة الإشعاع الكهروحراري. تتسارع هذه الأخيرة تحت تأثير فرق الجهد اللازم لجعل الإلكترونات تتحرك من القطب السالب المتصل بالشعيرة إلى القطب الموجب A المتصل بالمصعد (الهدف). عادة ما يكون فرق الجهد المطبق في الأشعة التشخيصية ما بين (20 إلى 150 KV) وكلما زاد فرق الجهد المطبق زادت الإلكترونات المرسله من الفتيلة (شعيرة التنغستين) [6،9].

أنبوبة الأشعة السينية

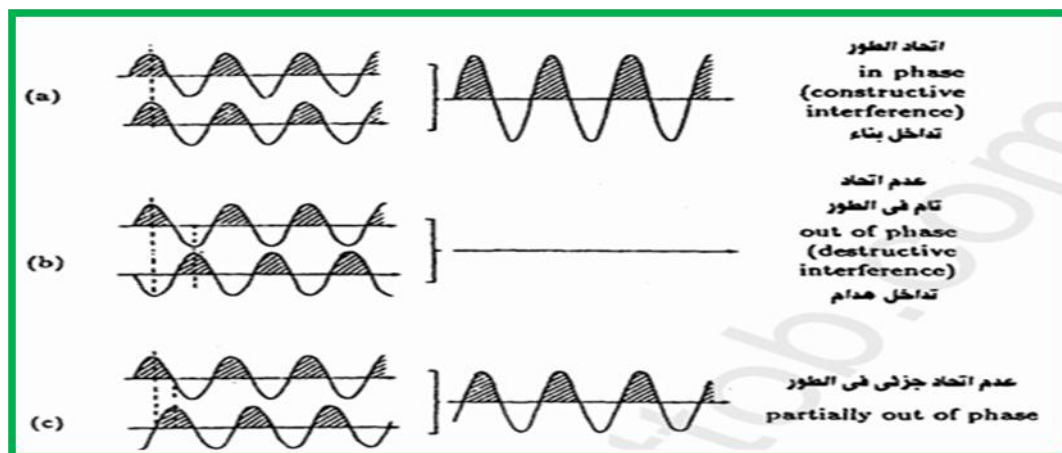
أنود عازل
هدف من تنغستن
جزء ثابت الدوار
المسعد (أنود)
غلاف زجاجي
المصطب (كاثود)
الفتيلة
كوب التركيز
نافذة
الأشعة السينية المنتجة
الإلكترونات

II-1-5- انعراج الأشعة السينية

يستخدم تعبير الانعراج (الحيود) عندما تكون حزمة من الأشعة السينية تسير وفق خط مستقيم وفي وسط متجانس ثم يحدث لمسارها ما يجعله يغير اتجاهه [10].

يعتمد مبدأ انعراج الأشعة السينية أساسا على تعريض العينة إلى حزمة من الأشعة السينية أحادية الطول الموجي، جزء من هذه الحزمة ينعكس عن طريق المستويات الذرية البلورية و بشدات مختلفة وهذا تبعا لتوجه المستويات وعددها [11].

يحدث تداخل للموجات و يسمى بالتداخل البناء إذا كان لهما نفس الطور أو كان فرق الطور (فرق المسار) مساويا لعدد طبيعي من الطول الموجي ويعطى نقطة مضيئة، أما إذا كان غير ذلك فإن التداخل يكون هداما و يعطى نقطة مظلمة [7]، وهذا ما يوضحه الشكل (II -3):



الشكل (II -3) يمثل التداخل البناء والهدام [8]

II-3-5-1- قانون براغ

تمكن العالمان هنري براغ وابنه لورنس من استنتاج قانونهما المبني على أساس أن فرق المسار للأشعة الساقطة والمنعكسة مساويا لطول موجة واحدة أو عدد كامل من الأطوال الموجية [12]، وفق العلاقة (3- II) التالية [9]:

$$\delta = n \lambda \quad \text{.....(3- II)}$$

وقد قام العالمان براغ بصياغة قانونهما رياضيا وفق العلاقة (4- II) التالية:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad \text{.....(4- II)}$$

حيث δ : فرق المسار

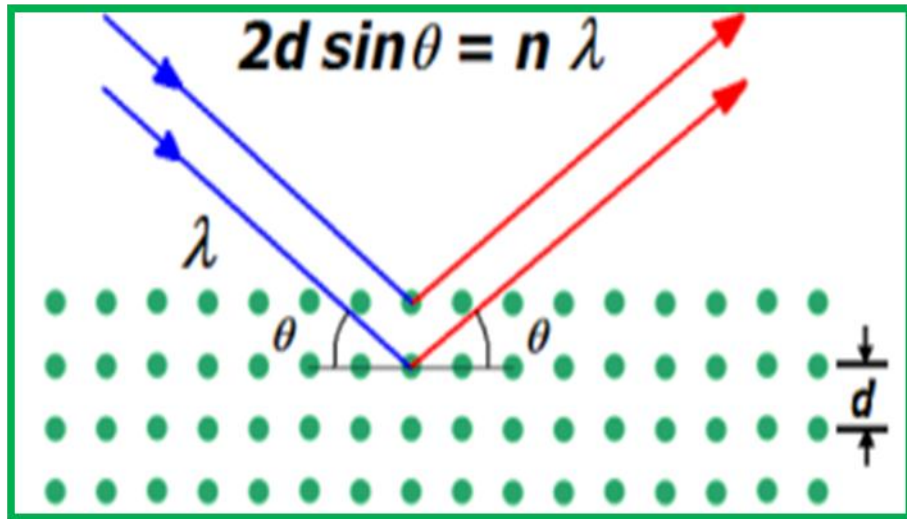
n : عدد صحيح يمثل رتبة الانعراج

λ : الطول الموجي للأشعة

θ : زاوية سقوط الأشعة (وهي نفسها زاوية الانعراج و تسمى بزاوية براغ)

d_{hkl} : المسافة الشبكية لمجموعة المستويات (hkl)

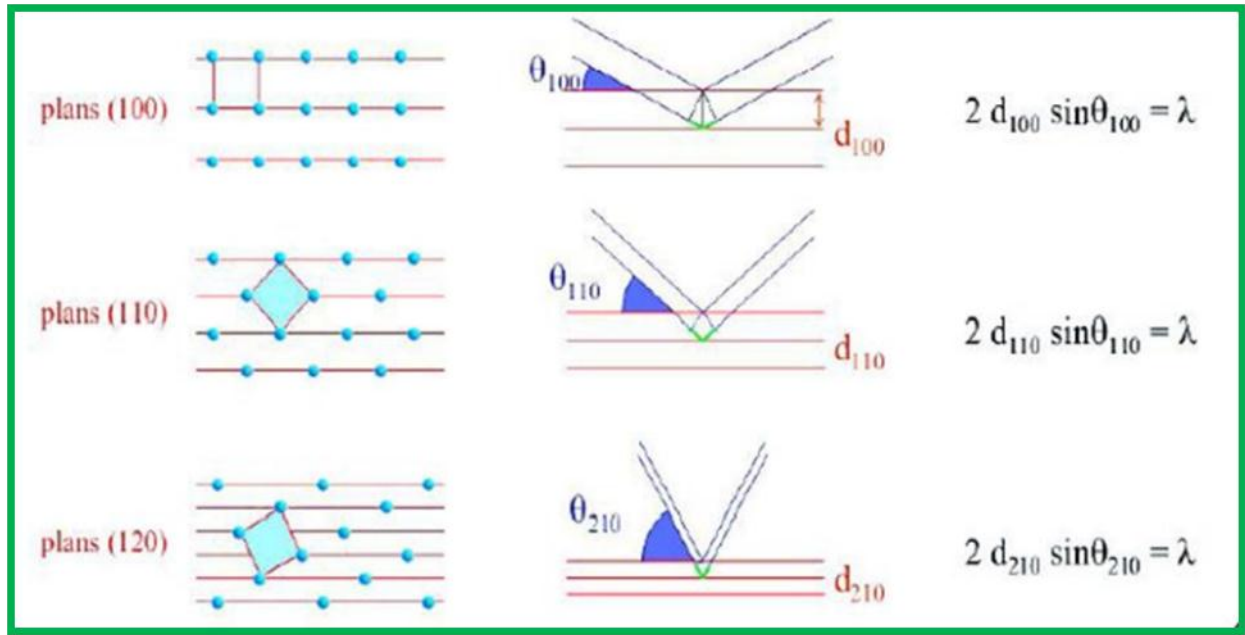
والشكل (4- II): يوضح قانون براغ برسم تخطيطي.



الشكل (4- II): انعراج الأشعة السينية في المستويات الذرية [9]

ولحدوث ظاهرة الانعراج يجب أن يكون هذا الشرط $\lambda < 2d$ محقق حتى نتحصل على انعكاسات براغ وهو سبب في عدم ملائمة الضوء العادي لدراسة التركيب البلوري، وهذا القانون يفيد في استخراج المسافة الشبكية d_{hkl} لكل مستوى وبالتالي تحسب مختلف ثوابت الشبكية البلورية [7،9].

تختلف المسافة الشبكية الفاصلة بين مستويين متتاليين في مجموعة المستويات المتوازية من مجموعة إلى أخرى وان قياس المسافة الشبكية يتم من خلال اتجاه البلورة فكلما غيرنا اتجاه البلورة بالنسبة لحزمة الأشعة السينية الساقطة كلما يتم التعرف على المزيد من القياسات للمسافات الشبكية، كما هو موضح في الشكل (5- II) [6،10،15]:



الشكل (II -5): يوضح العلاقة بين اتجاه البلورة والمسافات الشبكية d_{hkl} المحسوبة [15]

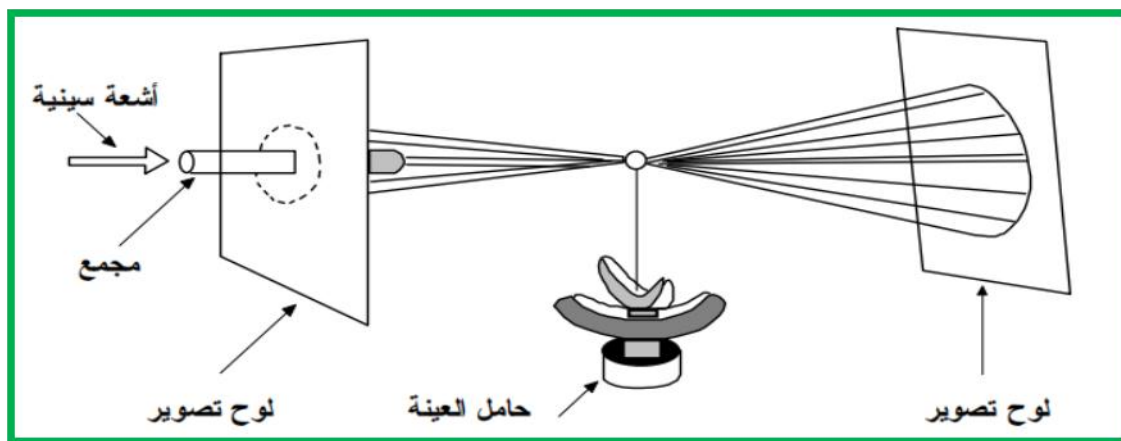
II-1-5-4 الطرق التجريبية لانعراج الأشعة السينية

توجد طرق عديدة لتسجيل الانعراج والتي تعتمد على الشكل الذي توجد عليه العينة إذا كانت بلورة أحادية أو مادة على شكل مسحوق وكذلك على نوع الأشعة المستخدمة إذا كانت أشعة ذات طيف مستمر أو أشعة وحيدة الموجة [5].

طريقة فون لاوي:

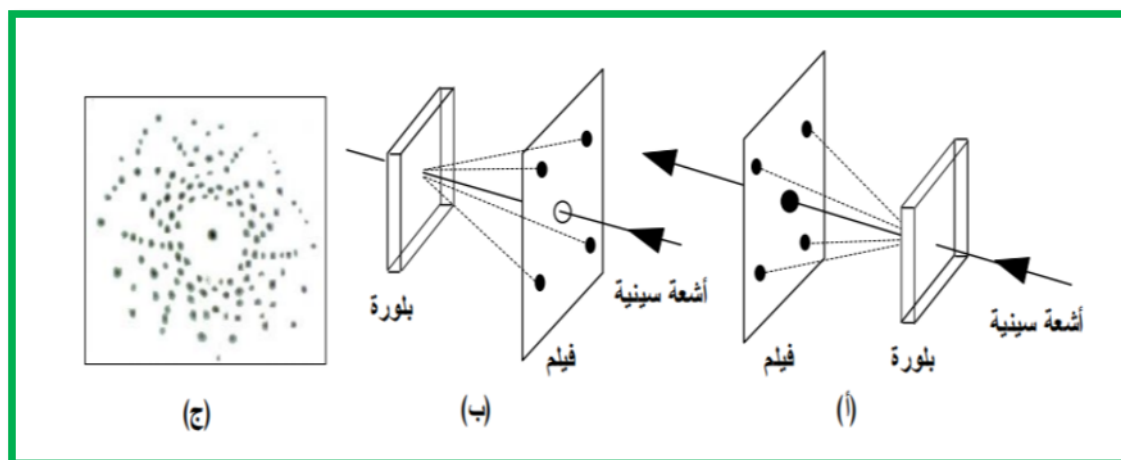
سُمّيت هذه الطريقة نسبة للعالم الألماني ماكس فون لاوي، والتي فيها توصل إلى أن الأشعة السينية ذات طبيعة موجية، وتستخدم طريقة لاوي في تحديد تناظر واتجاه البلورات أحادية التركيب (بلورات صغيرة تزيد أبعادها عن 1mm) وذلك بتحليل نموذج حيود الأشعة السينية الناتج.

يتم في هذه الطريقة استعمال الأشعة ذات الطيف المستمر ويكون اتجاهها ثابت بالنسبة للبلورة. يقوم مبدأ عملها على ثبوت زاوية سقوط الأشعة السينية θ ، تغير في الطول الموجي λ وتحقيق قانون براغ المعروف، وذلك عن طريق سقوط شعاع أبيض من الأشعة السينية على بلورة أحادية ساكنة (بالتالي تكون θ ثابتة لجميع مستويات البلورة) كما هو موضح بالشكل (II -6) [5]. ويتم تثبيت البلورة حتى يكون لها توجيه ثابت بالنسبة لحزمة الأشعة الساقطة ويوضع لوح تصوير (فيلم) على مستوى عمودي على الأشعة الساقطة ولوح آخر للتصوير يكون خلفها، حيث يكون اللوح الأمامي مثقوب من المنتصف لمرور الأشعة الساقطة [8،5].



الشكل (II -6): التركيب التجريبي لانعراج الأشعة السينية طبقا لطريقة لاوي [5]

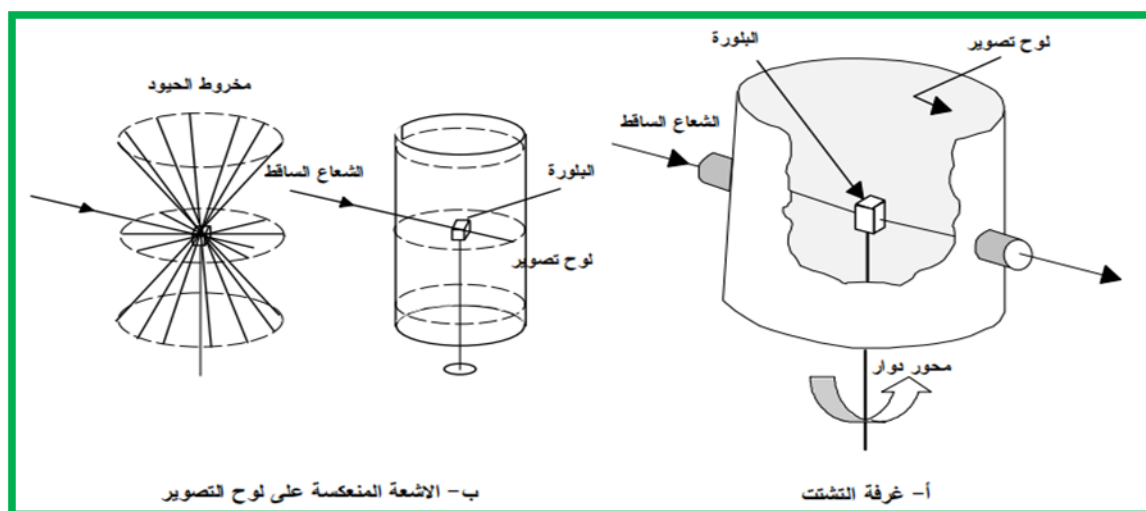
يمكن تسجيل انعراج الأشعة بطريقة ملائمة بواسطة كاميرا بولارويد (Camera Polaroid) أو بواسطة أي جهاز إلكتروني، و يمكن تحليل نماذج انعراج الأشعة المنتشرة النافذة أو الأشعة المنتشرة المرتدة بالانعكاس من البلورة و التي يتم الحصول عليها على ألواح التصوير كما هو مبين بالشكل (II -7) الجزئين (أ) و (ب) على الترتيب، و نتيجة انعكاسات كل مجاميع المستويات المتوازية يظهر نموذج الحيود الذي هو على هيئة بقع (تلتطخات) على لوح التصوير موزعة بصورة تُظهر توجه البلورة كما هو موضح في الجزء (ج) من الشكل (II -7) [5].



الشكل (II -7): حيود لاوي في (أ) نمط الأشعة النافذة، (ب) نمط الأشعة المرتدة بالانعكاس و (ج) نموذج تداخل الأشعة النافذة [5]

طريقة البلورة الدوارة:

يستخدم في هذه الطريقة بلورة دوارة صغيرة أحادية تدور حول محور ثابت، وتسقط عليها الأشعة السينية أحادية الطول الموجي وذلك من أجل الحصول على مدى متصل من زوايا السقوط θ على المستويات البلورية المختلفة في مسافات البينية لكي تتاح الفرصة لتحقيق قانون براغ ويوضح الشكل (II -8) رسما مبسطا لهذه الطريقة حيث يأخذ فيلم التصوير شكلا اسطوانيا محوره يوازي محور الدوران الذي تثبت عليه البلورة ، وتظهر انعكاسات براغ على الفيلم الحساس في طبقات أفقية [8،15].

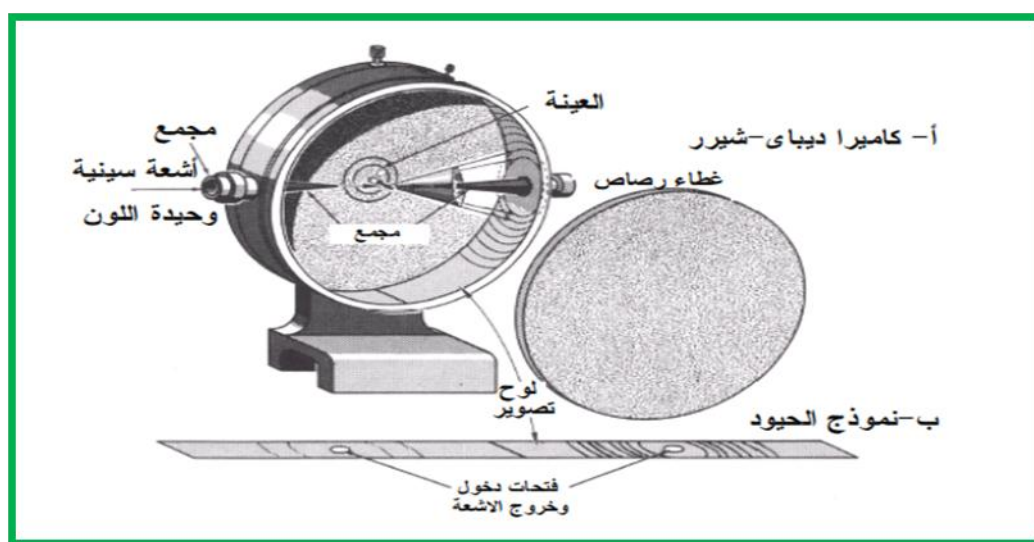


الشكل (II - 8): طريقة الانعراج داخل البلورة الدوارة [7]

طريقة المسحوق:

تسمى هذه الطريقة أيضا بطريقة ديبيي - شيرر (Debye- Shearer) وهما أول من صنعا آلة تصوير الانعراج (الحيود) وتحمل نفس الاسم. يعتمد أسلوب عمل هذه الطريقة على استخدام ضوء أحادي اللون (الطول الموجي ثابت) و زاوية سقوط متغيرة [8].

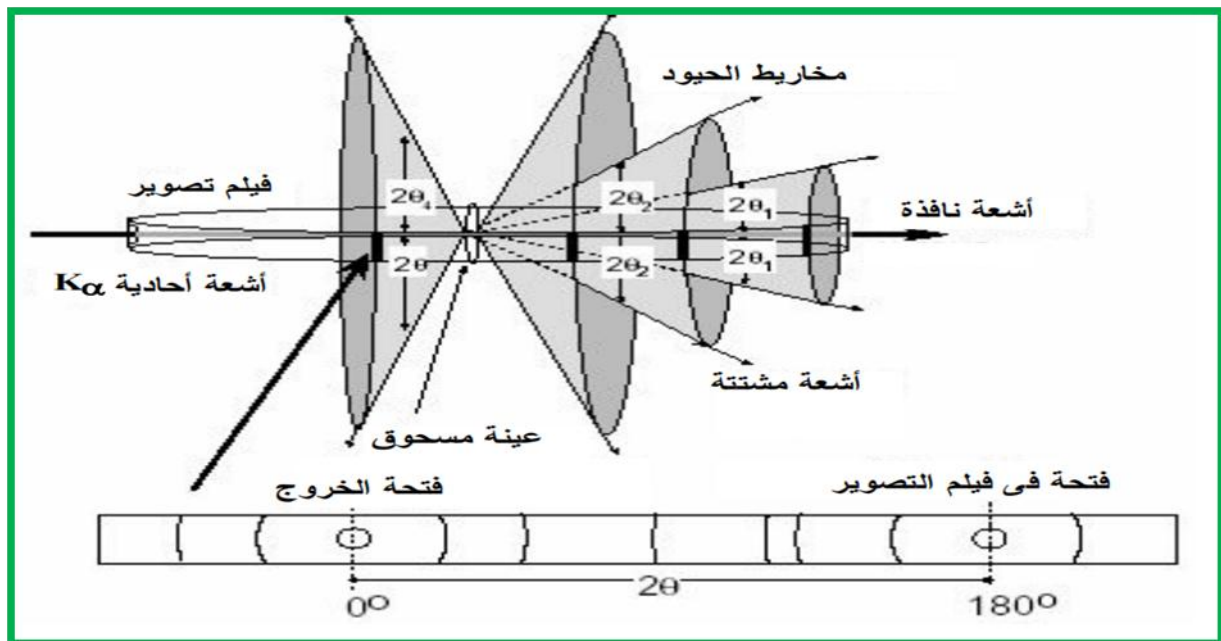
يتم طحن العينة لتتحول الى مسحوق ناعم (بلورات صغيرة) وتعبأ في كبسولة رفيعة (أنبوبة شعرية من مادة ليس لها تأثير على الانعراج (الحيود) ولا يتجاوز قطرها 1mm). توضع الكبسولة عموديا في مركز كاميرا ديبيي -شيرر التي تحتوي على لوح تصوير بداخلها ويتم تعريض البلورة لأشعة سينية أحادية اللون كما هو موضح في الشكل (II - 9) [8].



الشكل (II - 9): مخطط يوضح كاميرا (ديبيي -شيرر) ونموذج الانعراج [8]

وكلما كان المسحوق يحتوي على بلورات صغيرة موجهة عشوائيا كلما كانت مستويات الانعراج متاحة وتتألف من عدد كبير من الأشكال المخروطية من الأشعة السينية وتكون لكل منها نصف زاوية المخروط 20° أو ضعف زاوية براغ للانعراج. و السبب في ظهور هذه الأشكال المخروطية هو الأشعة

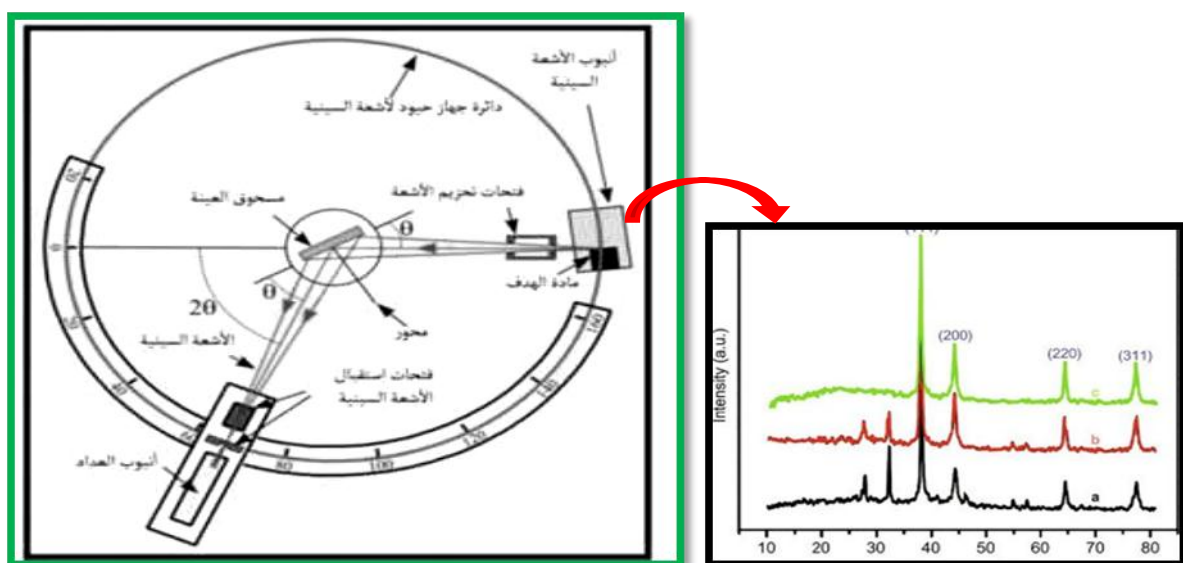
المتشنتة [8]. وبعد إجراء الانعراج لزمن كافي يظهر لوح التصوير بعد التظهير (تحميضه) نموذج الانعراج المبين في الشكل (II - 10) [8].



الشكل (II - 10): مخطط يوضح مخاريط الأشعة المتشنتة بزوايا مختلفة و الانعراجات داخل فيلم التصوير [8]

جهاز الانعراج الآلي:

صمم هذا الجهاز ماثلاً لطريقة ديبي - شيرر، ويكمن الاختلاف بينهما في العداد المتحرك الذي يحل محل شريحة الفيلم وهذا موضح في الشكل (II - 11) [8]، فعند خروج الأشعة من المصدر تسقط على العينة ثم تنعكس لتكون أشعة منعرجة تلتقي في بؤرة عند فتحة خاصة لتجميع الأشعة فيقوم الكاشف بالتقاطها في وضعه الزاوي 2θ ، وهذا يضمن أن تكون زاويتا السقوط على العينة المستوية والانعكاس منها متساويين دائماً، وهو نظام ضروري للاحتفاظ بشرط التركيز، وذلك حتى يسمح بقياس شدة الانعكاسات الضعيفة [5].



الشكل (II - 11): يمثل التركيب التجريبي لجهاز الانعراج الآلي [19]

إن هذه التقنية تسمح بتأشير خطوط الانعراج حيث يمكن الحصول على قائمة الثنائيات (d_{hkl} , I) أو (θ_{hkl} , I)، انطلاقاً من المخطط. وهذه القائمة تكون مميزة لكل عنصر أو مركب، وقد وضعت على شكل كتب في نظام بطاقات تعرف بـ (A.S.T.M) ويمكن من خلالها تعيين وسائط الخلية البلورية للطور وبالتالي تحديد ماهية المادة [19].

يتكون جهاز انعراج الأشعة السينية الآلي كما يوضحه الشكل السابق من أنبوبة توليد الأشعة السينية أحادية الطول الموجي، و من حامل العينة الذي يكون على شكل شريحة مستوية يمكنها الدوران بالإضافة إلى كاشف الأشعة السينية، و مقياس الزاوية المدرج الذي يتحرك عليه الكاشف لتحديد الزوايا حيث يتم تسليط حزمة أشعة سينية خاصة بالنحاس ذات الطول الموجي $\lambda_{\alpha K}(Cu)$ في مجال قيم الزوايا $2\theta \in [10^\circ - 80^\circ]$ عادة، فتتخرج الأشعة السينية الواردة من المصدر عند مرورها بالعينة، و يقوم الكاشف بقياس الإشعاع المنعرج بدلالة الزاوية (2θ) المتشكلة من حزمة الأشعة النافذة، حيث يتصل جهاز الانعراج بحاسوب مزود بنظام يسمح بتسجيل النتائج على شكل مخطط يدعى: مخطط الانعراج (Diffraction Pattern or Pattern)، و التي تمثل شدة الفوتونات المنعرجة بدلالة (2θ)، و بمساعدة الجداول الموجودة في بنك المعطيات (A.S.T.M) سابقاً و (JCPDS) حالياً، يمكننا الوصول إلى تحديد الطور ووسائط الخلية الموافقة لهذه المخططات.

II-1-6- مجالات استخدام الأشعة السينية

دخلت الأشعة السينية حيز التطبيق بعد اكتشافها مباشرة، وتم الاستفادة منها في العديد من المجالات وأبرز هذه المجالات :

❖ في الطب:

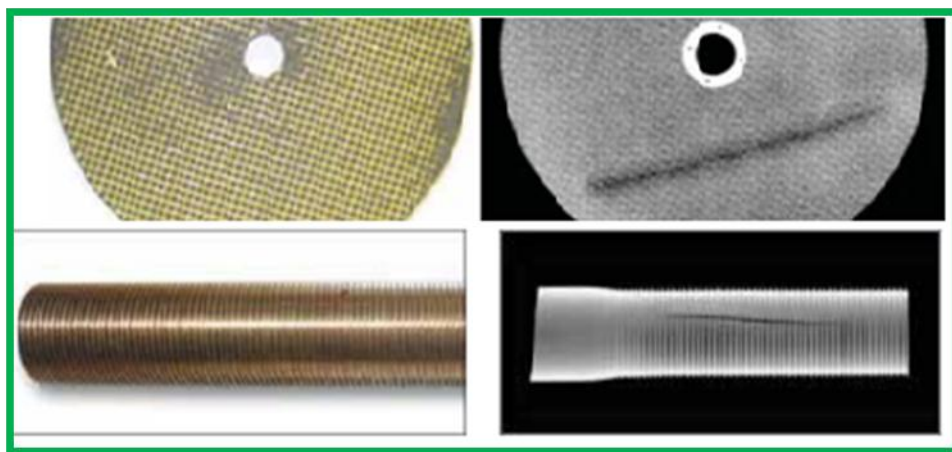
تعتبر الأشعة السينية اختباراً سريعاً وغير مؤلم والتي تُنتج صوراً للبنية الموجودة داخل الجسم حيث تمر حزم الأشعة السينية عبر الجسم، ويتم امتصاصها بكميات مختلفة بناءً على كثافة المواد التي تمر من خلالها. أما المواد ذات الكثافة مثل العظام والمعادن، تظهر بلون أبيض في صور الأشعة السينية، ويظهر الهواء الموجود داخل الرئتين بلون أسود، وتبدو الدهون والعضلات كأطياف رمادية، وتستعمل في نطاق واسع لعمل المرسمة الإشعاعية (صور الأشعة السينية) للعظام وأعضاء الجسم الداخلية و الحالات المرضية مثل: العظام المكسورة أو التهاب المفاصل أو أمراض الرئة بالإضافة إلى طب الأسنان. الشكل (II-12) [9،18].



الشكل (II-12): صور لمناطق مختلفة لجسم الإنسان بواسطة الأشعة السينية [20]

❖ في الصناعة:

تستخدم الأشعة السينية في فحص المنتجات المصنعة من مواد مختلفة، وذلك للكشف عن العيوب الداخلية كالشروخ والشقوق المعدنية أو الخشبية وغيرها، التي لا يظهر أثرها على الأسطح [1]، والشكل (II-13) يوضح الكشف على العيوب الصناعية.



الشكل (II-13): كشف عن العيوب الصناعية بواسطة الأشعة السينية [1]

❖ في مجال الأمن:

تعمل بعض نباتات فحص الفلزات باستخدام الأشعة السينية، مثل: الماسحات المستخدمة في المطارات للبحث عن الأسلحة في الأمتعة وغيرها [17].

❖ في مجال الفن:

استخدمت للتعرف على أساليب التزييف والتمييز بين اللوحات الحقيقية والمزيفة [17].

❖ في دراسة البلورات:

يستعمل انعراج الأشعة السينية كأداة لفحص التركيب الدقيق للمواد المختلفة ومعرفة ترتيب الذرات داخل البلورات [1].

II-2- تقنية فلورية الأشعة السينية

II-2-1- مقدمة

الفلورية (Fluorescence) هي ظاهرة فحواها انبعاث ضوء من المادة عند سقوط ضوء آخر ذي طاقة عالية عليها، وتنتهي عملية الفلورية بمجرد توقف سقوط الضوء الخارجي، مع العلم أن هذه الظاهرة لا تؤثر على خصائص المادة [1].

II-2-2- تقنية التحليل الطيفي باستخدام فلورية الأشعة السينية (XRF)

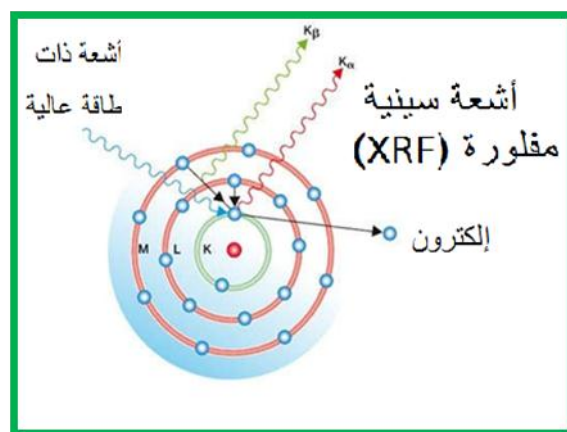
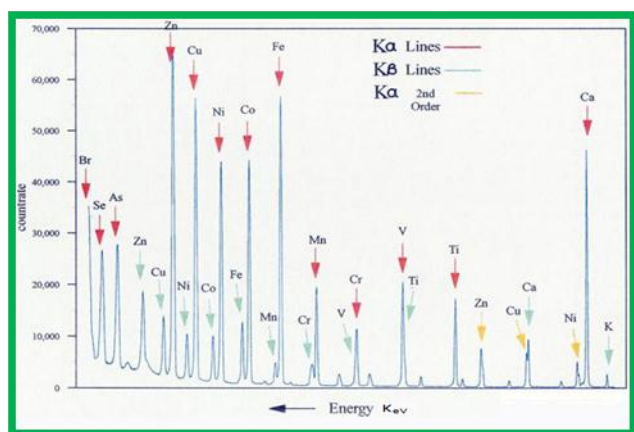
فلورية الأشعة السينية يرمز لها بالرمز (XRF) اختصاراً من (X-Ray-Fluorescence) وهي إصدار تلقائي ومميز للأشعة السينية الثانوية (الفلورية) من المادة التي تم تعريضها لمصدر ذي طاقة عالية الذي يؤدي إلى تهيج أو الإثارة مثل : الأشعة السينية ذات طاقة عالية أو أشعة غاما [9].

تعتمد تقنية فلورية الأشعة السينية (XRF) على تفاعل الأشعة السينية مع الكتلونات ذرات العينة، وتستعمل في تحديد العناصر الكيميائية المكونة للعينة سواء كانت ذات تركيز عالي (العناصر الرئيسية) أم ذات تركيز منخفض (العناصر النادرة) [1].

II-2-2-1- مبدأ عمل تقنية فلورية الأشعة السينية (XRF)

إن سقوط أشعة سينية مرتفعة الطاقة ذات أطوال موجية قصيرة، وتتراوح طاقتها بين 50 و 60KeV على المادة يؤدي إلى تأين بعض الذرات، وذلك بطرد بعض إلكتروناتها فإذا كانت طاقة الإشعاع كافية لطرد إلكترون داخلي مرتبط بشدة داخل الذرة مع النواة الذرية، ويغادر هذا الإلكترون الذرة بعد التغلب على الحاجز الطاقي الذي يربطه مع النواة، وتصبح الذرة غير مستقرة، فيهبط أحد إلكترونات الغلاف الخارجي للنواة ليحل محل الإلكترون الداخلي المفقود ولملأ المكان الشاغر. وهذه الظاهرة موضحة في الشكلين (II-14) و (II-15).

أثناء هذه الحركة أو الانتقال تتحرر الطاقة الزائدة عن طاقة الإلكترون في مداره الجديد القريب من النواة وتكون على شكل أشعة مميزة للعنصر المكون للمادة. وتكون طاقة هذه الأشعة المميزة منخفضة وهي أقل من طاقة الأشعة السينية الابتدائية الساقطة وتسمى هذه الأشعة بـ "الأشعة الفلورية" [9،1].



الشكل (II-15): طيف نمطي لتوزع الطاقة في فلورية الأشعة السينية [9]

الشكل (II-14): ظاهرة إصدار أشعة الفلورة [6]

II-2-2-2- مبدأ عمل مطياف فلورية الأشعة السينية

يستخدم جهاز "مطياف فلورية الأشعة السينية" في التحاليل (الروتينية) النمطية غير المتلفة للعينات وقد تكون هذه العينات صخور، معادن، رسوبيات، أو مواد بيولوجية. يعمل الجهاز بمبدأ التفريق بين الأطوال الموجية للفوتونات المنبعثة من العينات، ولا تتطلب هذه العينات إعدادا معقدا و تستخدم فيها عينات حجم حبيباتها يتراوح ما بين (2-5µm) وهذا ما يجعلها سهلة وذات تكلفة منخفضة نسبيا وتعد هذه التقنية واحدة من أكثر التقنيات المستخدمة على نطاق واسع في تحليل العناصر الرئيسية، والعناصر النادرة في العينات [1].

عند استخدام الجهاز الموضح بالشكل (II-16) وتوضع العينة القياسية في فتحة بالسطح العلوي للجهاز، حيث توضع مجموعة العينات المراد فحصها في مواسك معدنية يتغير موضعها تغيرا دوريا عند التشغيل حتى تحلل العينات المطلوبة [1].



الشكل (II -16): أحد أجهزة طيف فلورية الأشعة السينية [1]

II -2-3- تطبيقات تقنية فلورية الأشعة السينية

تستخدم تقنية فلورية الأشعة السينية في عدة مجالات منها:

✚ في مجال الدراسات البيوطبية:

تستعمل هذه التقنية للتعرف على نسب العناصر الرئيسية والنادرة في العينات البيولوجية مثل: أنسجة الأورام الحميدة والخبيثة وغيرها.

✚ في مجال الدراسات البيوبئية:

تدخل أجهزة التحليل الطيفي (XRF) المحمولة باليد في التحليل الميداني وتظهر في تحليل الجسيمات العالقة في مرشحات الهواء ونحو ذلك.

✚ في مجال الصناعات البترولية:

يتم التعرف من خلال هذه التقنية على نسبة الكبريت في النفط الخام و المنتجات النفطية وغيرها.

✚ وهناك تطبيقات أخرى منها:

✓ التعدين والمناجم مثل: قياس نسبة وجود عناصر معينة في عينات المادة الخام.

✓ تدخل هذه التقنية في التأكد من نسب مكونات الاسمنت خلال عملية انتاجه.

✓ تدخل في مجال صناعة الخزف والزجاج.

✓ أما في علم المعادن فتدخل في مراقبة الجودة الخ [1].

II -2-3-1- ابرز الفحوصات التي تستعمل فيها تقنية فلورية الأشعة السينية

✚ التحليلات الكيميائية للعناصر الرئيسية مثل: السيليكون، الحديد، المغنزيوم، الكالسيوم و الصوديوم وغيرهم.

✚ التحليلات الكيميائية للعناصر النادرة ذات التركيزات التي تصل الى جزء من واحد في المليون مثل: الكروم، النحاس، الكوبالت، الباريوم، النيكل، اليورانيوم والزنك الخ [1].

II -2-3-2- شروط عمل التحليل بتقنية فلورية الأشعة السينية

✚ العينات التي يزيد وزنها عن نصف غرام.

✚ المواد التي يمكن تحضيرها على شكل مسحوق متجانس تماما وتكون عينات قياسية وتتكون من عناصر محدودة ومعروفة التراكيز، وتستخدم في مقارنة الطيف الصادر عنها بأطياف العينات محل الدراسة [1].

II-2-5- ايجابيات وسلبيات تقنية فلورية الأشعة السينية

- تتجلى قوة تقنية فلورية الأشعة السينية في الكشف عن عدد كبير جدا من العناصر، سواء كانت ذات وفرة كبيرة أم من العناصر النادرة، بشرط يكون العدد الذري Z محصور بين (12-92) [1،21]. ومع هذا فهي غير مثالية لكل الحالات حيث:
- ليس باستطاعة معظم الأجهزة المتاحة تجاريا من الناحية العملية قياس تركيز كل العناصر الواردة بالجدول الدوري وخاصة ذات العدد الذري أقل من $Z=11$ التي تكوّن معظم المواد الطبيعية في الأرض والكائنات الحية مثل الهيدروجين (H)، الأكسجين (O)، الكربون (C) و النيتروجين (N) [1].

II-2-5- الخاتمة

- تم التطرق في هذا الفصل إلى التقنيات التجريبية المستعملة في تشخيص أطوار المواد المدروسة وبنيتها البلورية المتعددة البلورات (المسحوق) من خلال:
- * دراسة مطيافية الأشعة السينية، وتقنية انعراجها في البنية البلورية وتحديد أطوار المواد.
 - * تقنية فلورية الأشعة السينية (XRF) بإيجابياتها وسلبياتها.

مراجع الفصل الثاني

المراجع باللغة العربية:

- [1] د.متولي، "الأشعة السينية الفوائد والمخاطر"، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية الرياض - 1437هـ 2015 م.
- [2] محمود منهل البردان، "الاشعة السينية"، 17 ديسمبر 2019م. noor-book.com/ztx3wb
- [3] سعود بن حميد اللحواني، "فيزياء الجوامد"، جامعة أم القرى كلية العلوم التطبيقية شعبة الفيزياء الطبية، المملكة العربية السعودية.
- [4] غريب عبد الحميد، "دراسة عامة لمادة الجبس منطقة الفولية بالوادي" مذكرة ماستر أكاديمي جامعة حمة لخضر الوادي 2022.
- [5] مصطفى يسري، "الباب الخامس – حيود الأشعة السينية في البلورات -5"، جامعة المنصورة، مصر نوفمبر 2015م.
- [6] الدكتور محمد الصادق محبوب، "الفصل الثاني الأشعة السينية" محاضرة لسنة أولى ماستر كلية العلوم الدقيقة، جامعة حمة لخضر الوادي 2021-2022.
- [7] باي نسيبة وبن ساسي مريم، "دراسة تأثير المعالجات الحرارية على مادة الجبس في منطقة الفولية بالوادي"، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة حمة لخضر الوادي 2021.
- [8] ع. نعيمة، م. سليمان، "علم البلورات والأشعة السينية"، دار الفكر العربي، مصر-1426هـ 2005م.
- [9] م. مختاري، "الفصل الثاني في طرق التحليل والخصائص -مطيافية الأشعة السينية-"، كلية العلوم الدقيقة، جامعة حمة لخضر الوادي، 2021م.
- [10] ميرفانا ياسر سلامة، "معجم الفيزياء التعريفات العلمية"، دار صفاء للنشر والتوزيع الأردن، 2016م
- [11] ي. قادري. حريز عبد القادر "دراسة تأثير السترونتيوم (Sr) على خصائص الشرائح الرقيقة لأكسيد الزنك (ZnO)" مذكرة ماستر أكاديمي جامعة حمة لخضر -الوادي - 2018.
- [12] ربيعي سليمة وطيارة أميرة عالية، "تحضير ودراسة تأثير درجة الحرارة على خصائص الضوئية لشرائح أكسيد الزنك المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري"، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة حمة لخضر-الوادي- 2020.
- [13] أ.د. احمد سالم صالح، "مبادئ فيزياء الحالة الصلبة"، الطبعة الاولى دار الصفاء لنشر والتوزيع عمان-الأردن- 1435هـ -2014م.
- [14] م. سليمان، أ. باشا، ش. خيري، "سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية فيزياء الجوامد"، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر 2005م.
- [15] رزاق هبله خولة وطالبي راضية، "تحضير وتحديد البنية البلورية للمركب $\delta\text{-SrFe}_{0.7}\text{MO}_{0.3}\text{O}_3$ "، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة حمة لخضر الوادي 2017-2018م.
- [16] قلاعي إيمان، "تحضير وتوصيف أغشية أكسيد الزنك الرقيقة النقية والمطعمة بالحديد بتقنية الرش الانحلال الحراري و أغشية أكسيد الزنك النانوية بالطريقة الكيميائية"، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة محمد خيضر-بسكرة- 2021م.
- [19] ل. صبتي، "تحضير وتحديد البنية البلورية للمركب $\delta\text{-SrFeO}_{2.5}$ "، مذكرة ماستر أكاديمي ، جامعة حمة لخضر -الوادي-2019م.

المراجع باللغة الأجنبية:

[17] NIVALDO J. TRO, "CHEMISTRY A Molecular Approach", Third Edition, Pearson Education United States of America, 2018.

[18] https://www.mayoclinic.org/ar/tests-procedures/x-ray/about/pac-20395303?fbclid=IwAR2gQTkTPUME7OJdu9L6wp4cpcFg44_LAe36MkSQZgb1grkmM4wIBRKcj9o, Consulted on 04/03/2023.

[20] https://www.almrsal.com/wp-content/uploads/2020/11/1-291-768x512.jpg?fbclid=IwAR3F9q8AkC0gDPu9-tNPnHHTxd2feKc1A_BNTvUB19_1tKWmt1gkA-MUCTM, Consulted on 04/04/2023.

[21] <https://www.labaratuar.com/ar/testler/malzeme/x-isini-floresans-spektroskopisi--xrf-/?fbclid=IwAR1UP0XVJynyzE6LJGKOTrGqyNUZopxCuKHjjXiOt8CpLOf8RKzhqdiZLWM>, Consulted on 02/05/2023.

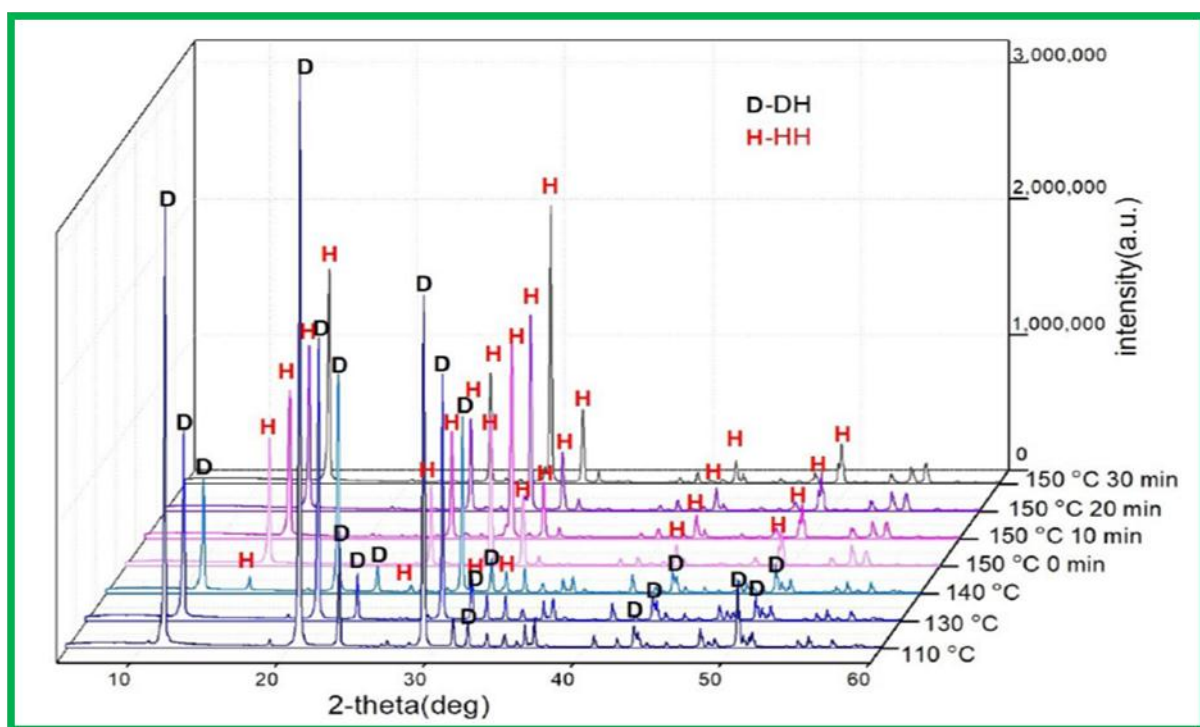
الفصل الثالث:

عرض النتائج و مناقشتها



III-1- مقدمة

لقد توصلت الدراسات السابقة لجبس منطقة الفولية (بلدية الرقبة ولاية الوادي)، إلى أن مادة الجبس ترتكز على ثلاث أطوار أساسية بنسب غير ثابتة وهي: الأنهيدريت CaSO_4 ، الكالسيت CaCO_3 والرمل SiO_2 ، بينما يتواجد المركب $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ بنسبة ضعيفة [1]. كما أن الجبس أو أحد مكوناته الرئيسية يمثل نسبة مرتفعة جدا (أكثر من 90%) ولا يمثل الرمل سوى (أقل من 1,5%) [2]، أي أن الرمل ليس سببا في سوء جودة جبس منطقة الفولية. أثبتت دراسات سابقة أيضا أنه للحصول على جبس باريس من الضروري كلسنة عينة الجبس على درجة حرارة تساوي أو تفوق 150°C . حيث يظهر الشكل (III-1) أن ذروة الحiod المميزة لجبس ثنائي الهيدرات ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{DH}$) مهيمنة بشكل واضح عند درجات الحرارة الأقل من 140°C "التي بدأ عندها تحول الطور"، بينما بدأت ذروة الحiod المميزة لجبس باريس (Hemihydrate) ذو الصيغة الكيميائية ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}, \text{HH}$) في الظهور عند درجة الحرارة 150°C ، وتعرّز ظهورها مع مرور الوقت [3].



الشكل (III-1): أنماط إنعراج (حيود) الأشعة السينية للجبس عند درجات حرارة مختلفة [3]

كما أثبتت دراسة تأثير المعالجات الحرارية على مادة جبس منطقة الفولية ولاية الوادي أن عينات الجبس تبدأ في الاحتراق و التحول إلى انهيدريت CaSO_4 ابتداء من درجة الحرارة 200°C فما فوق [1]. وبناء على هذه النتائج سيتم في هذا الفصل التطرق إلى عدة تجارب تهدف إلى تحسين جودة جبس منطقة الفولية، و تحليل و مناقشة النتائج المتحصل عليها من عملية كلسنة (تحميص) الجبس أي تدويره و تسخينه داخل الفرن على درجة حرارة لا تتعدى 170°C و ذلك بطريقة مختلفة عن تلك المستعملة حاليا في مصانع انتاجه في الولاية، و للحصول على نتائج دقيقة استخدمت تقنية انعراج الأشعة السينية للتشخيص لأنها طريقة متوفرة و غير متلفة للمادة .

III-2- تحضير العينات

أجريت عدّة تجارب على عينات مختلفة من الجبس تهدف إلى تحسين نوعية جبس منطقة الفولية بالوادي، بالإضافة إلى إجراء تجارب أخرى لدراسة إمكانية إعادة تدويره، و تم ذلك عبر مرحلتين:

III-2-1- المرحلة الأولى:

في البداية تمّ إحضار عينة عشوائية من حجر جبس منطقة الفولية، بلدية الرقيبة ولاية الوادي. و اتبعت الخطوات التالية لتحضير العينات:

✓ **الخطوة الأولى:** تكسر عينة الجبس ثمّ تطحن جيدا بالهاون كما توضحه الأشكال (III-2، III-3 و III-4):



الشكل (III-3): تكسير عينة الجبس ووضع جزء منها في الهاون

الشكل (III-2): عينة من حجارة جبس منطقة الفولية



الشكل (III-4): عينة الجبس بعد الطحن

✓ **الخطوة الثانية:** يقسم الجبس المطحون إلى أربع عينات BT-A، BT-B، BT-C و BT-D وزن كل منها حوالي 2g، "انظر الشكلين (III-5 و (III-6):



الشكل (III-6): العينات بعد الوزن و التقسيم



الشكل (III-5): الميزان المستعمل

✓ **الخطوة الثالثة:** يستعمل فرن من نوع (EFBA) حيث زوّد الفرن بعلبة يمكنها الدوران لتوضع داخلها العينات و المقصود من هذه العملية وصول الحرارة بشكل جيد و متجانس لكل جزيئات الجبس المستعمل كما هو موضح بالشكل (III-7) ثم تم إجراء التجارب على العينات السابقة وفق الترتيب التالي:

- ✚ **العينه BT-A:** تستعمل كعينه مرجعية (العينه الشاهد).
 - ✚ **العينه BT-B:** تم تحميمها لمدة ساعتين (2h) على درجة حرارة في حدود 150°C .
 - ✚ **العينه BT-C:** تم تحميمها لمدة ساعتين (2h) على درجة حرارة في حدود 160°C .
 - ✚ **العينه BT-D:** تم تحميمها لمدة ساعتين (2 h) على درجة حرارة في حدود 170°C .
- و يتم الاستعانة بمحرار للتأكد من درجة الحرارة المطلوبة.



الشكل (III-7): الفرن و المحرار المستعملان في هذه التجربة

✓ **الخطوة الرابعة:** بعد الانتهاء من عملية التحميم تم تمرير العينات المتحصل عليها BT-A ، BT-B ، BT-C و BT-D على تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) للحصول على مخططات

الانعراج للتأكد من إمكانية وصولنا إلى جبس باريس ذو الصيغة الكيميائية ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) و هو الهدف من إجراء هذه التجارب.
و تم وضع المخطط التالي لتوضيح خطوات تحضير العينات للمراحل الثلاث الأولى و معالجتها:



الشكل (III-8): خطوات تحضير العينات و معالجتها

III-2-2- المرحلة الثانية:

إعادة تحميم العينات BT-D و BT-C، على نفس درجة الحرارة السابقة لكل عينة لمدة ساعتين إضافيتين (مجموع مدة تحميم العينات يصبح أربع ساعات)، فنحصل على العينات BT-B-2، BT-D-2 و BT-C-2.

III-2-3- المرحلة الثالثة:

بهدف دراسة إمكانية تخلص الجبس من الماء الذي قام بامتصاصه خلال عملية الاستعمال في البناء المحتمل، تمت إضافة كمية من الماء للعينه BT-A ثم تركت لتجف و اعيد طحنها لتقسم بعدها إلى عينتين وزن كل عينة 1g تقريبا، كما في الشكل (III-9)، حيث:

- **العينه BT-A-1:** تترك كعينه مرجعية للمقارنة.
- **العينه BT-A-2:** تم تحميمها لمدة ساعتين (2h) على درجة حرارة في حدود 150°C .



الشكل (III-9): العينتان BT-A-1 و BT-A-2

III-2-4- المرحلة الرابعة:

في هذه المرحلة أحضرت قطعة من الحجر الجبسي المستخدم سابقا أخذت من جدار مهدم بني قديما (الجبس المستخدم في البناء معالج بالطريقة القديمة عن طريق حرقه في الحاروق أو الكوشة حيث تبدو قطع الفحم فيه واضحة)، و بهدف دراسة إمكانية إعادة تدويره تم اتباع الخطوات التالية:

➤ **الخطوة الأولى:** تطحن عينة الحجر الجبسي جيدا بالهاون بعد تكسيرها كما في الشكل (III-10):



الشكل (III-10): عينة الحجر الجبسي المستخدم و طحنها في الهاون

➤ **الخطوة الثانية:** يقسم الجبس المطحون إلى عينتين BT-R-1 و BT-R-2 كما يوضحه الشكل (11-III):



الشكل (11-III): عينة الجبس المستخدمة لدراسة إعادة التدوير

➤ **الخطوة الثالثة:** تتم معالجة العينتين كالتالي:

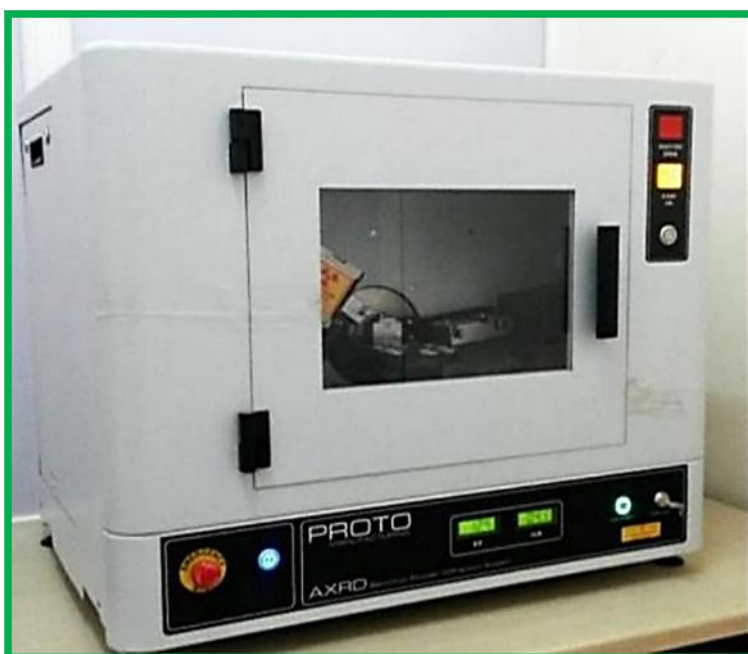
❖ **العينة BT-R-1:** استعملت كعينة مرجعية (عينة شاهد).

❖ **العينة BT-R-2:** تمّ تحميصها لمدة أربع ساعات (4h) على درجة حرارة في حدود 170°C (و هي الطريقة التي أعطت أفضل نتيجة).

III-3-دراسة النتائج و مناقشتها

III-3-1-جهاز انعراج الأشعة السينية

توضع كمية من عينة مسحوق الجبس المراد دراسته في حامل العينة، ثم يوضع داخل الجهاز قصد تحليله والحصول على مخططات الانعراج، كما هو موضح بالأشكال (12-III، 13-III و 14-III):



الشكل (12-III): جهاز الانعراج الآلي للأشعة السينية من نوع: "PROTO AXRD Benchtop"



الشكل (III-14): جهاز انعراج الأشعة السينية و الحاسوب المتصل به



الشكل (III-13): أدوات تحضير العينة

III-3-2- نتائج انعراج الأشعة السينية

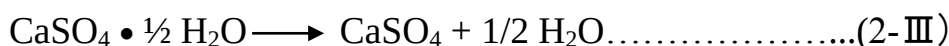
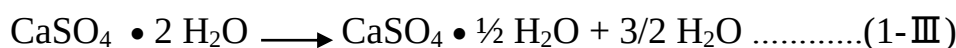
❖ نتائج التحليل الطيفي بتقنية XRF:

لقد تم تحديد التركيب الكيميائي للمكونات الرئيسية لعينة من الجبس الخام باستخدام مطيافية فلورية الأشعة السينية (XRF)، و نتائج هذا التحليل موضحة في الجدول (III-1). حيث أكد التحليل الكيميائي للعناصر أن المكون الرئيسي لعينة الجبس المدروسة هو أكسيد الكالسيوم و ثلاثي أكسيد الكبريت بدرجة أولى ثم أكسيد السيليسيوم بدرجة أقل. وهو ما يعني تواجد كل من CaSO_4 ، CaCO_3 و SiO_2 كمكونات رئيسية في العينات المدروسة و لو بنسب متفاوتة.

الجدول (III-1): نتيجة التحليل الطيفي باستعمال تقنية XRF لعينة من الجبس

التركيب الكيميائي	نسبة التواجد	التركيب الكيميائي	نسبة التواجد
Na_2O	0.09	CuO	0.0061
MgO	0.27	ZnO	0.0022
Al_2O_3	0.06	Rb_2O	<0,001
SiO_2	1.20	SrO	0.1291
P_2O_5	<0,01	ZrO_2	0.0516
SO_3	56.85	MoO_3	0.0037
K_2O	0.03	BaO	<0,001
CaO	41.90	PbO	<0,001
TiO_2	<0,01	Nb_2O_5	<0,001
MnO	<0,01	CoO	<0,001
Fe_2O_3	0.05	WO_3	<0,001
V_2O_5	<0,001	Br	0.0019
Cr_2O_3	<0,001	Cl	0.0646
NiO	0.0027		

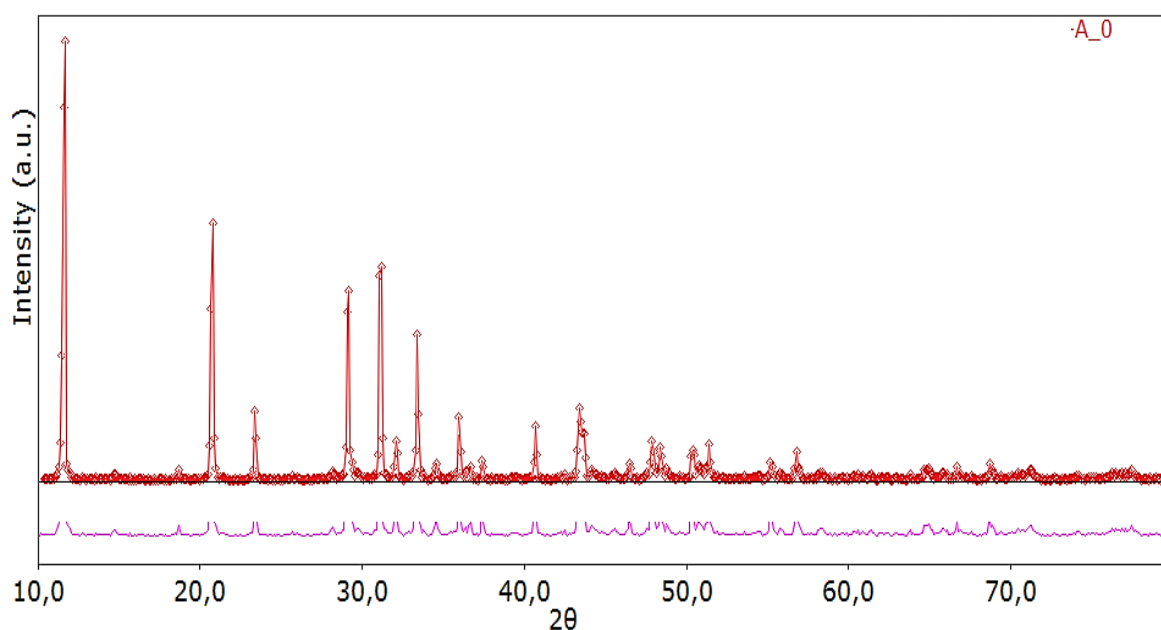
و يُعتقد أن الكمية العالية من الكالسيوم والأكاسيد القاعدية هي المسؤولة عن القلوية العالية ($pH = 8,97$) للمادة، مما يمنحها قدرة عالية على تعديل الأوساط الحمضية. و هذا التحليل قد بدد المخاوف بشأن وجود V و Sr و عناصر الأتربة النادرة مثل La في المادة المدروسة بنسب مرتفعة، حيث أظهرت دراسة أجراها لي وآخرون [4] توضح أن La قد تؤثر على النظم الإيكولوجية للتربة إذا تواجد بتركيزات أعلى قليلاً من المستويات الطبيعية. و في دراسة قام بها اياندا وآخرون [5] أظهرت نتائج القياسات الحرارية التفاضلية للجبس تأثيران ماصان للحرارة مهمان نسبياً في تسلسل وثيق أقل من $400^{\circ}C$ يمثلان التحلل المكون من خطوتين لثنائي هيدرات إلى نصف هيدرات وإلى أنهيدريت قابل للذوبان وفق المعادلات (1) و (2) [6]:



الخسارة الأولى التي لوحظت في فقدان الوزن بنسبة 15% كانت بسبب تبخر الرطوبة الممتصة التي حدثت عند $147,4^{\circ}C$. و استمر فقدان جزيئات الماء حتى درجة حرارة قريبة من $190^{\circ}C$. لوحظت كذلك منطقة ثانية للامتصاص الحراري عند درجة الحرارة $354,4^{\circ}C$ ، والتي تعادل 5,85% من فقدان الوزن، ويرجع ذلك إلى فقدان H_2O الهيكلي من الكربونات المائية [7]. و يمكن أن يعزى هذا إلى الجفاف الجزئي للسيليكات [9,8].

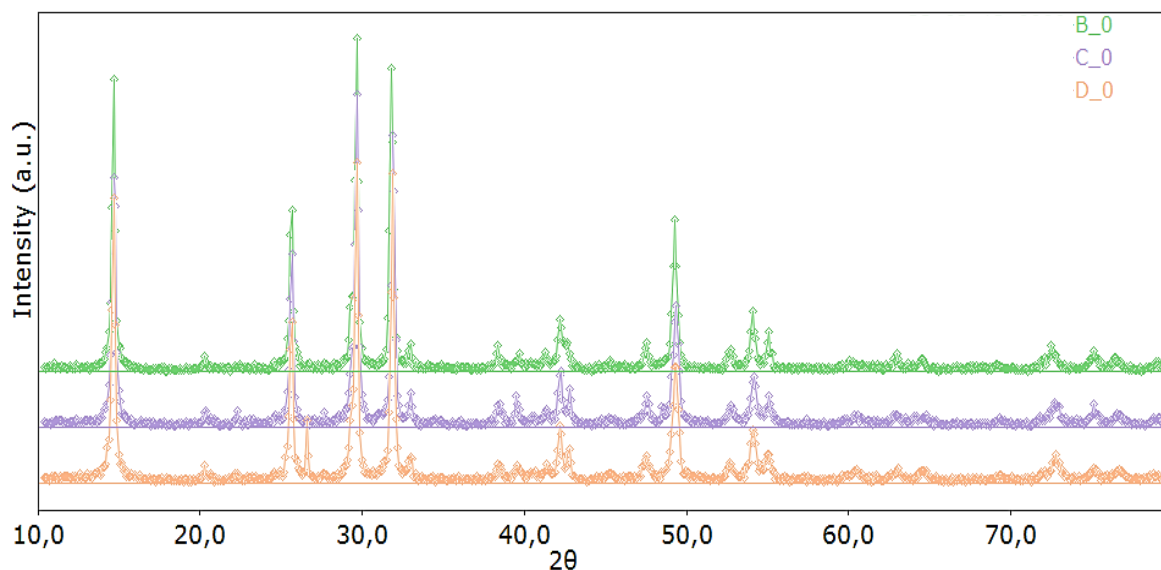
❖ النتائج المتحصل عليها في المرحلة الأولى:

* **العينة BT-A:** يمثل الشكل (15-III) أدناه مخطط انعراج الأشعة السينية للعينة BT-A المعتبرة كعينة مرجعية (عينة شاهد):



الشكل (15-III) مخطط انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينة BT-A

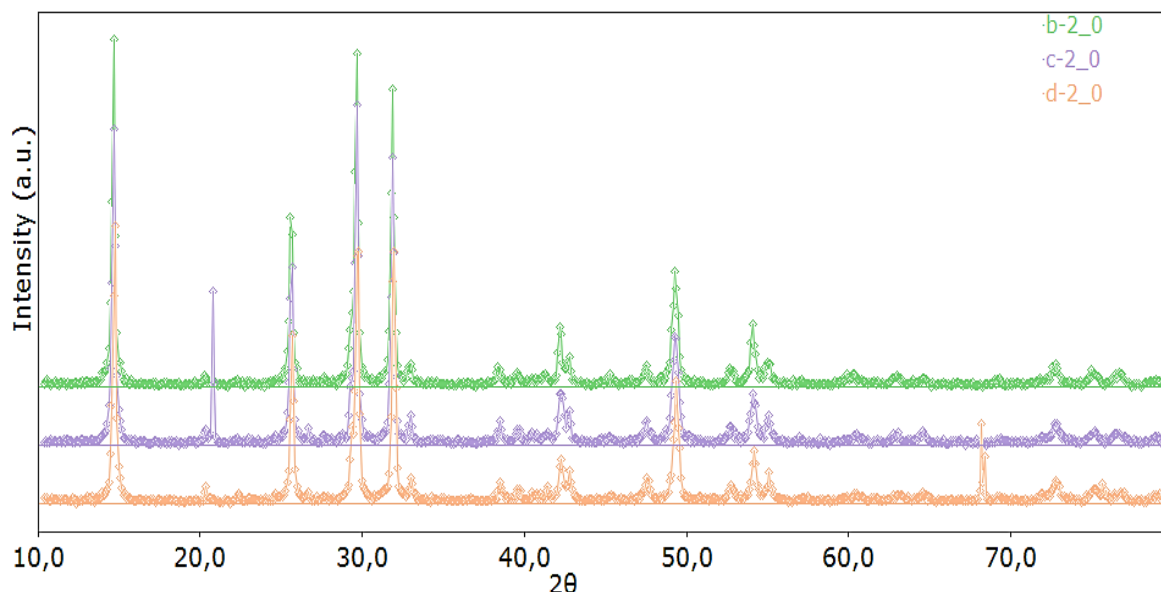
* **العينات BT-B و BT-C و BT-D:** يمثل مخطط انعراج الأشعة السينية بعد تحميص العينات لمدة ساعتين كالتالي: العينة BT-B على درجة حرارة في حدود $150^{\circ}C$ ، بينما العينة BT-C فعلى درجة حرارة في حدود $160^{\circ}C$ ، أما العينة BT-D على درجة حرارة في حدود $170^{\circ}C$.



الشكل (III-16) مخططات انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينات BT-B و BT-D و BT-C بعد تجميعها لمدة ساعتين

❖ النتائج المتحصل عليها في المرحلة الثانية:

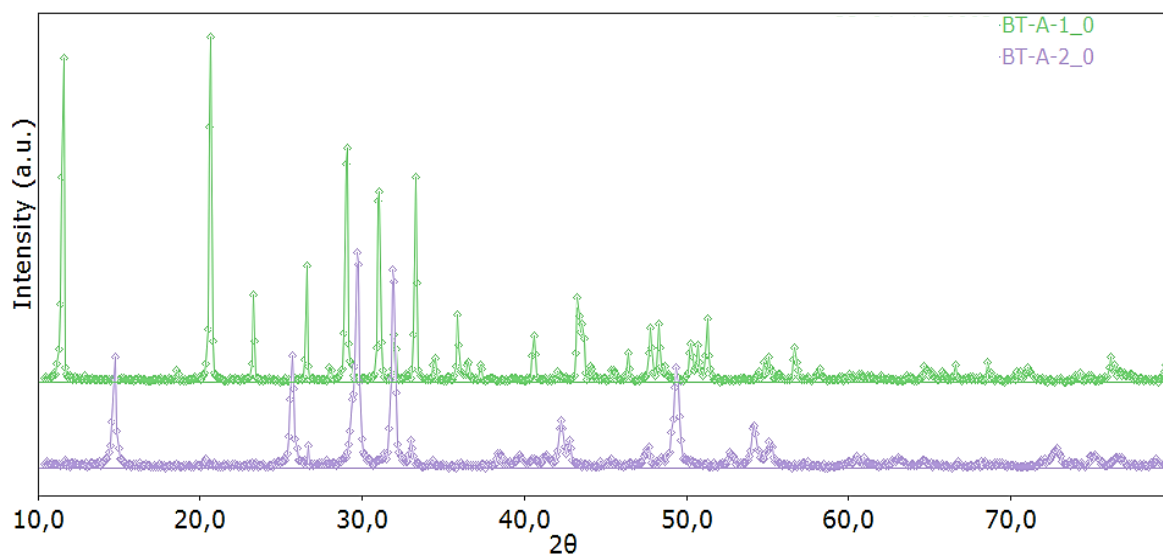
إن تحليل عينات هذه المرحلة: BT-B-2 ، BT-C-2 و BT-D-2 مكننا من الحصول على مخططات الانعراج الموضحة بالشكل (III-17):



الشكل (III-17) مخططات انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينات BT-B و BT-D و BT-C بعد تجميعها لمدة أربع ساعات

❖ النتائج المتحصل عليها في المرحلة الثالثة:

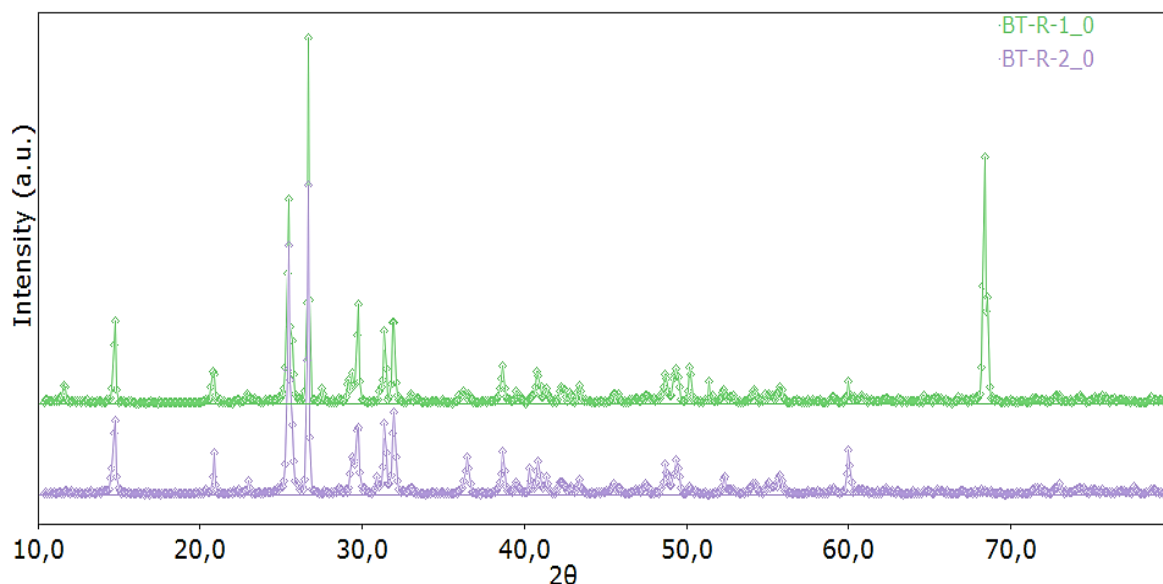
تحليل العينتين BT-A-1 و BT-A-2 أعطى كذلك مخططات الانعراج الموضحة بالشكل (III-18) أدناه:



الشكل (III-18) مخططي انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينتين BT-A-2 و BT-A-1

❖ النتائج المتحصل عليها في المرحلة الرابعة:

يمثل الشكل (III-19) مخططي الانعراج المتحصل عليه بعد تحليل العينتين BT-R-1 و BT-R-2 بالأشعة السينية:



الشكل (III-19) مخططي انعراج الأشعة السينية على المسحوق للعينتين BT-R-2 و BT-R-1

III-3-3- تحسين نتائج انعراج الأشعة السينية بطريقة ريتفيلد Rietveld

III-3-3-1- طريقة ريتفيلد

طريقة تحسين ريتفيلد هي طريقة لمعالجة البيانات أو النتائج المتحصل عليها من إنعراج الأشعة السينية و النيوترونات أو الانعراج بواسطة المسرع الدوراني التزامني (Synchrotron) على المساحيق. و هي طريقة تم تطويرها من قبل عالم البلورات الهولندي هوغو ريتفيلد، و تم تنفيذ هذه الطريقة لأول مرة عام 1967، و أعلن عنها عام 1969 في حالة انعراج النيوترونات.

تتكون هذه الطريقة من محاكاة إنعراج في نموذج بلوري للعينة، يعتمد هذا النموذج في تحليله على أن يكون مخطط الانعراج المحاكى (النظري) أقرب ما يمكن من مخطط الانعراج المقاس (التجريبي)، حيث تعتمد على خوارزمية (برامج حاسوبية) لتصغير الخطأ بطريقة تحسين المربعات الصغرى (Least - Squares) [10،2].

لتحقيق أفضل توافق بين المنحنيين النظري و التجريبي يجب أن يؤول معامل التوافق (GoF) إلى الواحد، حيث يعطى هذا المعامل بالعلاقة [2،1]:

$$GoF = \frac{R_{wp}}{R_{exp}} \dots \dots \dots (3-III)$$

حيث: R_{wp} هو عامل موثوقية الشكل الجانبي الموزون (Weighted Profile Reliability) و يعطى بالعلاقة التالية [11،1]:

$$R_{wp} = \sqrt{\frac{\sum_i w_i (Y_i^{obs} - Y_i^{calc})^2}{\sum_i w_i (Y_i^{obs})^2}} \dots \dots \dots (4-III)$$

و:

W_i : عامل التوزين (Weighing) للنقطة i.

Y_i^{obs} : الشدة المشاهدة في النقطة i.

Y_i^{calc} : الشدة المحسوبة عند i.

يعبر البسط عن القيمة التي يتم تصغيرها أثناء تحسين ريتفيلد، و تكون قيمة R_{wp} مثالية عندما تقترب أقصى ما يمكن من الصفر.

- بينما يمثل R_{exp} عامل الموثوقية المتوقع وهو اختصار لـ: R- expected pattern (يعبر عن جودة البيانات)، و تكون قيمته مثالية عندما يقترب من العامل R_{wp} و بالتالي يؤول معامل التوافق GoF إلى الواحد. و يعطى عامل الموثوقية بالعلاقة التالية [12،11]:

$$R_{exp} = \sqrt{\frac{N-P}{\sum_i^N w_i (Y_i^{obs})^2}} \dots \dots \dots (5-III)$$

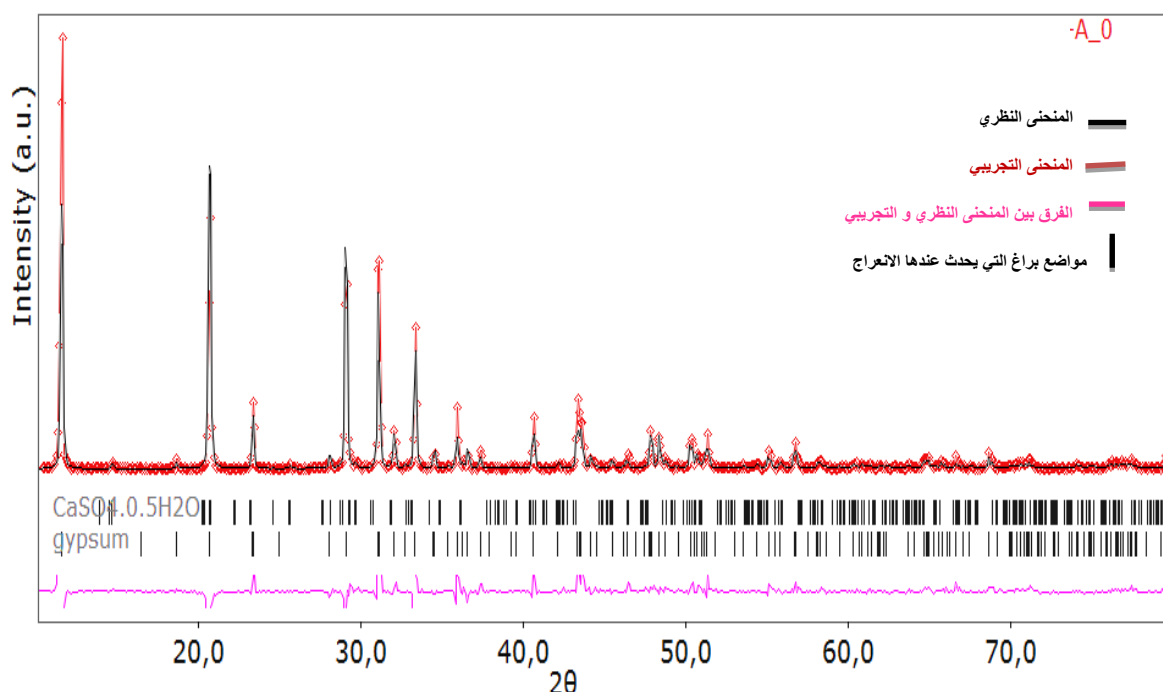
حيث: N عدد النقاط في طيف انعراج المسحوق المشاهد.
P عدد الوسائط المحسنة.

✚ معالجة البيانات باستعمال برنامج Rex – Powder Diffraction

لقد تمّ اعتماد أفضل النتائج لمخطط انعراج الأشعة السينية بعد العديد من عمليات التحسين باستعمال برنامج Rex – Powder Diffraction والذي يعتمد على ادخال ملفات قواعد البيانات للأطوار (ملفات إلكترونية ذات الامتداد .cif) التي توصلت المذكرات السابقة [1،2] إلى إمكانية وجودها في العينات موضوع الدراسة من جهة و تأكيدها من خلال النتائج المتحصل عليها بواسطة تقنية فلورية الأشعة السينية XRF من جهة ثانية. تتوقف عملية التحسين عند الحصول على أفضل تطابق بين المنحنى النظري والتجريبي بالإضافة للوصول إلى عوامل ثقة أقل ما يمكن.

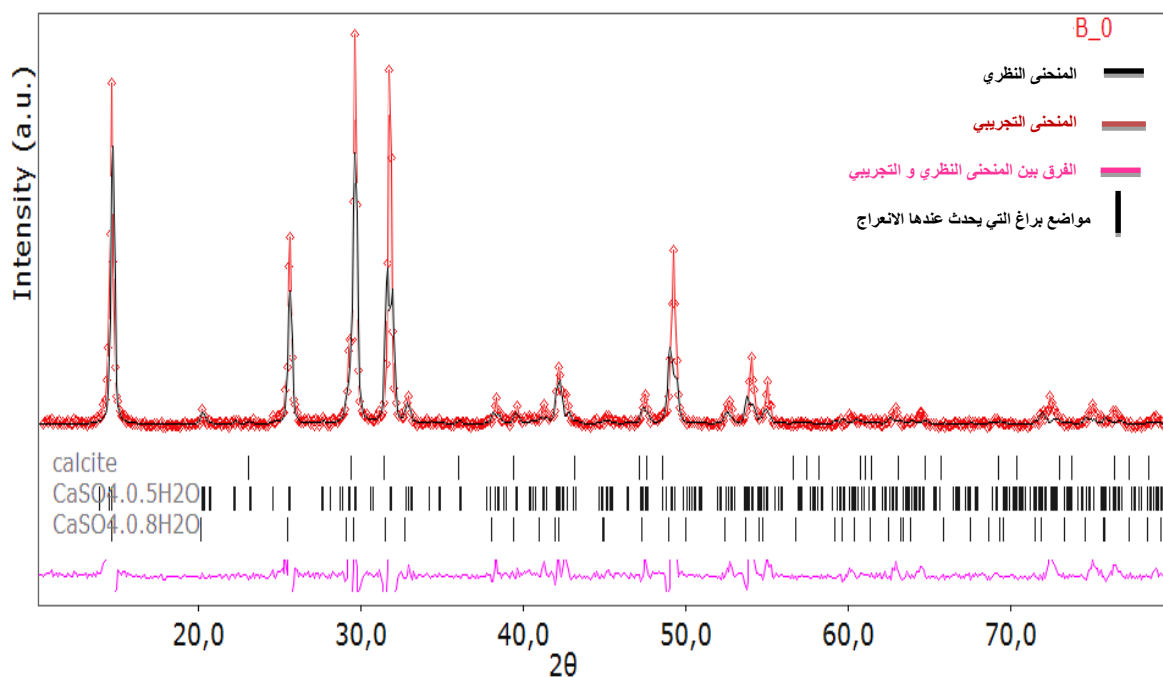
✚ تحسين النتائج المتحصل عليها في المرحلة الأولى:

***العينه BT-A**: تمت عملية التحسين لمخطط انعراج الأشعة السينية المتحصل عليه سابقا باستعمال برنامج Rex – Powder Diffraction، والشكل (III-20) يوضح النتيجة النهائية لهذه العملية:

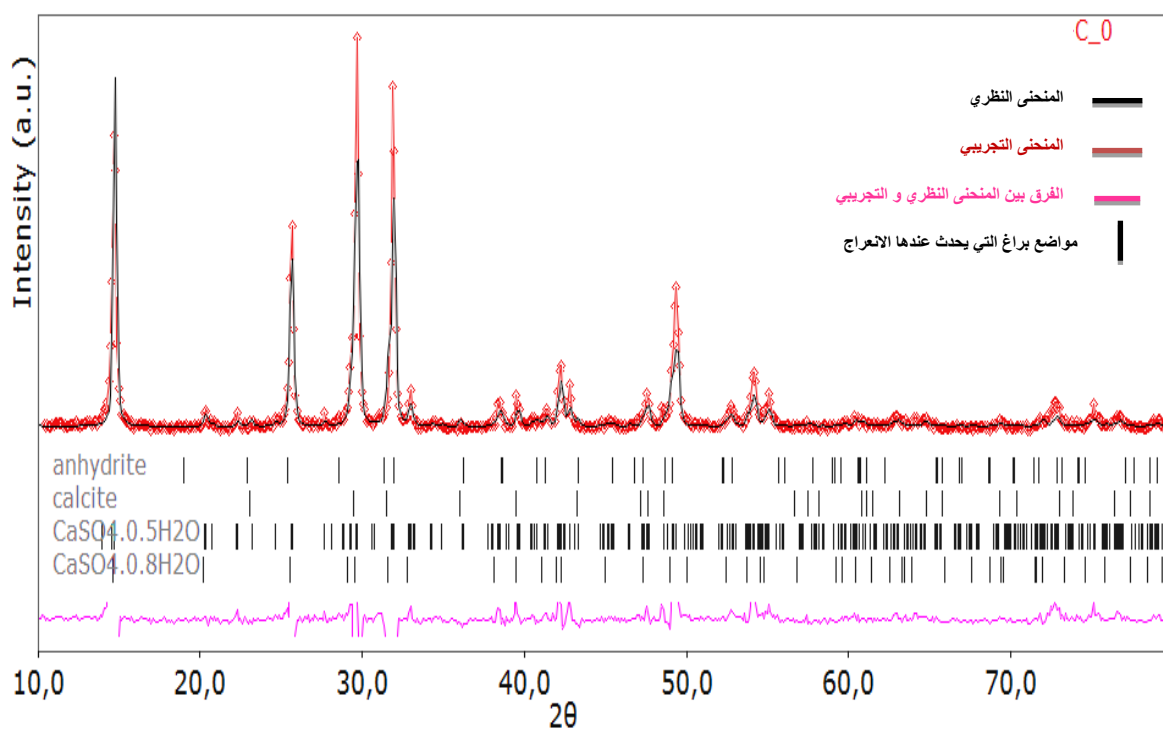


الشكل (III-20) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A

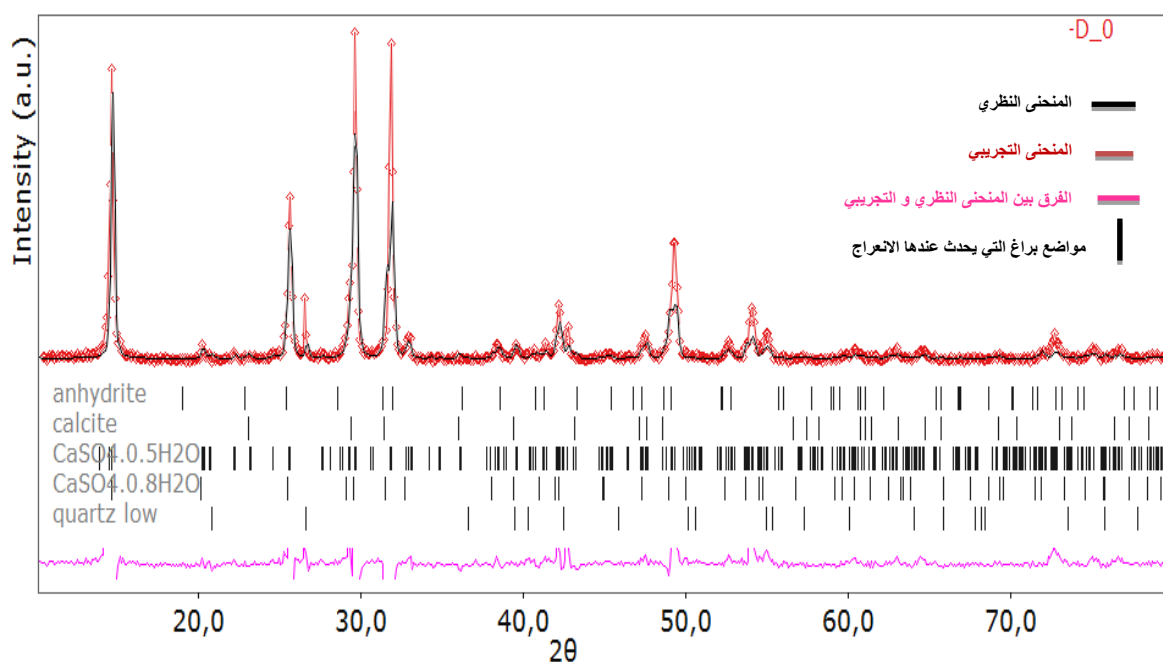
***العينات BT-B و BT-C و BT-D**: مخططات الانعراج المتحصل عليها بعد التحسين ممثلة في الأشكال (III-21) و (III-22) و (III-23) بالترتيب:



الشكل (III-21) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-B



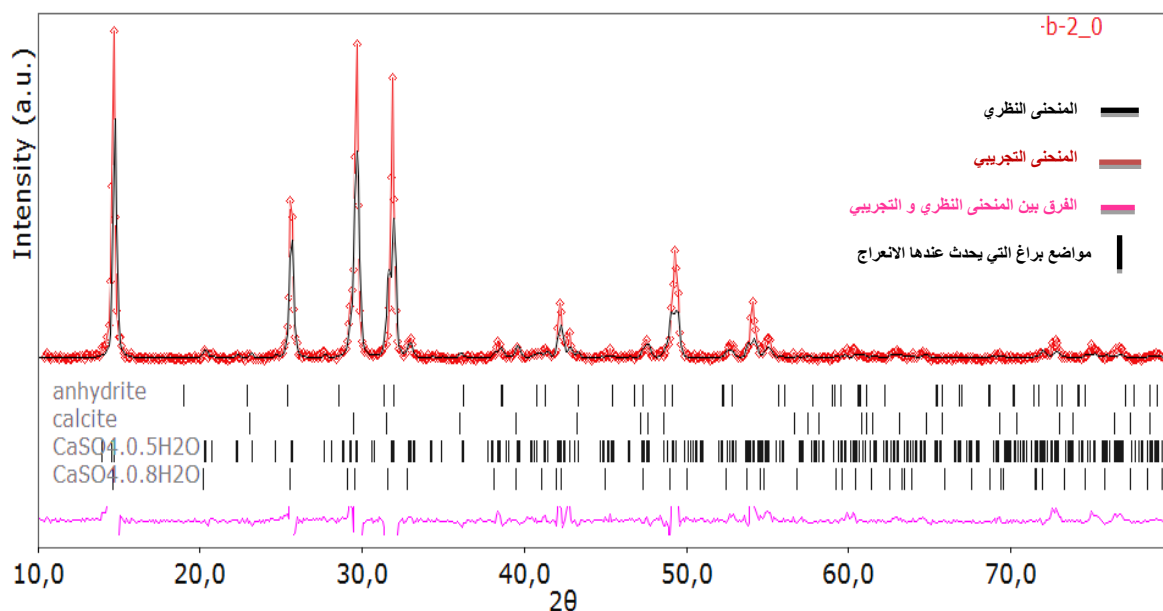
الشكل (III-22) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-C



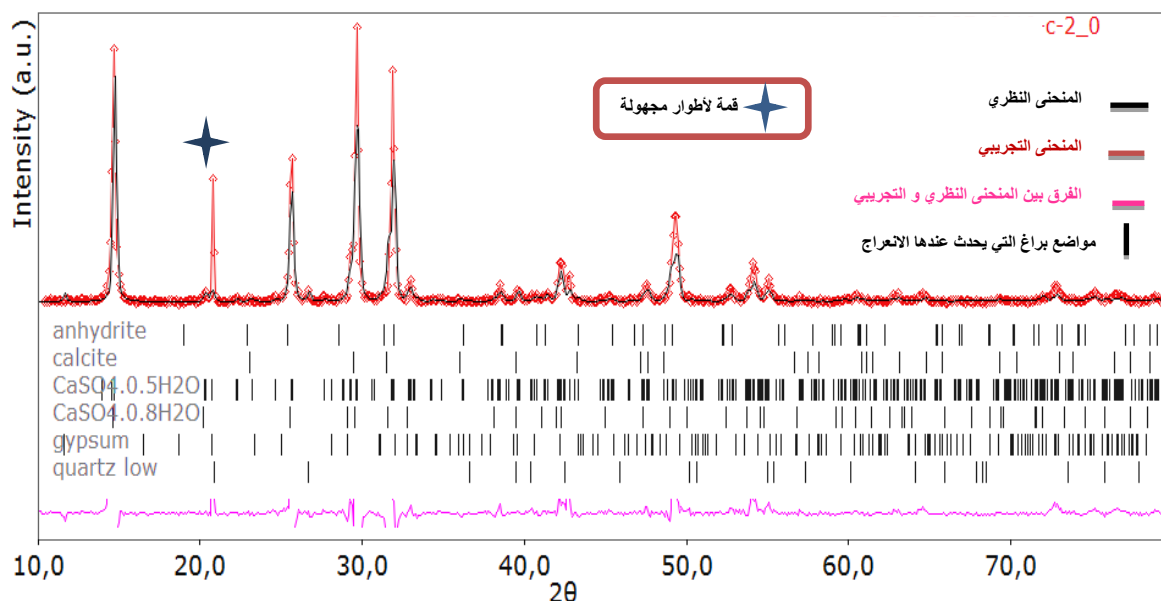
الشكل (23-III) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيد لمخطط انعراج العينة BT-D

تحسين النتائج المتحصل عليها في المرحلة الثانية:

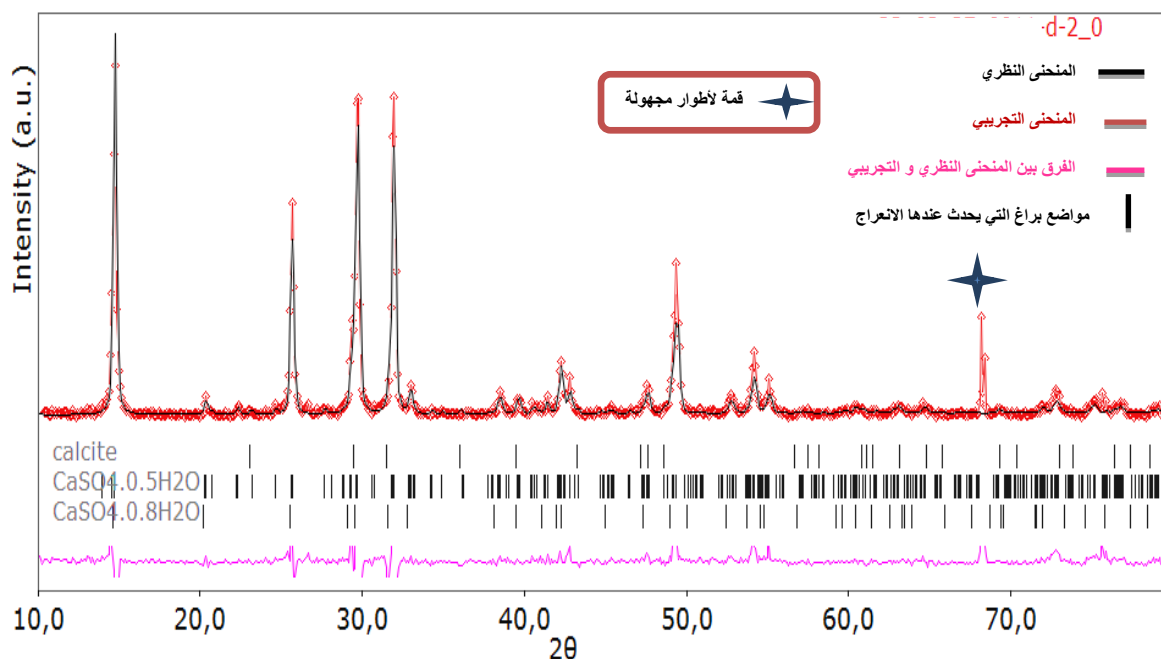
*العينات BT-B-2 و BT-C-2 و TB-D-2: بعد تحميص العينات لساعتين إضافيتين (إجمالي أربع ساعات) و تحسين مخططات الانعراج، تم الحصول على النتائج الموضحة في الأشكال (21-III)، (22-III)، (23-III) على التوالي.



الشكل (24-III) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيد لمخطط انعراج العينة BT-B-2



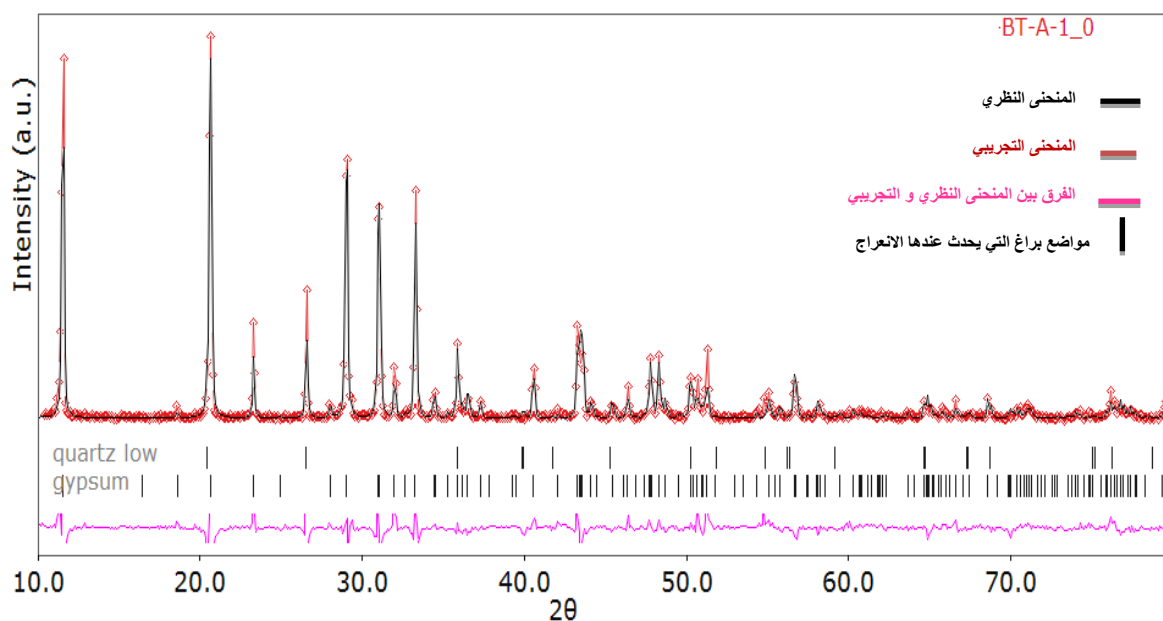
الشكل (III-25) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-C-2



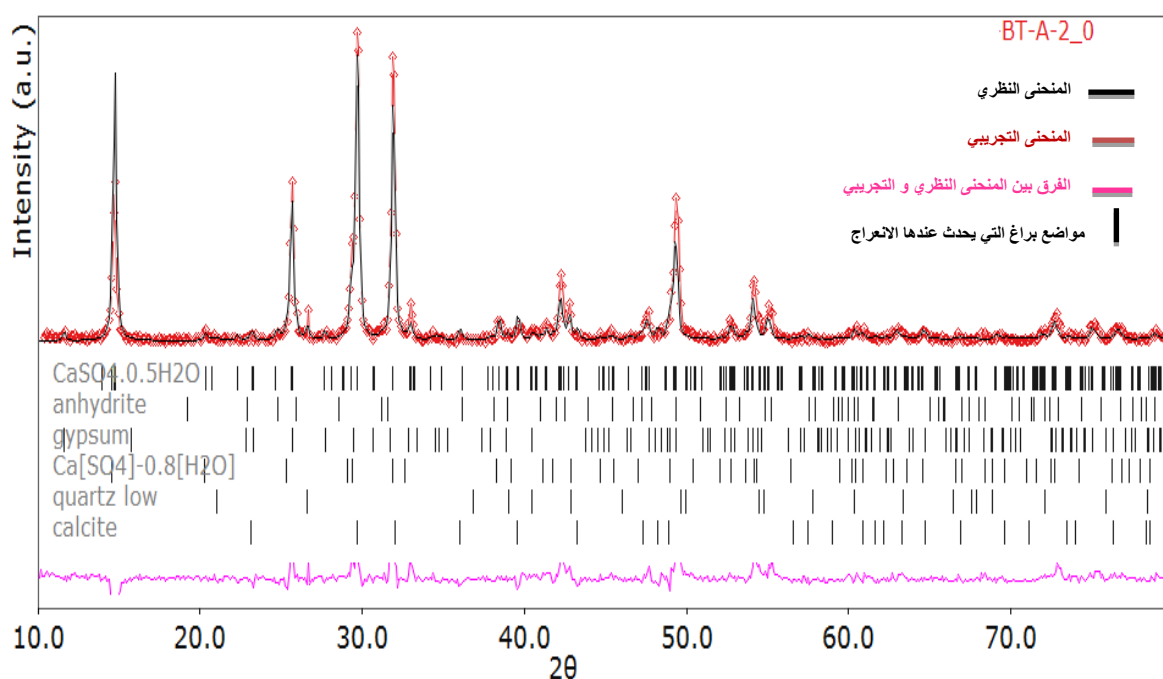
الشكل (III-26) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-D-2

تحسين النتائج المتحصل عليها في المرحلة الثالثة:

* العينتان BT-A-1 و BT-A-2: كما ذكرنا آنفا هاتان العينتان مخصصتان لدراسة إمكانية تخلص الجبس من الماء المضاف له، و الشكلان (III-27)، (III-28) يمثلان مخططا الانعراج بعد عملية التحسين للعينتين على الترتيب.



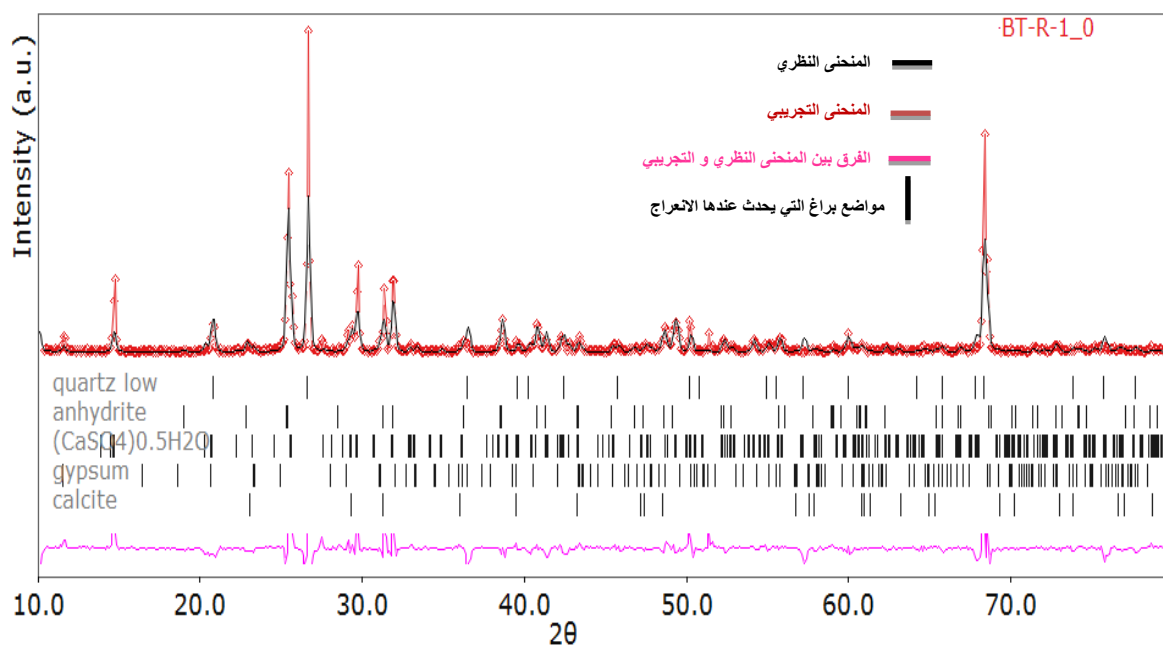
الشكل (III-27) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A-1



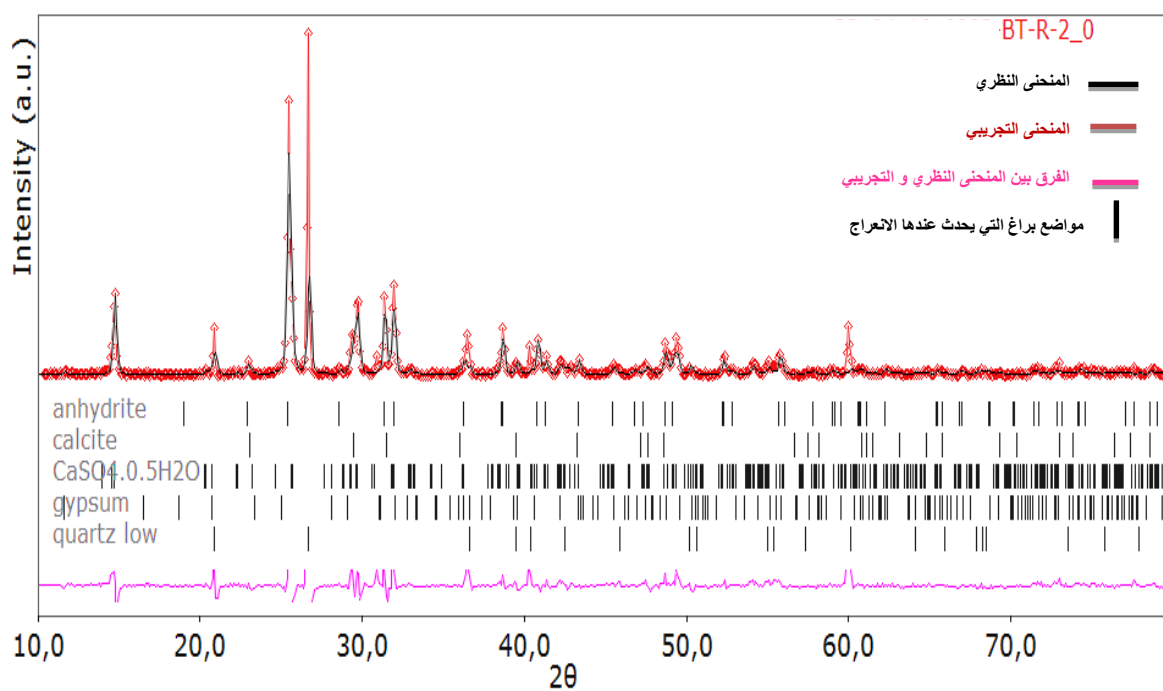
الشكل (III-28) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيلد لمخطط انعراج العينة BT-A-2

تحسين النتائج المتحصل عليها في المرحلة الرابعة:

* العينتان BT-R-1 و BT-R-2: تم تحسين مخططات انعراج الأشعة السينية لعينتي إعادة التدوير وعمليات التحسين النهائية موضحة بالشكلين (III-29) و (III-30) بالترتيب.



الشكل (III-29) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيد لمخطط انعراج العينة BT-R-1



الشكل (III-30) النتيجة النهائية لتحسين ريتفيد لمخطط انعراج العينة BT-R-2

III-4-3 مناقشة النتائج

بعد الانتهاء من تحسين جميع مخططات انعراج الأشعة السينية للعينات المدروسة، تم حوصلة النتائج النهائية لكل مرحلة على حدى في جداول تشمل النسب المئوية للأطوار المستخدمة في الدراسة و كذا نسب عوامل الثقة.

➤ مناقشة نتائج المرحلة الأولى:

من خلال النتائج التي تحصلنا عليها (انظر الجدول III-2) يمكننا ملاحظة ما يلي:

- 1* يشكل الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) نسبة 98,87% في العينة المرجعية (الشاهد)، بينما يمثل جبس باريس "الباسانيت Bassanite" ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) فيها نسبة ضعيفة تقدر بـ 1,12%.
- 2* اختفاء تام لطور الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) و ظهور طور جديد ذو الصيغة الكيميائية ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.8\text{H}_2\text{O}$) تتغير نسبته بين 18% و 51% حسب تغير درجة الحرارة المستعملة في التجربة.
- 3* ظهور طور جبس باريس ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) بنسب جيدة وصلت إلى 71,78% في العينة BT-C.
- 4* أما بقية الأطوار كالأنيهيدريت CaSO_4 فقد أظهرت نتائج عملية التحسين أن نسبته لا تتجاوز 3%، بينما نسبة الكالسيت CaCO_3 لا تتجاوز 7,47 %، و الرمل SiO_2 موجود في عينات الجبس بنسب ضعيفة لا تتجاوز 2%.

الجدول (III-2) ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-A، BT-B، BT-C، BT-D

عوامل الثقة %			نسبة تواجد الأطوار %						العينة
R_{exp}	R_{wp}	R_p	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.8\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	CaCO_3	CaSO_4	
17,45	40,54	32,10	01,12	-	98,87	-	-	-	BT-A
18,07	48,04	36,88	45,64	51,12	-	-	03,23	-	BT-B
17,40	38,70	29,71	71,78	18,19	-	01,78	07,47	02,54	BT-C
17,47	45,58	34,91	58,84	29,36	-		06,87	03,13	BT-D

➤ مناقشة نتائج المرحلة الثانية:

كان من الممكن الاكتفاء بالنتائج المتحصل عليها من خلال هذه التجارب لكن تقرر إعادة تحميم العينات السابقة لمدة ساعتين إضافيتين لمعرفة إن كان ممكنا الحصول على نتائج أفضل بزيادة مدة الزمنية لعملية التحميم مع الحفاظ على نفس درجة الحرارة المستعملة لكل عينة و بنفس الطريقة المستخدمة في المرحلة الأولى.

و من خلال النتائج التي حصلنا عليها في هذه المرحلة و المدرجة في الجدول (III -3) يمكننا ملاحظة ما يلي:

1* كلما زادت درجة الحرارة المستخدمة (محصورة بين 150°C و 170°C) انخفضت نسبة الطور $(\text{CaSO}_4 \bullet 0.8\text{H}_2\text{O})$ و زادت نسبة طور الباسانيت Bassanite أو ما يعرف بـ "جبس باريس" ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \bullet 0.5\text{H}_2\text{O})$.

2* ظهور طور جبس باريس ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \bullet 0.5\text{H}_2\text{O})$ بنسبة جيدة جدا وصلت إلى 88,09% في العينة BT-D-2.

الجدول (III-3) ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار وعوامل الثقة للعينات BT-D-2، BT-C-2، BT-B-2

عوامل الثقة %			نسبة تواجد الأطوار %						العينة
R_{exp}	R_{wp}	R_p	$\text{CaSO}_4 \bullet 0.5\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \bullet 0.8\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \bullet 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	CaCO_3	CaSO_4	
17,64	46,85	36,92	57,64	31,12	-	-	07,66	03,57	BT-B-2
17,45	45,90	35,09	64,31	23,29	04,05	01,50	04,29	02,54	BT-C-2
18,37	35,17	24,58	88,09	06,87	-	-	05,02	-	BT-D-2

➤ مناقشة نتائج المرحلة الثالثة:

إن النتائج التي توصلنا إليها من خلال الجدول (III-4) المدرج أدناه يمكن تلخيصها فيما يلي:

1* تحتوي العينة BT-A-1 على طور الجبس $(\text{CaSO}_4 \bullet 2\text{H}_2\text{O})$ بشكل أساسي حيث بلغت نسبته 93,81%، بينما لا يمثل طور الرمل (SiO_2) سوى 6,19% و بمقارنتها مع النتائج المتحصل عليها للعينة BT-A (نسبة الجبس فيها 98,87%) نلاحظ أن نسبة الجبس كانت متقاربة في العينتين، مما يعني أن جزيئات الماء لم تدخل في تركيبة البنى البلورية لأحد الأطوار وهو ما يؤكد مخططات الانعراج المتشابهة لكل من العينتين BT-A و BT-A-1.

2* بعد تحميص العينة BT-A-2 لمدة ساعتين لوحظ اختفاء طور الجبس تقريبا (نسبته المتبقية 1,67%) و وجود نسبة ضعيفة من الطور ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \bullet 0.8\text{H}_2\text{O})$ تقدر بـ 8,51%، و ظهور طور جبس باريس $(\text{CaSO}_4 \bullet 0.5\text{H}_2\text{O})$ بنسبة جيدة جدا تقدر بـ 72,28%.

3* بعد إضافة كمية من الماء للجبس الخام و انتظاره حتى يجف ثم طحنه و تحميصه على درجة حرارة 150°C لمدة ساعتين، ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج الخاصة بالعينة BT-B التي تمت معالجتها في ظروف مشابهة، يمكن ملاحظة أنه تم الحصول على نسبة أفضل بكثير من جبس باريس "الباسانيت" حيث كانت نسبته في العينة BT-B لا تتعدى 45,64% بينما بلغت نسبته 72,28% في العينة BT-A-2.

الجدول (4-III) ملخص نتائج نسبة تواجد الأطوار و عوامل الثقة للعينات BT-A-1، BT-A-2

عوامل الثقة %			نسبة تواجد الأطوار %						العينة
R _{exp}	R _{wp}	R _p	CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	CaSO ₄ ·0.8H ₂ O	CaSO ₄ ·2H ₂ O	SiO ₂	CaCO ₃	CaSO ₄	
17,11	37,39	24,30	-	-	93,81	6,19	-	-	BT-A-1
18,17	36,87	27,66	72,28	08,51	01,67	01,77	13,55	02,21	BT-A-2

➤ مناقشة نتائج المرحلة الرابعة:

من خلال دراسة نتائج الجدول (5-III) الذي يوضح النتائج المتحصل عليها يمكن التوصل للملاحظات التالية:

الجدول (5-III) ملخص نتائج نسب تواجد الأطوار و عوامل الثقة للعينات BT-R-1، BT-R-2

عوامل الثقة %			نسبة تواجد الأطوار %						العينة
R _{exp}	R _{wp}	R _p	CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	CaSO ₄ ·0.8H ₂ O	CaSO ₄ ·2H ₂ O	SiO ₂	CaCO ₃	CaSO ₄	
16,49	57,44	40,91	28,98	-	09,91	23,34	03,48	34,27	BT-R-1
17,19	49,65	33,27	30,34	-	02,20	18,25	06,23	42,57	BT-R-2

1* احتواء العينتين على نسبة أكبر من المعتاد من الرمل SiO₂ تقدر بـ 23,34 % و 18,25 % وذلك راجع لكون قطعة الجبس مستخدمة سابقا في البناء و هو أمر متوقع لأنه خلال عملية تحضير الجبس للبناء يضيف إليه البناء كمية من الرمل، كما أن العينتين أيضا تحتويان على نسبة معتبرة من طور الأنهدريت CaSO₄ و هو عبارة عن جبس تخلص كليا من ماء التبلور خاصته أي أن الطريقة المستخدمة لتحميم هذا الجبس ليست صحيحة مما أدى إلى احتراقه.

2* انخفاض نسبة الجبس (CaSO₄ · 2H₂O) و ارتفاع طفيف لنسبة جبس باريس (CaSO₄ · 0.5H₂O) التي وصلت إلى 30,34 %.

3* احتواء الجبس المستخدم سابقا في البناء في حالتيه قبل و بعد عملية التحميم على نسب متقاربة نوعا ما من الأنهدريت CaSO₄ مما يعني عدم إمكانية رجوع الجبس الميت إلى حالته المميهة بأي نوع من أنواعها CaSO₄ · 2H₂O، CaSO₄ · 0,8H₂O أو CaSO₄ · ½ H₂O.

تؤكد نتائج الجدولين (3-III) و (4-III) إمكانية إعادة تدوير الجبس خاصة لو تمت معالجته بالطريقة الصحيحة فالجبس يمكنه التخلص بسهولة من الماء المضاف له و يمكن إعادة تحميمه لتحسين نسبة جبس باريس الموجودة فيه.

III-4- الخلاصة

تمّ التطرق في هذا الفصل إلى خطوات العمل التجريبي الذي ابتدأ بتحضير العينات ووضع مخطط لمراحل التجربة الأربعة. تمثلت المرحلة الأولى في إعداد أربع عينات حيث تركت العينة الأولى كشاهد و أجريت عملية تحميم للعينات الثلاث الباقية على درجات حرارة متفاوتة (150°C و 160°C و 170°C) لمدة ساعتين، بينما في المرحلة الثانية أعيد تحميم العينات السابقة لمدة ساعتين إضافيتين (بالمجمل 4 ساعات) على نفس درجة الحرارة لكل عينة، أما المرحلة الثالثة فدرس خلالها إمكانية تخلص الجبس من الماء المضاف له في محاكاة لعملية البناء، لتختتم التجارب بالمرحلة الرابعة التي خصصت لدراسة قابلية الجبس لإعادة التدوير. و تمّ تحليل و تشخيص النتائج بعد كل مرحلة باستعمال تقنية انعراج الأشعة السينية XRD، ثم حسنت المخططات المتحصل عليها بطريقة ريتفيلد وذلك باستخدام برنامج الحاسوب Rex - Powder Diffraction، لتدوّن بعدها النتائج في جداول و التي دلّت على الوصول إلى نتائج مقبولة جدا متوافقة مع هدف هذا العمل.

مراجع الفصل الثالث

المراجع باللغة العربية:

- [1] ن. باي، م. بن ساسي، "دراسة تأثير المعالجات الحرارية على مادة الجبس في منطقة الفولية بالوادي"، مذكرة ماستر، جامعة حمه الأخضر الوادي الجزائر (2021).
- [2] عبد الحميد غريب "دراسة عامة لمادة جبس منطقة الفولية الوادي"، مذكرة ماستر، جامعة حمه الأخضر الوادي الجزائر (2022).
- [10] قلاعي ايمان " تحضير وتوصيف أغشية أكسيد الزنك الرقيقة النقية والمطعمة بالحديد بتقنية الرش الانحلال الحراري و أغشية أكسيد الزنك النانوية بالطريقة الكيميائية"، مذكرة ماستر، جامعة محمد خيضر بسكرة الجزائر (2021).

المراجع باللغة الأجنبية:

- [3] Li, Y.; Ni, W.; Duan, P.; Zhang, S.; Wang, J. Experimental Study and Mechanism Analysis of Preparation of α -Calcium Sulfate Hemihydrate from FGD Gypsum with Dynamic Method. *Materials* **2022**, *15*, 3382.
- [4] Li, J.; Verweij, R.A.; van Gestel, C.A. Lanthanum toxicity to five different species of soil invertebrates in relation to availability in soil. *Chemosphere* **2018**, *193*, 412–420.
- [5] Ayanda, F.A.; Anuar, M.F.M.; Zaibon, S.; Jusop, S. The Physico-Chemical and Mineralogical Characterization of Mg-Rich Synthetic Gypsum Produced in a Rare Earth Refining Plant. *Sustainability* **2021**, *13*, 4840.
- [6] Ghazi, W.K.; Hugi, E.; Wullschleger, L.; Frank, T.H. Gypsum board in fire-modeling and experimental validation. *J. Fire Sci.* **2007**, *25*, 267-282.
- [7] Van der Marel, H.W.; Beutelspacher, H. Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and Their Admixtures; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1976; pp. 224-229.
- [8] Waligora, J.; Bulteel, D.; Degrugilliers, P.; Damidot, D.; Potdevin, J.L.; Measson, M. Chemical and mineralogical characterizations of LD converter steel slags: A multi-analytical techniques approach. *Mater. Charact.* **2010**, *61*, 39-48.
- [9] Masaguer, V.; Oulego, P.; Collado, S.; Villa-García, M.A.; Díaz, M. Characterization of sinter flue dust to enhance alternative recycling and environmental impact at disposal. *J. Waste Manag.* **2018**, *79*, 251-259.

مواقع أنترنت:

- [11] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_de_Rietveld, Consulted on 17-04-2023.
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Rietveld_refinement, Consulted on 19-04-2023.

الخاتمة العامة



الخاتمة عامة

تمّ في هذا العمل دراسة تجريبية لجبس منطقة الفولية ولاية الوادي بغية تحسين جودته حتى يقترب قدر الإمكان من جبس باريس، حيث يحتوي العمل على جانبين: الجانب النظري الذي تمّ خلال فصله الأول التعريف بمادة الجبس، نبذة تاريخية عنه، أنواعه، و بشكل خاص التعرف على جبس باريس و إمكانية إعادة تدوير الجبس. أما الفصل الثاني فخصص لشرح أهم التقنيات و الوسائل المستعملة لإجراء التجارب و تحليل نتائجها و المتمثلة في تقنيتي إنعراج الأشعة السينية على المساحيق XRD، و فلورية الأشعة السينية XRF لتبرير سبب إختيار أطوار الجبس المستعملة خلال هذه الدراسة.

أما الجانب التجريبي فافتتح بعرض الدراسات السابقة التي اهتمت بتحسين جودة جبس منطقة الفولية، و البحوث التي تمّ الاستناد عليها في إختيار درجات الحرارة المناسبة، بعدها عرضت طريقة تحضير عينات الجبس موضوع الدراسة بالتفصيل، ثم أدرجت فيه النتائج المتحصل عليها بعد المعالجة بتقنية الأشعة السينية XRD و تحسين المخططات باستعمال طريقة ريتفيلد وذلك بالاستعانة ببرنامج الحاسوب Rex – Powder Diffraction ، فكانت النتائج المتحصل عليها كالتالي:

✚ يتكون جبس منطقة الفولية بشكل أساسي من طور الجبس ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ بنسبة تقارب 94%، بينما تتواجد أطوار الأنهدريت CaSO_4 ، الرمل SiO_2 و الكالسييت CaCO_3 فيه بنسب ضعيفة.

✚ بغية تحسين جودة جبس منطقة الفولية و الحصول على نسب جيدة جدا من جبس باريس ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$ يجب تغيير طريقة معالجته و ذلك بتحميمه على درجة حرارة تتراوح بين 150°C و 170°C وفق طريقة خاصة ليفقد ثلاثة أرباع ماءه.

✚ يمكن إعادة تدوير الجبس و بالأخص إذا تمت معالجته بالطريقة الصحيحة فالجبس يستطيع التخلص من الماء المضاف له و ذلك بإعادة تحميمه لتحسين نسبة جبس باريس الموجودة فيه رغم استخدامه في عملية البناء.

الآفاق المستقبلية:

يمكن القول في نهاية هذا العمل أن النتائج المتحصل عليها تشجع على القيام بأعمال أخرى تثرى هذه الدراسة، و من أهم الآفاق المستقبلية المرجو تحقيقها:

- استخدام نتائج هذه الدراسة على أرض الواقع بهدف الحصول على جبس أكثر جودة بإمكانه المنافسة في السوق الوطنية، و إعادة تدوير مخلفاته ممّا يعود بالنفع على الصعيدين البيئي و الإقتصادي.
- باعتبار الجبس ثروة محلية في ولاية الوادي ينصح بدراسة توسيع استخدامه في العديد من المجالات كإمكانية تصنيع أنواع الطباشير المختلفة منه، و الحصول على أسمدة أكثر جودة من الموجودة حاليا و غيرها من الاستخدامات الكثيرة.

الملاحق



الملاحقالملف cif. للطور $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

```

data_1904289
### Entry summary ###
_chemical_formula_structural      CaSO4.2H2O
_chemical_formula_sum             Ca[H2O]2[SO4]
_chemical_name_mineral            gypsum
_chemical_compound_source         ?
_chemical_name_structure_type     Ca[SO4][H2O]2,mS32,15
_chemical_formula_weight          172.2
_chemical_melting_point           ?
### Bibliographic data ###
_publ_section_title
;
Redetermination of the crystal structure of calcium sulphate
dihydrate, CaSO4.2H2O
;
_journal_codен_ASTM               ZKNSFT
_journal_year                     2002
_journal_volume                   217
_journal_page_first               9
_journal_page_last               10
_journal_language                 English
### Standardized crystallographic data ###
_cell_length_a                   6.284
_cell_length_b                   15.2
_cell_length_c                   5.6775
_cell_angle_alpha                90
_cell_angle_beta                 114.132
_cell_angle_gamma                90
_cell_volume                     494.9
_cell_formula_units_Z            4
_symmetry_Int_Tables_number      15
_symmetry_space_group_name_H-M   C12/c1
loop_
_atom_site_label
_atom_site_Wyckoff_symbol
_atom_site_symmetry_multiplicity
_atom_site_fract_x
_atom_site_fract_y
_atom_site_fract_z
_atom_site_occupancy
O2 f 8 0.0832 0.22789 0.0908 1
O1 f 8 0.2 0.11802 0.4128 1

```

```

Ow f 8 0.2082 0.43197 0.0784 1
S e 4 0 0.17276 0.25 1
Ca e 4 0 0.67044 0.25 1
H2 f 8 0.239 0.485 0.073 1
H1 f 8 0.252 0.412 0.251 1
### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour ?
_exptl_crystal_density_meas ?
_cell_measurement_temperature ?
_cell_measurement_radiation ?
_cell_measurement_wavelength ?
_cell_measurement_reflns_used ?
_diffn_ambient_temperature 293
_diffn_measurement_device 'automatic
diffractometer'
_diffn_measurement_device_type 'Enraf-Nonius CAD4'
_diffn_radiation_type 'X-rays, Mo Ka'
_exptl_absorpt_coefficient_mu 1.632
_exptl_absorpt_correction_type ?
_computing_structure_solution 'starting values from
the literature'
_refine_ls_number_parameters 46
_refine_ls_number_reflns 971
_refine_ls_R_factor_all 0.028
_refine_ls_wR_factor_all 0.079
_computing_structure_refinement SHELXL-93
### End of data set 1904289 ###

```

الملف cif للطور $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$

```

data_1520681
### Entry summary ###
_chemical_formula_structural CaSO4.0.5H2O
_chemical_formula_sum Ca2[H2O][SO4]2
_chemical_name_mineral CaSO4.0.5H2O
_chemical_compound_source ?
_chemical_name_structure_type Ca2[SO4]2[H2O], mS78,5
_chemical_formula_weight 290.3
_chemical_melting_point ?
### Bibliographic data ###
_publ_section_title
;
The monoclinic I2 structure of bassanite, calcium sulphate
hemihydrate (CaSO4.0.5H2O)
;
_journal_codен ASTM EJMIER
_journal_year 2001
_journal_volume 13

```



```

_journal_page_first          985
_journal_page_last          993
_journal_language            English
### Standardized crystallographic data ###
_cell_length_a              17.4346
_cell_length_b              6.9294
_cell_length_c              12.035
_cell_angle_alpha           90
_cell_angle_beta            133.387
_cell_angle_gamma           90
_cell_volume                1056.6
_cell_formula_units_Z       6
_symmetry_Int_Tables_number 5
_symmetry_space_group_name_H-M C121
loop
  _atom_site_label
  _atom_site_Wyckoff_symbol
  _atom_site_symmetry_multiplicity
  _atom_site_fract_x
  _atom_site_fract_y
  _atom_site_fract_z
  _atom_site_occupancy
O12 c 4 0.009 0.408 0.317 ?
O2 c 4 0.027 0.281 0.152 ?
S3 c 4 0.0854 0.326 0.3136 ?
O9 c 4 0.139 0.152 0.411 ?
OW2 c 4 0.147 0.507 0.1 ?
O5 c 4 0.168 0.467 0.364 ?
O8 c 4 0.173 0.135 0.115 ?
O4 c 4 0.184 0.391 0.759 ?
S1 c 4 0.2507 0.012 0.2491 ?
O7 c 4 0.322 0.145 0.379 ?
Ca3 c 4 0.3323 0.312 0.5703 ?
O10 c 4 0.338 0.194 0.1 ?
O6 c 4 0.358 0.526 0.153 ?
S2 c 4 0.4183 0.347 0.1936 ?
O1 c 4 0.484 0.3 0.357 ?
O11 c 4 0.491 0.35 0.172 ?
O3 c 4 0.685 0.395 0.259 ?
Ca4 c 4 0.8352 0.346 0.0569 ?
OW1 b 2 0 0.168 0.5 ?
Ca1 b 2 0 0.511 0.5 ?
Ca2 a 2 0 0.0 0 ?
### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour       ?
_exptl_crystal_density_meas ?
_cell_measurement_temperature ?
_cell_measurement_radiation 'X-rays, Cu Ka'
_cell_measurement_wavelength ?
_cell_measurement_reflns_used ?
_diffrn_ambient_temperature ?
_diffrn_measurement_device  'automatic
diffractometer'

```

```

_diffn_measurement_device_type      'Siemens D5005'
_diffn_radiation_type                'X-rays, Cu Ka'
_diffn_refl_theta_min                6.5
_diffn_refl_theta_max                75
_exptl_absorpt_coefficient_mu        ?
_exptl_absorpt_correction_type        ?
_computing_structure_solution         'starting values from
the literature'
_refine_ls_number_parameters          ?
_refine_ls_number_refl               ?
_refine_ls_R_factor_all               ?
_refine_ls_wR_factor_all              ?
_computing_structure_refinement       'GSAS package'
### End of data set 1520681 ###

```

الملف .cif للطور $\text{CaSO}_4 \cdot 0.8\text{H}_2\text{O}$

```

data_1701568
### Entry summary ###
_chemical_formula_structural          CaSO4.0.8H2O
_chemical_formula_sum                  Ca[H2O]0.8[SO4]
_chemical_name_mineral                 CaSO4.0.8H2O
_chemical_compound_source              ?
_chemical_name_structure_type          Ca[SO4][H2O]0.8,hP21,152
_chemical_formula_weight               150.5
_chemical_melting_point                ?
### Bibliographic data ###
_publ_section_title                   'Calcium Sulfat Subhydrat, CaSO4.0,8H2O'
_journal_codен_ASTM                   ACSCEE
_journal_year                          1983
_journal_volume                        39
_journal_page_first                    956
_journal_page_last                     958
_journal_language                      German
### Standardized crystallographic data ###
_cell_length_a                         6.968
_cell_length_b                         6.968
_cell_length_c                         6.41
_cell_angle_alpha                      90
_cell_angle_beta                      90
_cell_angle_gamma                     120
_cell_volume                           269.5
_cell_formula_units_Z                  3
_symmetry_Int_Tables_number            152
_symmetry_space_group_name_H-M         P3121
loop_
_atom_site_label
_atom_site_Wyckoff_symbol
_atom_site_symmetry_multiplicity
_atom_site_fract_x
_atom_site_fract_y

```

```

_atom_site_fract_z
_atom_site_occupancy
O1 c 6 0.1436 0.4048 0.0344 ?
O2 c 6 0.4962 0.3693 0.35637 ?
S b 3 0.4519 0 0.83 ?
O3 a 3 0.0857 0 0.33 0.81
Ca a 3 0.4576 0 0.33 ?
### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour ?
_exptl_crystal_density_meas ?
_cell_measurement_temperature ?
_cell_measurement_radiation 'X-rays, Mo Ka'
_cell_measurement_wavelength 0.07107
_cell_measurement_reflns_used ?
_diffn_ambient_temperature ?
_diffn_measurement_device 'automatic
diffractometer'
_diffn_measurement_device_type 'Huber RHD 402'
_diffn_radiation_type 'X-rays, Mo Ka'
_exptl_absorpt_coefficient_mu 2.024
_exptl_absorpt_correction_type no
_computing_structure_solution
'Fourier synthesis, starting values derived from related
structure'
_refine_ls_number_parameters ?
_refine_ls_number_reflns 286
_refine_ls_R_factor_all 0.0504
_refine_ls_wR_factor_all 0.0487
_computing_structure_refinement SHELX-76
### End of data set 1701568 ###

```

الملف .cif للطور CaSO_4

data_1404662

Entry summary

```

_chemical_formula_structural CaSO4
_chemical_formula_sum Ca [SO4]
_chemical_name_mineral anhydrite
_chemical_compound_source ?
_chemical_name_structure_type Ca[SO4], oS24, 63
_chemical_formula_weight 136.1
_chemical_melting_point ?
### Bibliographic data ###

```

```

_publ_section_title      'Anhydrite: a
Refinement'

_journal_coden_ASTM      ACBCAR

_journal_year            1975

_journal_volume          31

_journal_page_first      2164

_journal_page_last       2165

_journal_language        English

loop_

  _publ_author_name
  _publ_author_address

'Morikawa H.'

;

Tokyo Institute of Technology

?

Tokyo 152 Meguro

Japan

;

'Minato I.'

;

Tokyo Institute of Technology

?

Tokyo 152 Meguro

Japan

;

'Tomita T.'

;

Tokyo Institute of Technology

?

```

Tokyo 152 Meguro

Japan

;

'Iwai S.'

;

Tokyo Institute of Technology

?

Tokyo 152 Meguro

Japan

;

Standardized crystallographic data

_cell_length_a	6.992
----------------	-------

_cell_length_b	6.24
----------------	------

_cell_length_c	6.999
----------------	-------

_cell_angle_alpha	90
-------------------	----

_cell_angle_beta	90
------------------	----

_cell_angle_gamma	90
-------------------	----

_cell_volume	305.4
--------------	-------

_cell_formula_units_Z	4
-----------------------	---

_symmetry_Int_Tables_number	63
-----------------------------	----

_symmetry_space_group_name_H-M	Cmcm
--------------------------------	------

loop_

_atom_site_label	
------------------	--

_atom_site_Wyckoff_symbol	
---------------------------	--

_atom_site_symmetry_multiplicity	
----------------------------------	--

_atom_site_fract_x	
--------------------	--

_atom_site_fract_y	
--------------------	--

_atom_site_fract_z	
--------------------	--


```

_atom_site_occupancy
O1 g 8 0.17 0.0157 0.25 ?
O2 f 8 0 0.2972 0.0814 ?
S c 4 0 0.1556 0.25 ?
Ca c 4 0 0.6522 0.25 ?
### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour ?
_exptl_crystal_density_meas ?
_cell_measurement_temperature ?
_cell_measurement_radiation 'X-rays, Mo Ka'
_cell_measurement_wavelength ?
_cell_measurement_reflns_used ?
_diffn_ambient_temperature ?
_diffn_measurement_device 'automatic
diffractometer'
_diffn_measurement_device_type Rigaku
_diffn_radiation_type 'X-rays, Mo Ka'
_exptl_absorpt_coefficient_mu ?
_exptl_absorpt_correction_type ?
_computing_structure_solution 'starting values from
the literature'
_refine_ls_number_parameters ?
_refine_ls_number_reflns 266
_refine_ls_R_factor_all 0.021
_refine_ls_wR_factor_all ?
_computing_structure_refinement LINUS-70
### End of data set 1404662 ###

```

الملف .cif للطور CaCO_3

```

data_558628
### Entry summary ###
_chemical_formula_structural      b-CaCO3
_chemical_formula_sum             [CO3]Ca
_chemical_name_mineral            calcite
_chemical_compound_source         ?
_chemical_name_structure_type     Ca[CO3], hR30, 167
_chemical_formula_weight          100.1
_chemical_melting_point           ?
### Bibliographic data ###
_publ_section_title
'Crystal Structure of the Ba, Sr and Ca Triple Carbonate'
_journal_codен_ASTM              JUPSAU
_journal_year                     1953
_journal_volume                   8
_journal_page_first               158
_journal_page_last                164
_journal_language                 English
loop_
  _publ_author_name
  _publ_author_address
'Terada J.'
;
Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd.
Matsuda Research Laboratory
Kanagawa-Kawasaki
Japan
;
### Standardized crystallographic data ###
_cell_length_a                    4.9811
_cell_length_b                    4.9811
_cell_length_c                    17.0214
_cell_angle_alpha                 90
_cell_angle_beta                  90
_cell_angle_gamma                 120
_cell_volume                      365.7
_cell_formula_units_Z             6
_symmetry_Int_Tables_number       167
_symmetry_space_group_name_H-M    'R-3c h'
### Atomic positions taken from type-defining entry ###
loop_
  _atom_site_label
  _atom_site_Wyckoff_symbol
  _atom_site_symmetry_multiplicity
  _atom_site_fract_x
  _atom_site_fract_y
  _atom_site_fract_z
  _atom_site_occupancy
O1 e 18 0.257 0 0.25 ?
Ca1 b 6 0 0 0 ?
C1 a 6 0 0 0.25 ?

```

```

### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour          ?
_exptl_crystal_density_meas   ?
_cell_measurement_temperature  ?
_cell_measurement_radiation    'X-rays, Cu Ka'
_cell_measurement_wavelength   ?
_cell_measurement_reflns_used  ?
_diffn_ambient_temperature    ?
_diffn_measurement_device      ?
_diffn_measurement_device_type ?
_diffn_radiation_type          ?
_exptl_absorpt_coefficient_mu  ?
_exptl_absorpt_correction_type ?
_computing_structure_solution  ?
_refine_ls_number_parameters   ?
_refine_ls_number_reflns       ?
_refine_ls_R_factor_all        ?
_refine_ls_wR_factor_all       ?
_computing_structure_refinement ?
### End of data set 558628 ###

```

الملف .cif للطور SiO₂

```

data_1812087
### Entry summary ###
_chemical_formula_structural   SiO2
_chemical_formula_sum          O2Si
_chemical_name_mineral         'quartz low'
_chemical_compound_source      ?
_chemical_name_structure_type   SiO2,hP9,152
_chemical_formula_weight       60.1
_chemical_melting_point        ?
### Bibliographic data ###
_publ_section_title
;
A detailed structural characterization of quartz on heating
through the a-b phase transition
;
_journal_coden_ASTM            MNLMBB
_journal_year                   2001
_journal_volume                 65
_journal_page_first             489
_journal_page_last              507
_journal_language               English
### Standardized crystallographic data ###
_cell_length_a                  4.9019
_cell_length_b                  4.9019
_cell_length_c                  5.3988
_cell_angle_alpha               90
_cell_angle_beta                90
_cell_angle_gamma               120
_cell_volume                    112.3

```

```

_cell_formula_units_Z          3
_symmetry_Int_Tables_number    152
_symmetry_space_group_name_H-M P3121
loop
  _atom_site_label
  _atom_site_Wyckoff_symbol
  _atom_site_symmetry_multiplicity
  _atom_site_fract_x
  _atom_site_fract_y
  _atom_site_fract_z
  _atom_site_occupancy
O c 6 0.413 0.1419 0.11613 ?
Si a 3 0.5327 0 0.33 ?
### Experimental/Determination ###
_exptl_crystal_colour          ?
_exptl_crystal_density_meas    ?
_cell_measurement_temperature   20
_cell_measurement_radiation     'neutrons, time-of-
flight'
_cell_measurement_wavelength    ?
_cell_measurement_reflns_used   ?
_diffrn_ambient_temperature     20
_diffrn_measurement_device      'automatic
diffractometer'
_diffrn_measurement_device_type
'ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, UK'
_diffrn_radiation_type          'neutrons, time-of-
flight'
_exptl_absorpt_coefficient_mu   ?
_exptl_absorpt_correction_type  ?
_computing_structure_solution   'starting values from
the literature'
_refine_ls_number_parameters    31
_refine_ls_number_reflns        ?
_refine_ls_R_factor_all         ?
_refine_ls_wR_factor_all        0.0346
_computing_structure_refinement TF12LS
### End of data set 1812087 ###

```



المخلص

اهتمت هذه الدراسة بإمكانية تحسين جودة جبس منطقة الفولية ولاية الوادي قليل الجودة ليضاهي أو يقارب جبس باريس لأقصى قدر ممكن، حيث تم تحضير عينات من مسحوق الجبس و تحميمها وفق درجات حرارة مختارة بدقة و هي محصورة بين 150°C و 170°C ثم عولجت هذه العينات باستعمال تقنية انعراج الأشعة السينية XRD و بالاستعانة أيضا بتقنية فلورية الأشعة السينية XRF. بينت نتائج تحسين أطيف انعراج الأشعة السينية المتحصل عليها باستعمال طريقة ريتفيلد أنه بالإمكان تحويل الجبس ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ إلى باسنييت أو ما يعرف بجبس باريس ذو الصيغة الكيميائية $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$ و بنسب تعتبر جيدة جدا و ذلك باتباع الطريقة الصحيحة أثناء معالجته و التي تجعله يفقد ثلاثة أرباع مائه $(\frac{3}{4}\text{H}_2\text{O})$ ، كما يمكن أيضا إعادة تدوير الجبس و ذلك بإعادة تحميمه لتحسين نسبة جبس باريس المتواجدة فيه بعد عملية البناء.

الكلمات المفتاحية: الجبس $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ، جبس باريس $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$ ، انعراج الأشعة السينية، فلورية الأشعة السينية، إعادة التدوير.

Abstract

This study aimed to improve the low-quality gypsum in the Alfouliya region of Eloued province, so that it could match with the Paris plaster as much as possible. Gypsum samples were prepared and calcined at carefully selected temperatures ranging from 150°C and 170°C . these samples were treated using the X-ray powder diffraction (XRPD) technique, as well as the X-ray fluorescence technique (XRF). Obtained results using Rietveld refinement showed that it is possible to transform gypsum with the chemical formula $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ to Paris plaster $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$ with very good proportions by following the correct method during its treatment, which makes it lose $\frac{3}{4}\text{H}_2\text{O}$. Gypsum can also be recycled through plaster through re-roasting it in order to increase the proportion of Paris plaster that it has after the construction process.

Key Words: Gypsum $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, Paris plaster $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$, X-ray diffraction, X-ray fluorescence, recycling.