متالورجيا المساحيق Powder Metallurgy

هو فرع من(علم الفلزات المتالورجيا) يتناول كيفية إعداد المساحيق الفلزية وتصنيعها ودراستها علمياً وتطبيقياً. ان بداية استخدم مسحوق المعادن ليحل محل صب المعادن التي كان يصعب اذابتها صناعيا بسبب درجة ذوبانها العالية. لقد استعملت هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك التي لا يمكن تشكيلها بعمليات التشكيل الميكانيكي أو عمليات التشغيل مثل معادن التنجستن والمولبدنيوم وسبائكهما وخاصة كاربيد التنكستن وكاربيد المولبدنيوم ذو الصلادة الفائقة ودرجات الانصهار المرتفعة ثم اتسع استعمالها إلى أن أصبح يشمل عددا كبيرا من المعادن والسبائك الواسعة الانتشار مثل الألمنيوم والنحاس والصلب . ويهتم بتصنيع السبائك من مساحيق مكوناتها وذلك بخلطها و كبسها تدميجها في شكل المنتج المطلوب ثم تلبيدها. تختلف طرق إنتاج المساحيق الميتالورجية على حسب طبيعة المعدن المستخدم وأيضاً طبيعة المساحيق المراد تحضيرها من حيث الخواص التي يجب أن تتوافر فيها وعند إنتاج المساحيق يجب أن تكبس على أشكال معينه ثم تسخن وتلبد.

طرق إنتاج المساحيق الميتالورجية:

الطرائق الميكانيكية

وتتبع للحصول على مساحيق المعادن الهشة مثل بعض الخلائط الحديدية والحديد الصب الأبيض وأكاسيد المعادن وبعض الخلائط الخاصة، وتستعمل في هذا المجال الطواحين ذوات الكرات أو الطواحين الهزازة أو الطواحين الدوامية التي تحدث فيها دوامات هوائية تؤدي إلى اصطدام حبيبات المادة بعضها ببعض وتطحن أو تسحق ذاتياً. ومن الطرائق الميكانيكية تلك التي يلجأ إليها لتذرير المعدن المصهور أو تقطيعه على شكل قطرات في أثناء صبه في أحواض مائية ليتجمد على شكل حبيبات معدنية.

الطرائق الفيزيائية

إن أكثر الطرائق الفيزيائية شيوعاً للحصول على الأذرة المعدنية هي طريقة التحليل الكهربائي الذي يمكن أن يتم باستعمال المحاليل المائية لأملاح المعادن أو الأملاح المعدنية المصهورة لبعض المعادن النادرة. ويتم التحليل في حوض يحتوي محلولاً مائياً لأحد أملاح المعدن المراد تذريره، ويكون المصعد مصنوعاً من هذا المعدن. وبإمرار التيار المناسب تبدأ ذرات المصعد بالتشرد في المحلول لتنتقل وتترسب على المهبط على شكل صفائح هشة سهلة التفتيت، أو على شكل حبيبات ناعمة يختلف حجمها باختلاف كثافة التيار الكهربائي المستخدم. ويمكن بالتحليل الكهربائي الحصول تقريباً على أذرة المعادن كافة. غير أن هذه الطريقة تقتصر على الحصول على الأذرة الضرورية في صنع

بعض القطع التي تحتاج في تصنيعها إلى أذرة نقية خالية من الشوائب لبعض المعادن كالنحاس والفضة والنيكل، أو في الحصول على أذرة بعض المعادن النادرة مثل الزركونيوم والثوريوم والتيتانيوم. ويمكن الحصول على أذرة المعادن ذات درجات الانصهار المنخفضة بطريقة التكثيف، وذلك بصهر المعدن وتبخيره، ثم تمرير أبخرته على سطوح مبرَّدة، فتتكاثف على شكل حبيبات كروية ناعمة، ذات قابلية جيدة للتشكيل والتلبيد sintering

الطرائق الكيماوية

وتضم مجموعة من الطرائق، منها ما هي كيمياوية فيزيائية أو كيمياوية ميكانيكية، ومنها ما هي كيمياوية صرف وأهمها:

الطريقة الكربونيلية

وهى تعتمد على قابلية إتحاد معظم المعادن مع أول أكسيد الكربون لينتج مركباً كيميائياً يسمى الكربونيل فهذا المركب غير ثابت ويمكن أن يتفكك بسهولة إلى أول أكسيد الكربون والمعدن الصافى الذى يترسب على شكل حبيبات نقية يمكن التحكم في حجمها طريقة الهدرجة.

طريقة الهدرجة

إن أكثر المعادن إذا ما سخنت إلى درجة حرارة واقعة ما بين 300 و 800 درجة مئوية، تصبح ذات قابلية كبيرة للاتحاد مع الهدروجين لتكوّن مركباً يسمى هدريد المعدن، وهذا المركب هش، سهل التفتيت. وتتم العملية بتسخين المعدن (الذي يكون على شكل قطع صغيرة) إلى درجة الحرارة اللازمة، ضمن جو من غاز الهدروجين ليتشكل هدريد المعدن، الذي يجرش ويطحن، ثم يعاد تسخينه من جديد في جو مفرغ من الهواء لتخليصه من الهدروجين. فيُحصل على حبيبات ناعمة من المعدن النقي، ذات قابلية للكبس والتلبيد.

طريقة الإرجاع (الاختزال)

وهي أكثر طرائق الحصول على الأذرة شيوعاً لغزارة إنتاجها وقلة تكاليفها إذ يمكن بوساطتها الحصول على أذرة المعادن من أكاسيدها مباشرة، كما يمكن الاستفادة من مخلفات بعض العمليات

التقنية، مثل قشور الصدأ الناتجة من تطريق المنتجات الحديدية وسحبها. ويتم الاختزال بوساطة مواد اختزال ذات قابلية كبيرة للتفاعل مع الأكسجين من المعدن المراد اختزاله، ويمكن أن تكون صلبة مثل الفحم والصوديوم والكلسيوم والمغنزيوم، أو غازية مثل الهدروجين و أول أكسيد الكربون وغاز النشادر.

وتتلخص عملية تشكيل مساحيق المعادن بثلاثة عمليات أساسية هي :-

1.مزج الخليط

وتستعمل لهذه الغاية خلاطات ذات أشكال مختلفة، الغاية من استعمالها توزيع الحبيبات توزيعاً منتظماً فيما بينها، ويكون الخلط جافاً أو رطباً، وتستعمل طريقة الخلط الرطب على نحو خاص في خلط الأذرة المركبة والحاوية أكثر من مكون واحد، ولاسيما عندما يكون التفاوت في الوزن النوعي بين مكونات الخليط كبيراً، ويستخدم للخلط الرطب كل من الغول (الكحول) والبنزين والماء المقطر والغليسرين وغيرها. من أجل الحفاظ على تجانس الخليط وزيادة انسيابية وقابليته للتشكل، يُلجأ إلى تحبيب granulation الأذرة، وذلك بتكوين تجمعات وقتية الثبات مكونة من عدد كبير من الأذرة المتناهية في الصغر، ويستعان لهذه الغاية بمواد رابطة تساعد في الوقت نفسه على انزلاق الحبيبات بعضها على بعض عند عملية الكبس، ويمكن التخلص منها بسهولة عند عملية التلبيد من دون أن تترك أثراً ضاراً في المنتج. وأهم هذه المواد: البرافين والشمع والمطاط الصناعي والكافور وغيرها من بعض السوائل العضوية.

2.عملية الكبس (compacting) :

ويتم فيها تعريض المساحيق إلى ضغط عالي بوجود درجة الحرارة ويسمى الناتج بالقالب الأخضر ويمكن أن يتم الكبس على البارد أو على الساخن. تكون عملية الكبس ذات أهمية كبيرة لكونها تحدد كثافة وتجانس المنتج النهائي. إن القدرة على الحصول على كثافة ضغط مناسبة تكون محددة غالبا بقابلية التصنيع بطريقة ميتالورجيا المساحيق. إن الغرض من عملية الكبس هو من اجل جمع حبيبات المسحوق المعدني داخل الشكل المطلوب وحسب الأبعاد المرغوب بها اخذين بنظر الاعتبار

التغيرات التي تحصل في العملية اللاحقة للكبس وهي التلبيد. يمكن تصنيف عمليات الكبس إلى نوعين أساسيين هما:

أ-الكبس بالضغط: ويتم باستخدام الضغط في هذه العملية ومن الأمثلة عليها الكبس بالقوالب ، الكبس المتساوي في كافة الاتجاهات وغيرها من العمليات.

ب-الكبس بدون ضغط: وتشمل الكبس بتأثير الجاذبية

3.التلبيد

بعد الانتهاء من الكبس والتشكيل بالكبس تكون القطعة هشة، غير صالحة للاستخدام، تتفتت عند تعرضها لأي جهد خارجي. لذلك تجري لها عملية التلبيد لإكسابها المتانة الكافية، والخواص الفيزيائية والكيمياوية اللازمة للاستخدام. والتلبيد تسخين القطعة أو المنتج إلى درجة حرارة مرتفعة، تصل أحياناً إلى 0.9 من درجة الانصهار المطلقة لمعدن الأذرة أو للمعدن الرئيسي في حال كون الأذرة مزيجاً من عدة مكونات. وتعد عملية التلبيد من أكثر العمليات التكنولوجية أهمية، لتأثيرها المباشر في خواص القطعة المنتجة ومواصفاتها كافة ومدى صلاحها للاستعمال، وذلك لما تحدثه من تغيرات في بنية الأذرة. ومن أهم هذه التغيرات:

أ - تغيّر كمي وكيفي في سطوح الحبيبات وكيفية تلامسها وتداخل بعضها في بعض.

ب - التخلص من الإجهادات الناجمة عن عملية التشكيل.

ج - إعادة التبلور في حبيبات الأذرة ونمو البلورات، واختلاف النسبة بين حجم الفراغات المسامية والحجم الكلي للقطعة.

د - قد ينصهر واحد أو أكثر من مكونات المزيج المؤلَّف من أذرة أكثر من معدن واحد، والطور السائل الناتج قد يكون قابلاً للاندماج في بعض المكونات الصلبة على شكل محاليل صلبة، أو إذابة بعضها في محلول سائل يتبلور فيما بعد إلى محلول صلب أو إلى عدة أطوار صلبة، وقد يقضي وجود الطور السائل على الفراغات المسامية كلياً أو جزئياً. وهكذا فإن البنية الصلبة للمزيج قد تتغير كلياً، وتتغير تبعاً لذلك الخواص كافة. لهذا فإن الحصول على البنية المطلوبة والخواص اللازمة، يتم عن طريق التحكم في العوامل الرئيسية المؤثرة في عملية التلبيد وهي درجة الحرارة التي يتم فيها التلبيد، وزمن إبقاء المزيج في هذه الدرجة، والتركيب الغازي لجو الفرن.

الخواص التكنولوجية للمساحيق

1.الوزن النوعي: وهو حجم ما تشغله مساحيق المعدن من الحجم الكلى الذى تحتله حبيبات هذا المعدن كما يمكن من خلاله تحديد كثافة المعدن وتتعلق هذه الخاصية بخواص أخرى منها حجم الحبيبات وانتظام شكلها ونعومة سطحها وتركيبها الحبيبى.

2. الانسيابية:

فهى قابلية حبيبات المساحيق لملء أجزاء القالب ولهذه الخاصية أثر كبير فى سرعة الكبس .

3. قابلية الكبس: هى قابلية المساحيق للتشكيل والاحتفاظ بالشكل والأبعاد الداخلية للقالب عندما تتعرض لقوة كبس خارجية.

4.شكل حبيبات المساحيق: فهى تختلف باختلاف طبيعة المعدن وطريقة الحصول عليه ويمكن أن تكون كروية أو بيضاوية أو أبرية أو شجرية.

5. البنية الحبيبية للمساحيق: فهى تعتمد على نسب الحجوم المختلفة للحبيبات لأن حبيبات المسحوق الواحد غالبا ما تكون غير متجانسة فى الحجم لذلك يتم تحليلها منخليا.

6. السطح النوعي للحبيبات: فهو مجموع مساحات سطوح الحبيبات فى وحدة الحجم أو الوزن ويتعلق هذا السطح بشكل الحبيبات وبنيتها الحبيبية .

7. تركيب المساحيق:

حيث أن الخليط الواحد من المساحيق قد يتكون من معدن واحد أو أكثر من معدن كما يمكن أن يكون من مركبات معدنية أو مواد غير حديدية وذلك على حسب القطع المراد تصنيعها من هذه المساحيق ويجب أن تجرى سلسلة من عمليات التنقية مثل تخليصها من الشوائب والتنسيق الحبيبى.

واهم منتجات هذه الطريقة :

1-المحامل الذاتية التزييت 2-المرشحات المعدنية 3-أسلاك المصابيح الكهربائية ورؤوس أقلام القطع .

مزايا وعيوب عملية تشكيل مساحيق المعادن :-

تمتاز عملية تشكيل مساحيق المعادن عن غيرها من عمليات التشكيل بما يلي :- 1

-إن منتجات هذه العملية لا تحتاج إلى عمليات إضافية للتشكيل أو التشغيل حيث يمكن استعمالها مباشرة .

2-خطوات إنتاج المنتجات سهلة وذات كفاءة إنتاجية عالية .

3-تتوفر إمكانية إنتاج منتجات لا يمكن تشكيلها أو تكون صعبة التشكيل بالطرق الاعتيادية للتشكيل والتشغيل .

4-تتوفر إمكانية كبيرة لتغيير التركيب الكيمياوي للمنتجات عن طريق التحكم في مزيج المساحيق وبالتالي توفر الإمكانية في الحصول على الخواص المتباينة .

أهم عيوب هذه الطريقة هي:

1-صعوبة إنتاج المنتجات ذات الأشكال أو الهيئات المعقدة .

2- معظم منتجات هذه الطريقة تكون ذات مقاومة ومتانة اقل من منتجات عمليات التشكيل الأخرى .

3-ارتفاع تكاليف صناعة القوالب والمكابس المستعملة في العملية .