

**1.1. تعريف المواد الخزفية:**

يعرف الخزف تقليديا على أنه أحد فنون الصناعة قديما ويعتمد أساسا على خصائص المواد الصلصالية التي تعطي مع الماء عجينة سهلة التشكيل تصبح صلبة بعد معالجتها حراريا [1] أما حديثا فتعرف على أنها مواد غير عضوية وغير معدنية يتم تكثيفها عند درجات حرارة عالية [2].

**2.1. مراحل تحضير المواد الخزفية:**

تتميز الخزفيات بخصائص جيدة كونها حرارية و صلدة و قصفة في نفس الوقت و هذا ما يجعل عملية تصنيعها صعبة، حيث انها تختلف عن تصنيع بقية المواد، فمثلا درجات الحرارة العالية للخزفيات تستبعد تشكيلها عن طريق الصب او القولية [3]، وبصفة عامة تمر عملية تحضير المادة الخزفية عبر مجموعة من المراحل الاساسية التالية:

**1.2.1. تحضير المواد و تنشيطها:**

يتم في هذه المرحلة سحق المواد الاولية و مجانستها للحصول على مسحوق ذو حبيبات صغيرة جدا، للحصول على مساحات تلامس اكبر، توجد عدة تقنيات لسحق المواد و لكن اكثرها استعمالا في الصناعة هي السحق بواسطة الكريات في وجود سائل، و يعرف هذا السحق بالسحق الرطب [3].

**2.2.1. التشكيل:**

نقصد بالتشكيل اعطاء المادة الاولية شكلا معيناً، و من اهم طرق التشكيل هو الكبس المحوري و الكبس الهيدروستاتيكي، و يتم التشكيل عن طريق آلة ضغط مناسبة، اين يطبق على المسحوق الموجود داخل القالب ضغطا مناسباً لتشكيله.

ان الاحتكاك بين الحبيبات الناتجة عن الضغط المطبق تولد ارتفاعا محليا في درجة الحرارة و هذا ما يسمح بالتحام اولي بين الحبيبات، اين نحصل في النهاية على عينة متماسكة بشكل كاف يسمح بنقلها الى الفرن [3].

### 3.2.I. التلييد:

إن مفهوم التلييد صعب جداً وبالتالي من الصعب إعطاء تعريف كامل وموجز يصف ظاهرة التلييد، ولكن نستطيع اعتبار عملية التلييد على أنها طريقة تعمل على تطوير نظام مكون من حبيبات أو تجمعات ذات فراغات إلى حالة تكاثف مثالية أي غياب تام للفراغات، أو أنها عملية المعالجة الحرارية للمادة [4].

### 4.2.I. الاتقان و التحسين:

تعتبر اخر مرحلة بعد تلييد المنتج النهائي و الذي يكون شكله غير قابل لتغيير و هذا بهدف التحسين في سطحه باستعمال ادوات ماسية مناسبة للتقّب و الصقل [3].

### 3.I. الكوردريت:

الكوردريت عبارة عن مركب الومينوسليكات المغنيزيوم، صيغته الكيميائية  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ، و هو مادة نادرة الوجود في الطبيعة، يتميز بلون ازرق بنفسجي او رمادي [5-6]، يتكون الكوردريت بواسطة التلييد عند درجة  $1200^{\circ}C$  [6]، اكتشف في عام 1813 من طرف العالم الفرنسي لويس كوردرييه .

### 4.I. خصائص الكوردريت:

#### 1.4.I. الخصائص البنيوية:

بعض الاستكشافات بينت ان الكوردريت يتواجد على ثلاث اشكال [7]:

❖ الشكل  $\alpha$ : مستقر في درجات الحرارة المرتفعة، له بنية سداسية تتميز بالوسائط الشبكية التالية :

$$a=17.1 \text{ \AA} \quad b=9.78 \text{ \AA} \quad c=9.33 \text{ \AA}$$

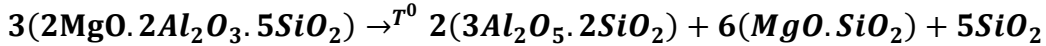
❖ الشكل β: مستقر في درجات الحرارة المنخفضة، يستطيع ان يتحول الى الشكل α عن طريق عملية التسخين الى درجة حرارة تقارب 830°C.

❖ الشكل μ: شبه مستقر في درجات الحرارة المنخفضة، له بنية مماثلة لبنية الكوارتز و مع ارتفاع درجة الحرارة يستطيع التحول تدريجيا الى الشكل α في درجة حرارة اكبر من 975°C و هو تحول غير عكوس.

على العموم فان الكوردريت ذا بنية ثمانية، ويمكن ان يتواجد على شكل بنية سداسية تحت اسم الاندياليت الذي يتميز بمقاومة خاصة للتغيرات الحرارية المفاجئة، ويكون مستقر عند الدرجة 1440°C.

#### 2.4.I. الخصائص الكيميائية:

الكوردريت صيغته الكيميائية  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ، و هو يملك استقرار كيميائي جيد، و من اهم خصائصه تفككه بارتفاع درجة الحرارة ليعطي الميليت [8] و السينال و اكسيد السيليكون على شكل كريستوباليت حر وفق التفاعل الكيميائي التالي :



#### 3.4.I. الخصائص الميكانيكية و الحرارية:

يتميز الكوردريت بخصائص ميكانيكية و حرارية، من قساوة و مقاومة جيدة للإجهاد الحراري، و معامل تمدد حراري ضعيف، وهذا ما يتم تلخيصه في جدول [1-I] :

الخصائص	القيمة
القساوة (على سلم موهس)	من 7 الى 7.5
معامل تمدد الخطي بين $20^{\circ}\text{C}$ - $1000^{\circ}\text{C}$ ( $K^{-1}$ )	$2 - 4 * 10^{-6}$
درجة الانصهار ( $^{\circ}\text{C}$ )	1465
الناقلية الحرارية عند $20^{\circ}\text{C}$ ( $Wm^{-1}k^{-1}$ )	2
معامل يونغ (GPa)	70
الكتلة الحجمية $g. cm^{-3}$	2.58 الى 2.66
تحمل الصدمات الحرارية	ممتازة
مقاومة الثني (GPa)	60
مقاومة التحمل (GPa)	300

الجدول [3-I]: اهم الخصائص الميكانيكية و الحرارية للكورديريت [9-10].

### 5.I. استعمالات الكورديريت:

يستعمل الكورديريت في عدة مجالات نذكر منها [10]:

- ❖ **الإلكترونيات:** حامل الدوائر الإلكترونية المتكاملة و مسند الكتروني.
- ❖ **العوازل:** يعتبر عازلا جيدا للكهرباء، اذ يتراوح ثابت عزله الكهربائي ما بين 5.4- 5.5
- ❖ **الطيران:** يستخدم كبلاطات في المركبات الفضائية فأرضه تحتاج للحماية القصوى، و في الطائرات التي تسير بسرعة فوق صوتية لحمايتها من الحرارة الشديدة .
- ❖ **الطب الحيوي:** مواد زراعة و تثبيت العظام في جسم الإنسان. [11]
- ❖ **المجوهرات:** يعتبر الكورديريت الطبيعي من الاحجار الكريمة.

### 6.I. طرق تحضير مركب الكورديريت:

يعتبر الكورديريت من المواد الخزفية التقنية و هذا لما يمتاز به من خصائص ميكانيكية و فيزيائية جيدة

مثل درجة الانصهار العالية، و معامل التمدد الخطي وثابت العزل الكهربائي الضعيفين.

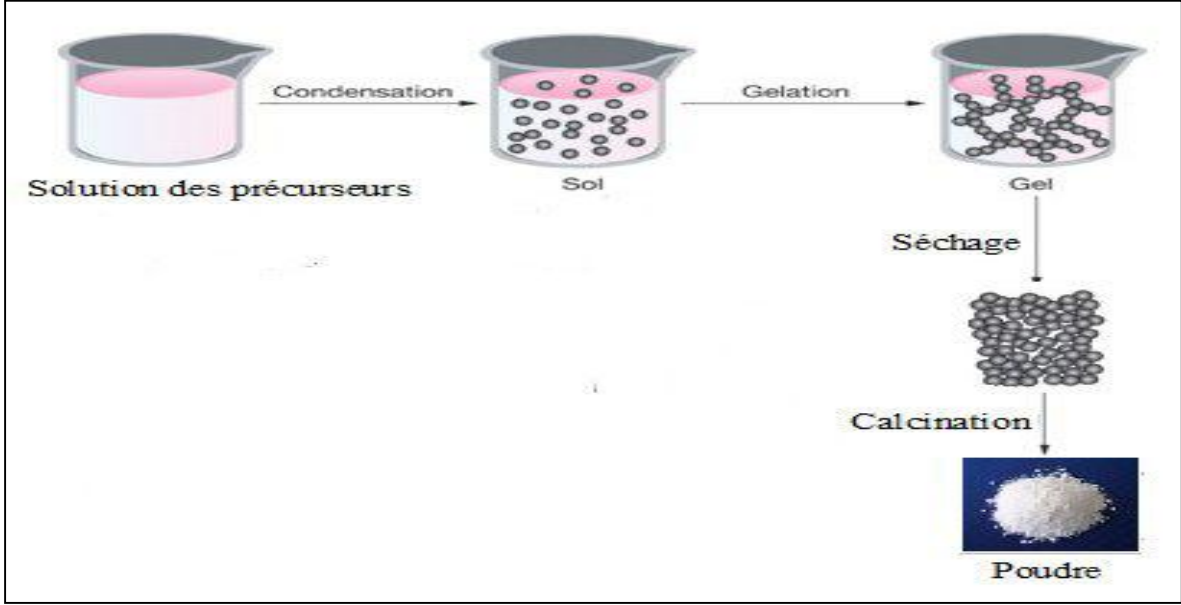
و نميز ثلاث طرق لتحضير المواد الحرارية التقنية:

### 1.6.I. طريقة الخزفيات الزجاجية:

تم اول ظهور للخزفيات الزجاجية كمواد مصنعة عام 1957، حيث يعتبر هذا النوع من الخزفيات من المواد الغير عضوية و الغير معدنية، تميزها بلورات مجهرية موزعة بشكل متجانس. يتم تصنيع هذا النوع من الخزفيات بتشكيله على الطريقة التقليدية للزجاج ثم تخزينه في درجات حرارة معتدلة تساعده على البلورة. و في النهاية نحصل على مواد ذات خصائص زجاجية وانعدام شبه كلي للفراغات و كذا وجود بلورات مجهرية موزعة بشكل متجانس [9].

### 2.6.I. طريقة الصول - جال:

تعد هذه الطريقة احدى الطرق المنبثقة عن تقنيات الكيمياء الرطبة، و يتمحور مبدأ هذه الطريقة حول مجموعة من تفاعلات اماهة - تكثيف عند درجات حرارة ثابتة [12]، تبدأ هذه الطريقة باذابة مساحيق المواد الاولية في محلول غالبا مايكون اكاسيد كحولية ليتشكل لنا محلول مركز يعرف بالصول، ثم نقوم بازالة الماء منه ليتشكل الهلام (الجال) الذي بدوره يجفف و يكتف بواسطة معالجة حرارية لنتحصل على المادة المراد الحصول عليها [13].



الشكل(1-I): طريقة الصول - جال

### 3.6.I. طريقة التحضير انطلاقا من المواد الاولية الصلبة:

و تعتبر طريقة التحضير انطلاقا من المادة الاولية الصلبة هي الطريقة البسيطة و الاقل تكلفة مقارنة ببقية الطرق الاخرى نتيجة لتوفر المواد الاولية وسهولة تليدها نسبيا [14].

ان الاساس في طرق تحضير هذه الخزفيات هو البحث عن ابسط طريقة بحيث تكون غير مكلفة وتؤدي للحصول على نسبة تليد جيدة مع الحفاظ على اهم الخصائص الفيزيائية، و غالبا ما تتطلب عملية التليد و بلورة المساحيق درجات حرارة عالية نسبيا و لتخطي هذه الصعوبات اجريت عدة دراسات اهتمت بطرق التحضير و اتجهت الى خفض من درجة التليد مع التبلور المناسب [5].

لقد تم تحضير الكورديريت بعدة طرق اولها محاولة تحضيره انطلاقا من خلط الاكاسيد الاساسية المكونة له ( $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ). لكن هذه الطريقة كانت جد مكلفة و صعبة، لذلك فقد اجتهد الباحثون للبحث عن طريقة اقل تكلفة، و هي طريقة خلط الكاولان مع اكسيد المغنيزيوم [5].

### 7.I. تأثير اضافة الاكاسيد على خصائص الكوردريت :

يضاف  $B_2O_3$  الى المسحوق المكافئ لتحضير الكوردريت لانه لا يغير في الخصائص العزلية للكوردريت (عازل للحرارة، عازل للكهرباء) و يحافظ على الخصائص التي يمتاز بها الكوردريت، كما انه يمتلك مقاومة جيدة للاجهاد العالي، و يساعد على التلبيد بتشكل طور زجاجي عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا(اقل من  $1100^{\circ}C$ ). واهم تأثير انه يساعد علي تشكل الكوردريت  $\mu$  و يحفز على النمو و التحول الى الكوردريت  $\alpha$  ذو البنية السداسية [15].