

دراسة العوامل المؤثرة في خواص المسحوق المعدني المنتج بطريقة التذرية بالطرد المركزي

د. منذر محمد راضي* و علي حسين علي كريم

تاريخ التسلم: 2008/ 6/30

تاريخ القبول: 2010/9/2

الخلاصة

يتضمن البحث دراسة بعض متغيرات عملية التذرية بالطرد المركزي لغرض انتاج مسحوق معدن القصدير النقي وملاحظة مدى تأثير هذه المتغيرات في خواص المسحوق الناتج وهذه المتغيرات هي :-

1. سرعة دوران الجزء الدوار 2. وسط التبريد 3. درجة حرارة وسط التبريد
- تم ملاحظة تأثير المتغيرات اعلاه على كل من حجم وشكل الدقائق الناتجة وتوزيعها الحجمي وكثافتها الظاهرية وكثافة الرص وزاوية الاستقرار . دورة /الدقيقة كل على انفراد لتدوير الوعاء المجوف واستعمال الماء كوسط للتبريد عند درجة حرارة الغرفة ، فلو حظ انه عند زيادة سرعة الدوران لا يحدث تغيير في اشكال الدقائق اي يبقى المدى الواسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية و تزداد النسبة الوزنية المئوية للدقائق الناعمة ، كذلك تزداد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص وتقل قيمة زاوية الاستقرار . لوحظ عند استعمال ثلاث سرع مختلفة (2000, 6000, 10000) لوحظ عند استعمال كل من الهواء والماء على انفراد عند درجة حرارة الغرفة كواسط لتبريد وتفتيت قطرات معدن القصدير المنصهرة المتطايرة من الوعاء المثقب من الجوانب عند سرعة دوران (10000) دورة/دقيقة ، لوحظ بأن النسبة الوزنية المئوية للدقائق الناعمة تزداد وكذلك تزداد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص وتقل قيمة زاوية الاستقرار وعدم حدوث تغيير في اشكال الدقائق عند استعمال وسط التبريد الماء مقارنة مع الهواء ، يتم الحصول على المدى الواسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية عند كل من الوسطين .
- تم استعمال الماء بدرجات حرارة مختلفة $^{\circ}C$ [(40-50),(60-70),(80-90)] كوسط لتبريد وتفتيت قطرات معدن القصدير المنصهرة المتطايرة من الوعاء المثقب من الجوانب عند سرعة دوران (10000) دورة/دقيقة وتكوين دقائق مسحوق بأحجام وبأشكال مختلفة ، فلو حظ انه يزداد ميل الدقائق الى الانتظام في الشكل والحصول على الشكل الكروي بصورة واضحة مع قلة النسبة الوزنية المئوية للدقائق الناعمة وكذلك تزداد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص وتقل قيمة زاوية الاستقرار عند زيادة درجة حرارة وسط التبريد الماء.

Study of the Factors Affecting the Properties of the Tin Powder Produced by the Method of Centrifugal Atomization

Abstract

The research includes a study for the variables of the process of centrifugal atomization for the purpose of producing pure tin metal powder and the effect of these variables in the properties of the resulting powder. These variables are:

1. The speed of rotation in the rotating part.
2. The medium of cooling.

3. The temperature of medium of cooling.

The affect of these above variables were observed on the size and the shape of particles resulting and the particle distribution, the apparent density, tap density and the angle of repose.

Upon the use of three different speeds (2000, 6000, 10000) (rpm) on the each at a time for the rotating of the hollow bowl and the use of water at the room temperature. It was noticed that when increasing of revolution speed, there is no change in the shapes of particles i.e. the wide extent of shapes remain irregular, acicular and semispherical, and that the weight percentage of the small particles increases. Also, the value of the apparent density and the tap density increases while the angle of repose decreases.

It was also observed that at the use of air and water separately at the room temperature as cooling media and disintegration the fused droplets of tin metal out of the hollow bowl at rotation speed of (10000) rpm. Moreover, we can notice that the weight percentage of the small particles increases as well as the value of the apparent density and tap density, while the value of the repose angle decreases , and the absence of any change in the shape of the particles when using water as a medium of cooling , compare with air . A great range of irregular, acicular and semispherical shapes are also obtained.

Water of different temperatures ($\{40-50\}$, $\{60-70\}$, $\{80-90\}$)° C were was used as a cooling medium and for the disintegrating of the droplets of the tin metal from the hollow bowl at rotation speed of (10000) rpm, and the formation of powder of different sizes and shapes. Also, the tendency of the particles towards regularity of shape and the spherical shape clearly with the decrease of the weight percentage of the small particles , and the value of apparent density and the tap density increase and the value of the angle of repose decreases at the increase of the temperature of water cooling medium.

المقدمة

يطلق مصطلح ميتالورجيا المساحيق على عملية تصنيع المنتجات بأشكالها النهائية عن طريق تحضير مسحوق ناعم (متوسط قطر الدقيقة اقل من 1mm تقريباً) وتحديد مواصفاته، يليه المزج ومن ثم الكبس الى الشكل المطلوب الذي يجري في قالب معدني معين تحت ضغط عال ثم تسخين المسحوق المكبوس فترة زمنية محددة تحت جو مسيطر عليه في درجة حرارة تحت درجة حرارة انصهار المكونات الاساسية للمسحوق الذي يتكون من مزيج مساحيق معادن مختلفة بحيث ان الجزء المكبوس يكون بعد التسخين مكتسباً خواصاً تجعله قابلاً للاستعمال كمنتج مفيد. [1 ، 2]

من خلال مفهوم ميتالورجيا المساحيق يجب ان ندرس مسبقاً خصائص المسحوق المحضر سلفاً او المراد تحضيره واستعماله كمادة اولية في التصنيع سواء كان ذلك بالكبس او التلبيد [3] ولاتنحصر اهمية تحديد مواصفات المسحوق على عمليات تشكيله وتصنيع المنتجات منه (وهي العمليات التي تلي مرحلة التحضير) بل ان اهمية تحديد مواصفات وخصائص المسحوق تؤثر ايضا في المراحل السابقة لها وهي مراحل التحضير والانتاج للمسحوق [4 ، 5] ، لذلك نلاحظ هناك علاقة وثيقة بين الاسلوب المستعمل لانتاج مسحوق معين وبين مواصفات المسحوق الناتج وبالتالي

بين خواص منتجات المساحيق ، فبأختلاف طريقة التحضير تختلف خواص المسحوق الناتج [6] ، ومن هنا فإنه من الضروري جدا اختيار اسلوب معين لإنتاج المسحوق من مادة معينة مع مراعاة الخواص المطلوبة في المسحوق والمنتج الذي يصنع منه [7 ، 8] ، تم هنا في بحثنا اختيار طريقة التذرية بالطرد المركزي باستعمال الجزء الدوار لإنتاج مسحوق القصدير النقي وفيما يلي وصف بسيط لهذه الطريقة

• طريقة التذرية بالطرد المركزي

يتضمن هذا الأسلوب من التذرية الاعتماد على قوى الطرد المركزي الناتجة من الدوران التي تؤثر في قطرات السائل المعدني أو السبائك وتعمل على تطايرها بشكل رذاذ وبوجود أوساط تحكم بالجو لغرض السيطرة على عمليات الأكسدة . هنالك عدة طرائق للتذرية بالطرد المركزي واحد أشهر هذه الطرائق هي التذرية بالطرد المركزي باستخدام القرص او الوعاء الدوار

ـ طريقة التذرية بالقرص الدوار

Rotating Disc

وهي إحدى أنواع التذرية بالطرد المركزي أيضاً إذ يرذذ المعدن المنصهر بهيئة قطرات تتطاير بفعل القوى الطاردة المركزية الناتجة عن الدوران إذ يتم ضخ المعدن المصهور باتجاه قرص يدور بسرعة دوران معينة إذ تتطاير القطرات بفعل تلك القوى وتنتشر بهيئة رذاذ في وسط تبريد غازي واق لتجنب الأكسدة كما موضح في الشكل (1) [9] تنزل بعدها الى وعاء التجميع بهيئة مسحوق . [4 ، 10] ، تمتاز دقائق المسحوق المنتجة بهذه الطريقة بأن لها اشكالا مختلفة متباينة بين الشكل الكروي والشكل غير المنتظم ، ويكون المسحوق الناتج منها خشناً مقارنة بطرائق التذرية الأخرى ، وتنبع هذه الطريقة في إنتاج مساحيق سبائك الألمنيوم وكذلك مساحيق الحديد والنيكانيوم وبعض السبائك الفائقة .

[4 ، 11، 12]

ظهرت دراسات كثيرة تتضمن طريقة التذرية بالطرد المركزي باستخدام الجزء الدوار Thomas M.Gentle حيث قام الباحثان [13] بابتكار طريقة John I.Speier & تذرية بالطرد المركزي لإنتاج المساحيق ، إذ يتم فيها سكب كل من المعدن المنصهر وسائل التبريد الماء على القرص أثناء دورانه، فعند ارتطام المعدن المنصهر بالقرص سيلاقي طبقة رقيقة من الماء تغطي سطح القرص فيتم عندها تشتيت وتبريد الدقائق المنصهرة عن طريق تأثير كل من قوى الطرد المركزي وتبخر الماء وبالتالي الحصول على دقائق ناعمة ، وقد استنتج الباحثان أفضلية الماء على الغازات لاستعماله كوسط للتبريد من خلال عدة أسباب 1-إن كمية الماء المطلوبة كوسط للتبريد أقل من كمية الغاز .

ب-رخص وتوفر الماء ج- سهولة المعالجة والتعامل مع الماء

R.caronara & و قام الباحثان [14] بابتكار جهاز تذرية R.Raman بالطرد المركزي جديد ذي وعاء دوار كبير القطر يحتوي في داخله على سائل التبريد . إذ يتم هنا استعمال قضيب معدني وتسلط الحرارة الكافية عن طريق حزمة الكترونية او شعلة لغرض صهر المعدن بدلا من استعمال الفرن والبودقة وتم استبدال القرص المسطح بوعاء كبير القطر وذو جدران محيطية لمنع تطاير سائل التبريد المتواجد في داخله أثناء الدوران ، يتم تساقط قطرات المعدن المنصهر من القضيب الى الوعاء الدوار الحاوي على سائل التبريد وبالتالي حدوث التشتيت للدقائق المنصهرة بفعل قوى الطرد المركزي ومعدل التبريد السريع وبالتالي الحصول على الدقائق الناعمة . وقد استنتج ماياتي:

1- ان الماء افضل وسائل التبريد والتقسية ويستعمل للكثير من المعادن حتى المعادن ذات درجات حرارة انصهار التي تصل الى $1204^{\circ}C$

الجانب العملي

تم استعمال معدن القصدير النقي تجارياً" (99.4 %) في البحث لغرض تحويله الى مسحوق عن طريق عملية التذرية بالطرد المركزي .
مراحل تحضير المسحوق :

1- مرحلة تصميم جهاز التذرية بالطرد المركزي الموضح في الشكل (2) و(3)

2- مرحلة الصهر والسكب (تم سكب 350 المعدن المنصهر عند درجة حرارة 350°C) (

3- مرحلة اجراء عملية التذرية والتحكم

ببعض متغيراتها

يتم التحكم بأحدى المتغيرات الاتية وتنشيط بقية المتغيرات الاخرى وكما يأتي :

- تغيير سرعة دوران الجزء الدوار.
- تغيير نوع وسط التبريد.
- تغيير درجة حرارة وسط التبريد.

في هذه المرحلة تم التحكم بمتغير واحد فقط وتنشيط بقية المتغيرات وملاحظة حجم وكمية المسحوق الناتج وشكل الدقائق عند كل متغير وهكذا مروراً بجميع المتغيرات من اجل الوصول الى المتغير الأفضل الذي يعطي اكبر كمية من دقائق المسحوق الناعمة بأقل تلف من المعدن المنصهر وعدم الحاجة إلى الصيانة الدورية لأجزاء جهاز التذرية أو تبديلها ، والجدول (1) يوضح هذه المتغيرات .

تقييم خواص المسحوق الناتج

تم غسل المسحوق الناتج جيداً بالماء ومن ثم يجفف بعدها يتم اجراء الفحوصات الاتية لغرض تقييم خواص مسحوق القصدير الناتج عند كل متغير كل على انفراد .

قياس الحجم و التوزيع الحجمي للدقائق

تم استعمال جهاز هز المناخل المتكون من عدة مناخل مرتبة اذ يكون المنخل ذو الفتحة الأكبر في الأعلى والمنخل ذو الفتحة الأصغر

2- ان الماء البارد والمحللول الملحي والماء الطبيعي ملائمة للعديد من المعادن مثل الحديد والنيكل والزنك وغيرها

3- ان الغازات الخاملة مثل الهيليوم والنتروجين والاركون ملائمة للمعادن الفعالة والنشطة (reactive) والتي تتفاعل مع الموائع الاخرى .

4- الماء البارد والطبيعي يعطي اشكالا مَسامية غير منتظمة على الاكثر مع القليل من الشكل الكروي بينما الزيت يعطي اشكالا كروية على الاغلب

5- ان هناك عدة شروط لأختيار مائع التبريد ومن هذه الشروط ما يأتي :
أ- يملك قابلية حرارية عالية على امتصاص الحرارة ب- غير سام ج- غير قابل للاشتعال د- رخيص وقليل الكلفة

[15] بأبتكار R.H.Craig و قام الباحث وتصميم عدد من أجهزة التذرية بالطرد المركزي باستعمال الجزء الدوار اذ يتم تذرية المعدن المنصهر والحصول على المسحوق عبر مرحلتين رئيسيتين هما :
الاولى : تذرية وتفتيت المعدن المنصهر بصورة جزئية باستعمال الجزء الدوار
الثانية : تبريد وتفتيت الدقائق الناتجة من الخطوة السابقة بصورة نهائية الى دقائق انعم عن طريق سقوطها المباشر في اوساط تبريد معينة (المحلول الملحي , الماء البارد , الماء الساخن بدرجات حرارة مختلفة , الغازات الخاملة) اذ تعمل هذه الاوساط على حصول تبريد وتفتيت اضافي للدقائق والحصول على النعومة المطلوبة. واستنتج الباحث انه تزداد نعومة الدقائق ويتم التخلص من الدقائق الخشنة والتكتلات الكبيرة الحجم غير المرغوبة ومنع حدوث التجمد السابق لأوانه للدقائق بأبتباع ما يأتي : زيادة مراحل تفتيت دقائق المعدن المنصهرة ، 2- رج وتحريك وسط التبريد

(μm في الأسفل على وفق الترتيب الاتي)
3000 ، 2000 ، 1000 ، 710 500 ، ، 355 ،
150) مع وجود وعاء اسفل المنخل السفلي ،
في البداية يتم وزن المسحوق الناتج من عملية
التذرية المختلف الحجم باستعمال ميزان حساس
وبعدها يوضع المسحوق في المنخل العلوي ويتم
(15) يتوقف min تشغيل الجهاز وبعد مرور
الجهاز تلقائيا ، في تلك الاثناء يتم فصل الغرابيل
ووزن كل كمية متبقية من المسحوق على كل
منخل باستعمال الميزان الحساس ولغرض ايجاد
النسبة المئوية الوزنية [4 ، 6] يتم تطبيق
العلاقة الاتية [4]

$$\frac{\text{الكمية المتبقية فوق كل منخل}}{= W_t}$$

الوزن الكلي للمسحوق قبل الغرلة

اما حجم دقائق المسحوق فتمثل قطر فتحة ذلك
المنخل المتبقية عليه
شكل الدقائق

تم استعمال المجهر الضوئي من نوع
(Nikon) موديل (Me 600) لغرض معرفة
شكل دقائق المسحوق الناتج .

الكثافة الظاهرية

تم قياس الكثافة الظاهرية باستعمال
الجهاز القياسي ، يتم وزن الوعاء المدرج
(25) وهو فارغ cm^3 القياسي ذي الحجم
(100) من المسحوق gm وبعدها يتم سكب
الناتج من عملية التذرية غير المغربل في الوعاء
من خلال القمع القياسي ذي الفتحة الضيقة حتى
يتملىء الوعاء تماما ويتم ازالة الفائض
باستعمال اداة ذات حافة حادة ، وبعدها يتم وزن
كل من الوعاء والمسحوق الذي في داخله
وكذلك حساب حجم المسحوق في الوعاء ،
ويتم تطبيق العلاقة الاتية [4 ، 6 ، 7] لحساب
الكثافة الظاهرية

$$A.D. = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots$$

W_1 : يمثل وزن الوعاء القياسي وهو فارغ
(gm)

W_2 : وزن كل من الوعاء والمسحوق الذي في
داخله (gm)

V : حجم المسحوق الناتج (cm^3)
كثافة الرص:

تم استعمال الجهاز القياسي، يتم وزن
(100) من المسحوق الناتج من التذرية غير gm
المغربل ووضعه في الاسطوانة المدرجة ،
(15-20) min بعدها يتم تشغيل الجهاز مدة
كأقل مدة لغرض زيادة التراص ما بين الدقائق
عن طريق اهتزاز المسحوق الموضوع داخل
الاسطوانة الى ان يتم استقرار ارتفاعه وحجمه
ويتم ايجاد كثافة الرص عن طريق تطبيق
[العلاقة الاتية 4]

وزن المسحوق في الاسطوانة

$$T.D. = \frac{\text{حجم المسحوق بعد الاهتزاز}}$$

زاوية الاستقرار

تم حساب زاوية الاستقرار عن طريق
سكب المسحوق الناتج عن عملية التذرية غير
المغربل من خلال قمع مخروطي إلى سطح
مستوي نظيف اذ يكون الارتفاع مابين قاعدة
القمع المخروطي والسطح المستوي ثابت مقداره
(4 → 2) ، بعد السكب تتكون كومة cm
ذات شكل مخروطي فوق السطح المستوي ويتم
قياس الزاوية ما بين المستوى المماسي للكومة
والمستوى الافقي [5] .

الناتج والمناقشة

**دراسة تأثير تغيير سرعة دوران الوعاء
المثقب في خواص دقائق المسحوق الناتج**
تم اعتماد سرع دوران مختلفة لغرض
تدوير الوعاء المجوف والمثقب من الجوانب
والحصول على التشتت المطلوب بفعل قوى
الطرد المركزي وكانت قيم هذه السرعة هي

• تأثير تغيير السرعة في الكثافة الظاهرية و كثافة الرص لدقائق المسحوق الناتج

تم ايجاد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص للمسحوق الناتج عند سرع الدوران المختلفة كل على انفراد ، والجدول (3) يوضح قيم الكثافتين عند السرع المستعملة . من نتائج الجدول نلاحظ بأن اعلى قيمة لكل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص تظهر عند سرعة الدوران (10000) دورة/ دقيقة بينما اقل قيمة لهما عند السرعة (2000) دورة/دقيقة

• تأثير تغيير السرعة في حجم دقائق المسحوق الناتج

الجدول (2) يوضح نتائج التحليل بالغربلة ، من خلال مقارنة النتائج نلاحظ ان كفاءة (2000) عملية الانتاج تكون الاقل عند السرعة دورة /دقيقة وذلك لأن كمية الدقائق الناعمة قليل جداً مقارنة بنتائج السرع العالية فضلاً عن ان (710→500) القيم الوزنية للحجوم ذات μm (2000→1000) (1000→710) قيم كبيرة تمثل معظم الناتج من عملية التذرية اما عند تطبيق السرعة من المسحوق ، دورة بالدقيقة نحصل على أفضل (10000) النتائج من حيث نعومة الدقائق مقارنة مع السرع الأخرى الأقل حيث بنقصان سرعة الدوران تقل كمية الدقائق الناعمة الناتجة حيث نجد ان قيم النسبة الوزنية المئوية للحجوم الدقائقية التي تقع ضمن كل مدى من هذه ($\mu m < 150$) (m المديات كل على انفراد (355 → 150) (500 → 355) ذات قيم عالية تصل الى أكثر من نصف ناتج عملية التذرية من المسحوق الناتج ونلاحظ ان قيم النسبة الوزنية المئوية للحجوم الدقائقية التي تقع ضمن كل مدى من هذه المديات كل على انفراد (500 → 710 μm) (m تكون اقل قيمة مقارنة بالسرع (710→000) الأخرى مع عدم تكون وظهور الحجم (1000→2000) μm الدقائقية .

• تأثير تغيير السرعة في شكل دقائق المسحوق الناتج

الدقائق الناتجة عند السرع المختلفة كانت متشابهة من حيث الاشكال غير المنتظمة و الطولية وشبه الكروية كما في الاشكال الشكل (4 ، a ، b ، c) .

• تأثير تغيير السرعة في زاوية الاستقرار لدقائق المسحوق الناتج

تم ايجاد زاوية الاستقرار عند سرع الدوران المختلفة كل على انفراد فكانت النتائج موضحة في الجدول (3) عند السرع المستعملة . من ملاحظة النتائج يتبين ان اقل قيمة لزاوية الاستقرار كانت عند السرعة العالية (10000) دورة /دقيقة في حين ان اعلى قيمة لها كانت عند السرعة القليلة (2000) دورة/دقيقة .

دراسة تأثير تغيير وسط التبريد في

خواص دقائق المسحوق الناتج

تم استعمال كل من الهواء والماء على انفراد عند درجة حرارة الغرفة كاساط لتبريد وتفتيت دقائق معدن القصدير المنصهرة المتطايرة من الوعاء المثقب من الجوانب عند سرعة دوران (10000) دورة/دقيقة وهذه الاوساط هي (الماء ، الهواء) .

• تأثير تغيير وسط التبريد في حجم دقائق المسحوق الناتج

الجدول (4) يوضح نتائج تحليل الغربلة ، عند مقارنة النتائج نلاحظ ان افضل نعومة للدقائق كانت عند استعمال الماء كوسط للتبريد اذ ان النسب الوزنية المئوية للحجم الدقائقية الذي يقع ضمن كل مدى من هذه المديات على

انفراد $\mu\text{m}((150 \rightarrow 355))$ تكون كبيرة وتصل إلى أكثر من نصف المسحوق الناتج ككل من عملية التذرية واما قيم النسبة الوزنية المثوية للمديات الاخرى التي تزيد عن المديات السابقة تكون اقل القيم مقارنة بالقيم الناتجة في وسط التبريد الهواء .

اما عند استعمال الهواء كوسط للتبريد فان النسب الوزنية المثوية للحجوم الدقائقية الناعمة التي تقع ضمن كل مدى من هذه المديات على

$\mu\text{m}((150 \rightarrow 355))$ و $\mu\text{m}((150 \rightarrow 355))$ انفراد تكون الاقل وان قيم النسب الوزنية المثوية للحجوم الخشنة التي تقع ضمن المديات الاخرى تكون الاكبر مقارنة بوسط التبريد الماء .

تأثير تغيير وسط التبريد في شكل دقائق المسحوق الناتج

ان شكل الدقائق عند استعمال كل من الماء او الهواء كوسط للتبريد كانت ذات مدى واسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية كما في الشكل (5 a، b) .

• **تأثير تغيير وسط التبريد في الكثافة الظاهرية و كثافة الرص دقائق المسحوق الناتج**

تم ايجاد قيمة كل من الكثافة الظاهرية و كثافة الرص للمسحوق الناتج عند كل من الهواء والماء كل على انفراد ، والجدول (5) يوضح قيم الكثافتين عند الاوساط المستعملة . من نتائج الجدول نلاحظ بأن اعلى قيمة لكل من الكثافتين عند وسط التبريد الماء بينما اقل قيمة لهما عند وسط التبريد الهواء .

• **تأثير تغيير وسط التبريد في زاوية استقرار دقائق المسحوق الناتج**

تم ايجاد زاوية الاستقرار للمسحوق الناتج عند كل من الهواء والماء كل على انفراد . من ملاحظة النتائج الواضحة في الجدول (5) يتبين ان اقل قيمة لزاوية الاستقرار كانت عند استعمال الماء كوسط للتبريد في حين ان اعلى قيمة لها كانت عند استعمال الهواء كوسط تبريد

دراسة تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في خواص دقائق المسحوق الناتج

تم استعمال الماء بدرجات حرارة مختلفة C ° [(40-50), (60-70), (80-90)] كوسط لتبريد وتفتيت قطرات معدن القصدير المنصهرة المتطايرة من الوعاء المثقّب من الجوانب عند سرعة دوران (10000) دورة/دقيقة وتكوين دقائق مسحوق بأحجام اقل وبأشكال مختلفة .

• **تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في حجم دقائق المسحوق الناتج**

الجدول (6) يوضح نتائج التحليل بالغربلة ، نلاحظ ان افضل نعومة للدقائق كانت عند C ° (40-50) اذ ان قيم النسب الوزنية المثوية للاحجام الدقائقية الناعمة التي تقع ضمن المديات التالية على انفراد $\mu\text{m}((150 \rightarrow 355))$ ، تكون هنا اعلى القيم وبأزدياد درجة حرارة الماء فان قيم هذه النسب الوزنية تصل الى اقل قيمة لها عند درجة حرارة C ° (80-90) . اما قيم النسب الوزنية المثوية للاحجام الدقائقية الخشنة التي تقع ضمن المديات التالية على انفراد $\mu\text{m}((500 \rightarrow 710))$ و (1000 $\rightarrow$ 710) عند C ° (40-50) فتكون اقل القيم وبأزدياد درجة حرارة الماء فان قيم هذه النسب الوزنية تصل الى اعلى قيمة لها عند درجة حرارة C ° (80-90) .

نلاحظ ان زيادة درجة حرارة الماء تعمل على تقليل قابلية الماء على التبريد الجيد لقطرات المعدن المنصهرة فكمية الدقائق الناعمة المتكونة عند درجة حرارة C ° (40-50) اكبر مما هو عليه عند C ° (60-70) وهذا اكبر مما هو عليه عند C ° (80-90) .

• **تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في شكل دقائق المسحوق الناتج**

أن اشكال الدقائق الناتجة تختلف باختلاف درجة حرارة الوسط ، فعند C ° (40-50) نلاحظ ظهور مدى واسع من الاشكال غير المنتظمة والطولية كما واضح في الشكل رقم (6)

(a،)، وعند $C (60-70)^\circ$ نلاحظ ان الشكل الطولي والشبه كروي يظهر بكمية اكبر مع وجود نسبة قليلة من الشكل غير المنتظم كما واضح في الشكل رقم (6، b،)، وعند $C (80-90)^\circ$ نلاحظ قلة نسبة الاشكال الطولية مع تكون كمية كبيرة من الاشكال الكروية وانعدام الشكل غير المنتظم كما في الشكل (6، c) .

• **تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في الكثافة الظاهرية وكثافة الرص لدقائق**

المسحوق الناتج

تم أيجاد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص للمسحوق الناتج كما موضح في الجدول (7)، اظهرت النتائج انه عند زيادة درجة حرارة وسط التبريد الماء فإن قيمة الكثافتين تزداد فإن اقل قيمة لهما كانت عند واكبر قيمة لها $C (40-50)^\circ$ درجة حرارة $C (80-90)^\circ$ كانت عند درجة حرارة .

تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في زاوية استقرار دقائق المسحوق الناتج

تم أيجاد كل من زاوية الاستقرار ، فكانت النتائج كما موضحة في الجدول (7) .

من ملاحظة النتائج يتبين ان اقل قيمة لزاوية الاستقرار كانت عند درجة حرارة $C (80-90)^\circ$ وأعلى قيمة لها كانت عند $C (40-50)^\circ$.

مناقشة عامة للنتائج

ان السبب في زيادة كمية الدقائق الناعمة كلما زادت سرعة الدوران للجزء الدوار هو انه عند السرعة العالية للوعاء المثقوب فإن قوى الطرد المركزي تزداد فزيادة قوى الطرد تماماً على قوى الشد السطحي التي عند السرعة العالية تكون قليلة جداً (قوى الشد السطحي تعمل على اعاقه تشتت وتفتت المعدن المنصهر المسكوب) فضلاً عن انه بزيادة سرعة الدوران نحصل على ضمان حدوث تفتت اضافي ومتواصل وتطايير القطرات المنصهرة عند المحيط الخارجي للوعاء الدوار وزيادة قدرة

تشتت المعدن المنصهر وبالتالي الحصول على النوعية العالية قبل حدوث التجمد للقطرات المنتشرة.

ان السبب في زيادة كمية الدقائق الناعمة عند استخدام الماء عند درجة حرارة الغرفة كوسط للتبريد على عكس وسط التبريد الهواء يعزى الى اختلاف قدرة الوسطين على التبريد والتفتت للقطرات المنصهرة فالماء وسط ذو قدرة جيدة على تشتيت وتبريد الدقائق افضل من الهواء.

يعزى سبب قلة كمية الدقائق الناعمة عند تسخين وسط التبريد الماء الى الشد السطحي للماء حيث انه بزيادة درجة حرارة الماء تقل قيمته وعموماً فإن الشد السطحي لمعدن القصدير المنصهر اعلى بكثير من الشد السطحي للماء فالشد السطحي العالي لقطرات معدن القصدير المنصهرة يعمل على ترابطها والتصاقها مع بعضها البعض وبصورة كروية وبالتالي الحصول على دقائق بأحجام دقائقية كبيرة .

ان السبب في الحصول على مدى واسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية عند سرعة الدوران المختلفة ووسطي التبريد الماء والهواء عند درجة حرارة الغرفة يعزى الى الفرق بين زمن تجمد القطرات المنصهرة وزمن تكورها (الزمن اللازم للحصول على الشكل الكروي والشبه كروي) فكلما كان زمن تجمد الدقائق اكبر من زمن تكورها كان شكل الدقائق غير منتظماً ، اما اذا كان زمن تكورها اكبر كان شكل الدقائق كروياً او شبه كروي.

اما اختلاف اشكال الدقائق الناتجة عند تغيير درجة حرارة وسط التبريد الماء يرجع الى مقدار الفرق بين زماني التجمد والتكوير ايضاً اضافة الى الفرق بين الشد السطحي لكل من قطرات معدن القصدير المنصهر والماء المسخن فزيادة الفرق يتم الحصول على الشكل الكروي والشبه كروي للدقائق الناتجة .

ان السبب في اختلاف قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص عند سرعة الدوران

المختلفة ووسطي التبريد الماء والهواء عند درجة حرارة الغرفة يعزى الى انه بزيادة كمية الدقائق الناعمة وقلّة كمية الدقائق الخشنة تزداد قيمة كل من الكثافتين ، في حين نلاحظ انه ليس هنالك أي تأثير لشكل الدقائق بسبب تشابه اشكال الدقائق عند المتغيرين .

اما السبب في اختلاف قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص عند استعمال الماء المسخن كوسط للتبريد عند درجات حرارية مختلفة يرجع بصورة رئيسية الى شكل الدقائق الناتجة ، حيث كلما كانت الدقائق ذات شكل كروي زادت قيمة الكثافتين بغض النظر عن حجم الدقائق .

ان السبب في اختلاف قيمة زاوية الاستقرار عند سرع الدوران المختلفة ووسطي التبريد الماء والهواء عند درجة حرارة الغرفة يرجع الى كمية الدقائق الناعمة الناتجة فكلما تكون كمية الدقائق الناعمة قليلة (مع ثبات شكل الدقائق) كلما زادت قيمة زاوية الاستقرار ، اما عند استعمال الماء المسخن كوسط للتبريد عند درجات حرارية مختلفة فيكون شكل الدقائق هو المؤثر الرئيسي فعند الاشكال الكروية نحصل على قيمة قليلة لزاوية الاستقرار .

الاستنتاجات

1- عند تغيير سرعة دوران الجزء الدوار يحصل تغيير في احجام الدقائق فقط ولايحدث تغيير في اشكالها، فمع زيادة سرعة دوران الوعاء المثقّب يتم الحصول على كمية كبيرة من الدقائق الناعمة وتقل كمية الدقائق الخشنة مع المحافظة على المدى الواسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية.

2 - عند تغيير وسط التبريد تتغير احجام الدقائق الناتجة فقط ولايحدث تغيير في اشكالها ، فعند استعمال الماء عند درجة حرارة الغرفة كوسط للتبريد تزداد كمية الدقائق الناعمة وتقل كمية الدقائق الخشنة وتكون ذات مدى واسع من الاشكال الغير منتظمة والطولية والشبه كروية، اما عند

استعمال الهواء نلاحظ قلة الدقائق الناعمة مع ظهور نفس المدى الواسع من الاشكال الذي يظهر عند الماء .

3 - لدرجة حرارة وسط التبريد الماء دور كبير في تغيير حجم و شكل الدقائق الناتجة ، فمع زيادة درجة حرارة الماء تقل كمية الدقائق الناعمة وتزداد كمية الدقائق الخشنة ، ونلاحظ ايضاً زيادة في انتظام أشكال الدقائق والابتعاد عن الشكل غير المنتظم والحصول على الشكل الكروي فعند المدى الحراري $^{\circ}C (40-50)$ نلاحظ ظهور الشكل غير المنتظم بصورة كبيرة وقلّة الشكل الطولي والشبه كروي ، اما عند المدى الحراري $^{\circ}C (60-70)$ نلاحظ كمية كبيرة من الاشكال الطولية اكثر مما هو عليه عند $^{\circ}C (40-50)$ ، اما عند المدى الحراري $^{\circ}C (80-90)$ نلاحظ تكون الاشكال الكروية بكمية اكبر من الدرجات الحرارية الاقل وتقل كمية الاشكال الطولية تقريبا وانعدام الاشكال الغير منتظمة تماماً .

4- تعتمد قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص على حجم وشكل دقائق المسحوق وخصوصاً شكل المساحيق ذات تأثير اكبر من حجم الدقائق ، اذ كلما كانت الدقائق ناعمة الحجم وكروية الشكل زادت قيمة الكثافتين وكلما زادت قيمتهما كان المسحوق الناتج مفضلاً في عمليات ملء القالب والكبس اللاحقة ، فنلاحظ مثلاً انه تغيير درجة حرارة وسط التبريد نلاحظ اقل قيمة للكثافتين كانت عند المدى الحراري $^{\circ}C (80-90)$ فعلى الرغم من قلة كمية الدقائق الناعمة ضمن هذا المدى الا ان شكل الدقائق الكروي هو المسبب بصورة رئيسية في زيادة قيمة الكثافتين .

5 - تعتمد قيمة زاوية الاستقرار على حجم وشكل دقائق المسحوق ، اذ كلما كانت الدقائق ناعمة الحجم ومنتظمة وكروية الشكل قلت قيمة الزاوية وكلما قلت قيمتها كان المسحوق

- ذا قابلية جيدة على الانسياب وملء القالب بسهولة .
- المصادر**
1. د. قحطان خلف الخزرجي "ميتالورجيا المساحيق"، جامعة بابل، هندسة المواد، 1997.
 - [2] H. H. Hausner & M. K. Mal "Handbook of Metal Powders" 2nd Chemical Publishing Co. Inc. New York, 1982.
 - [3] Metals Handbook " Powder Metallurgy " 9th edition Vol.7 ASTM 1985
 - [4] A. K. Sinha " Powder Metallurgy " 2nd, Nai Sarak, Delhi 1987
 5. يرماكوف، فيازنيكوف " استعمال منتجات ميتالورجيا المساحيق في الصناعة " /دار مير للطباعة والنشر/ موسكو - الاتحاد السوفيتي .
 - Institute 2001. 6 .T. Brajdich and M.Hagman "Atomization Fundamentals" Graco Inc. USA 2003
 - [7] K. Sehm Processing of Powder Metals, Manufacturing Engineering and Technology Prentice _ Hall 2001.
 - [8] Y. Y. Zhao & M. H. Jacobs, "Liquid Flow on Rotating Disk "Metallurgy and Materials Transactions 1998.
 - [9] P. R. Brewin, P.I.Walker, & P.D.Nurthen "Production of High alloy Powders by Water Atomization "powd Metallurgy Vol.29, No.4 1986, pp 281-285
 - [10] E.C.Fernandes and V.Sivadas "Toward Controlled Liquid Atomization" Center of Innovation Technology and Policy Research "2003
 - [11] M.W.Siegel "Atomization Processes of Molten Metals and Alloys" The Robotics
 - [12] J.J.Dunkley and D.Norval, "Atomization of Ferroalloys " South Africa 2004 .
 - [13] T. M.Gentle & J. I. Speier "Method and Apparatus for Rapidly Freezing Molten Metals and Metalloids in Particulate Form "U.S.Patent 4,347,199 Aug 1982
 - [14] R.Caronara & R.Raman " Crucibleless Preparation of Rapidly Solidified Fine Particulates " U.S.Patent 4,394,332 Jul. 1983.
 - [15] R.H.Craig "Cryogenic Freezing of Liquids " U.S.Patent 6,381,967,B1 May. 2002

الجدول (1) يوضح كيفية التحكم بمتغيرات عملية التذرية كلاً على انفراد

متغيرات عملية التذرية بالطرد المركزي			
تسلسل المحاولة	سرعة الدوران	وسط التبريد	درجة حرارة وسط التبريد
المحاولة الاولى	متغيرة (2000,6000,10000) دورة/دقيقة	ثابت (الماء)	ثابتة (درجة حرارة الغرفة)
المحاولة الثانية	ثابتة (10000) دورة/دقيقة	متغير (الماء، الهواء)	ثابتة (درجة حرارة الغرفة)
المحاولة الثالثة	ثابتة (10000) دورة/دقيقة	ثابت (الماء)	متغيرة [(40-50),(60-70), (80-90)] °C

جدول (2) يوضح نتائج التحليل بالغربة عند سرع الدوران المختلفة

مدى الحجم الدقائقي μM	(2000) دورة/دقيقة	(6000) دورة/دقيقة	(10000) دورة/دقيقة
	Wt%	Wt%	Wt%
1000→2000	9.5	2.9	لا شيء
710→1000	30.8	17.4	1.8
500→710	28.2	22.3	8.4
355→500	17.8	28.3	23.5
150→355	10.2	15.5	36.7
<150	3.5	13.6	29.2

جدول (3) يبين تأثير تغيير سرعة دوران الوعاء المثقب في قيمة كل من الكثافة الظاهرية و كثافة الرص وزاوية الاستقرار

سرعة الدوران دورة/دقيقة	الكثافة الظاهرية G/CM ³	كثافة الرص G/CM ³	زاوية الاستقرار DEGREE
2000	2.1	2.8	35
6000	2.7	3.2	30 - 35
10000	2.9	3.5	30

جدول (4) يوضح نتائج تحليل الغربلة لدقائق المسحوق الناتج عند وسطي التبريد

الماء Wt%	الهواء Wt%	مدى الحجم الدائقي μM
لاشيء	لاشيء	1000→2000
1.8	8.4	710→1000
8.4	21.6	500→710
23.5	31.1	355→500
36.7	19.8	150→355
29.2	18.8	<150

جدول (5) يبين تأثير تغيير وسط التبريد في قيمة كل من الكثافة الظاهرية وكثافة الرص وزاوية الاستقرار

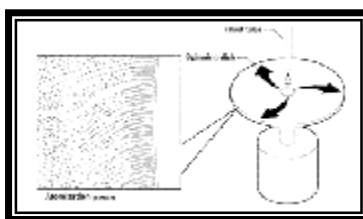
نوع وسط التبريد	الكثافة الظاهرية G/CM ³	كثافة الرص G/CM ³	زاوية الاستقرار DEGREE
الهواء	2.4	3.2	30-35
الماء	2.9	3.5	30

جدول (6) يوضح نتائج التحليل بالغربة لدقائق المسحوق الناتج عند درجات حرارة مختلفة للماء الساخن

مدى الحجم الدقائقى μM	C)40-50(	C)60-70(	C)80-90(
	Wt%	Wt%	Wt%
1000→2000	لا شيء	لا شيء	12.2
710→1000	11.4	18.4	36.8
500→710	27.8	35.3	21.7
355→500	33.5	28.7	16.9
150→355	17.2	11.3	9.6
<150	10.1	6.3	2.7

جدول (7) يبين تأثير تغيير درجة حرارة وسط التبريد في قيمة كل من الكثافة الرص وزاوية الاستقرار

زاوية الاستقرار DEGREE	كثافة الرص G/CM ³	الكثافة الظاهرية G/CM ³	درجة حرارة الماء الساخن °C
30	3.6	3	40 - 50
20 - 25	3.9	3.2	60 - 70
20 - 25	4.5	3.4	80 - 90

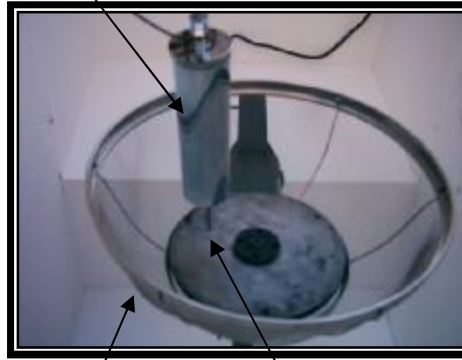
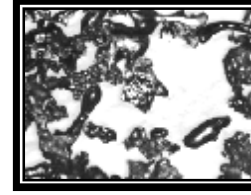
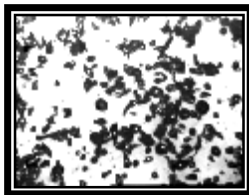


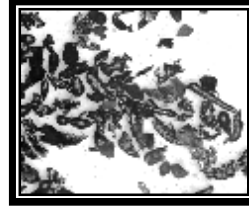
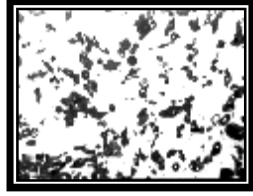
الشكل (1) مبدأ عمل التذرية بالطرد المركزي باستعمال القرص المسطح الدوار [9]

الوعاء المجوف والمتقلب من الجانب سائل التبريد

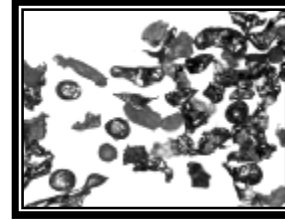
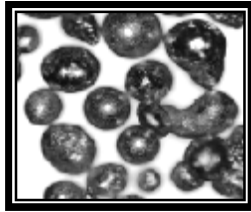


شكل (2) يوضح جهاز التذرية المستخدم في البحث الحاقنة لتغذية المعدن المنصهر

الفتحة الضيقة لتغذية المعدن المنصهر
الوعاء الدوار المجوف و المثقب من الجوانب
الشكل (3) يوضح جهاز التذرية المستخدم في البحث مع محتوياتهa - دورة/دقيقة (2000) - b - دورة/دقيقة (6000) - c - دورة/دقيقة (10000)
الشكل (4) يوضح شكل الدقائق الناتجة عند سرعة دوران المستعملة (100x)



- عند وسط التبريد الماء b - عند وسط التبريد الهواء a
الشكل (5، a، b) يوضح شكل الدقائق الناتجة الاوساط المستعملة (100x)



ضمن المدى c. (60-70) C . ضمن المدى الحراري b (40-50) C . ضمن المدى الحراري a
ضمن المدى (80-90) C الحراري

الشكل (6، a، b، c) يوضح شكل الدقائق الناتجة عند استعمال وسط التبريد الماء المسخن عند درجات
مختلفة (100x)