Syrian Arabic Republic
Damascus University
Mech. & Elec. Engineering Faculty
Mechanical Engineering Department
Final Term Exam (2015-2016) A .D .

اسم المقرر : ميتالورجيا المساحيق
السنة : الخامسة (هندسة علم المواد)
التاريخ : 2016/06/23 م
المدة الزمنية : ساعتان
الدرجة القصوى : 70 درجة

أجب على الأسئلة التالية وادعم اجابتك بالرسم التوضيح:

السؤال الأول: (10 درجة):

أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) فقط مع ملاحظة بأن الخطأ يذهب الصواب:

1. المساحيق المعدنية المصنعة من نفس المعدن ولكن بطرائق مختلفة لها خواص تكنولوجية وميكانيكية متشابهة تماما .
2. تستخدم الطواحين الدوامية لسحق المعادن الطرية مثل الحديد وسبائكه والنحاس وسبائكه والالمنيوم والفضة ....
3. يعادل حجم الكرات بالطواحين الهزازة 8 أو 10 مرات حجم المادة الخاضعة للتفتيت.
4. التذرير بواسطة الماء يعطي حبيبات أكثر انتظاما من التذرير بواسطة الغاز كما يحتاج إلى حجرة أكبر.
5. تعتبر الكثافة والمسامية سمة من سمات مواد ميتالورجيا المساحيق وهناك علاقة طردية بين الكثافة والمسامية حيث أنه كلما زادت المسامية قلت الكثافة والعكس صحيح
6. الانضغاطية هي نسبة حجم المسحوق المراد تصنيع المنتج منه إلى حجم المنتج وهي تتعلق بشكل وحجم الحبيبات وبقساوة المسحوق.
7. التشاكلية هي قابلية المسحوق على ملء شكل معين وتتعلق بشكل مباشر بالانضغاطية وبشكل الحبيبات وبسرعة عملية الكبس.
8. تتعلق الخواص الكيميائية للمساحيق بكمية عناصر التسبيك.
9. كثافة النقر هي عبارة عن وضع عينة من المسحوق Kg (100 -- 50) في وعاء اسطواني مدرج (ذل تدريجه $1\ Cm^3$) ونقره أو هزه إلى أن يصبح الحجم ثابت.
10. يسلك المسحوق سلوك مشابه لسلوك السائل وتتحرك الحبيبات عند الضغط ليس فقط باتجاه التحميل. ولكن نحو الجوانب أيضا باتجاه جدران القالب وهذا ما يسمى بالضغط الجانبي.

السؤال الثاني: (14 درجة):

اكتب ما تعرفه عن الطواحين ذات الكرات كأحد الطرق الميكانيكية لصناعة المساحيق المعدنية. داعما إجابتك بالعلاقات الرياضية وبالرسوم المناسبة؟.

السؤال الثالث: (16 درجة):

عرف التذرير، ماهي أهم مميزات هذه الطريقة، ما أهم طرق التذرير المتبعة، ما العوامل المؤثرة في عملية التذرير، ماهي مراحل عملية التذرير مع التوضيح بالرسم، وما العوامل المؤثرة في عملية التذرير بواسطة الغاز؟

السؤال الرابع: (14 درجة):

عرف واشرح بما لا يزيد عن ثلاثة أسطر كلاً مما يلي:

1- التشاكلية، 2- الكربونيل ، 3- فقد الهيدروجين ، 4- الكثافة الظاهرية للمسحوق ، 5- المتانة الخضراء ، 6- ما هو تأثير التزييت على عملية ضغط المنتج ، 7- الارتداد المرن للدمج وكيفية التخلص منه.

السؤال الرابع: (16 درجة):

عرف عملية التدميج وما العوامل المؤثرة على عملية التدميج على البارد، ثم اشرح المراحل الرئيسية التي تمر بها عملية تدميج المساحيق مع التوضيح بالرسوم المناسبة؟ اشرح طريقة التدميج الايزوستاتيكي على الساخن ، وماهي أهم مميزات وعيوب طريقة الضغط الايزوستاتيكي المتماثل من جميع الجهات؟.

السؤال الخامس: (8 درجة):

تنقسم آلية التلبيد إلى عدة مراحل وضح مع الرسم والشرح هذه المراحل؟

السؤال السادس: (8 درجات):

أكتب ما تعرفه عن أهم استخدامات الفلاتر (المرشحات) المعدنية ومما تصنع وبماذا تتعلق درجة الترشيح والنفوذية.

مع تمنياتنا للجميع بالنجاح والتوفيق

د . حسن فارس هلال

Syrian Arabic Republic
Damascus University
Mech. & Elec. Engineering Faculty
Mechanical Engineering Department
Final Term Exam (2015-2016) A.D.

اسم المقرر : ميتالورجيا المساحيق
السنة : الخامسة (هندسة علم المواد)
التاريخ : 2016/06/23 م
المدة الزمنية : ساعتان
الدرجة القصوى : 70 درجة

الإجابة النموذجية عن الأسئلة:

السؤال الأول: (10 درجات)

أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) فقط مع ملاحظة بأن الخطأ يذهب الصواب:

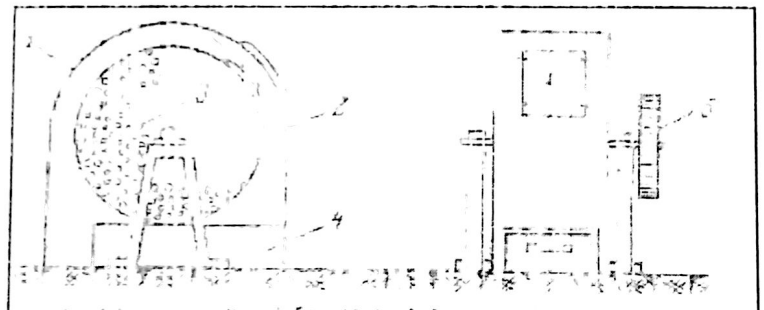
1. خطأ.
2. خطأ.
3. صح.
4. خطأ.
5. صح.
6. صح.
7. خطأ.
8. خطأ.
9. خطأ.
10. صح

السؤال الثاني: (14 درجات)

الطواحين ذات الكرات: **Ball mill**

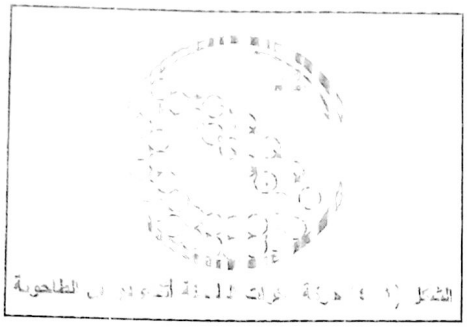
أسطوانة من الفولاذ أو الألواح المبطنة من الداخل بفولاذ سبائكي، يتراوح قطر الاسطوانة 250 – 1500 mm وفيها توضع المادة المراد تفتيتها مع الكرات الطاحنة الثقيلة المصنوعة من الفولاذ أو حديد الزهر أو السبائك القاسية ثم يصار إلى تدويرها. تستخدم لتفتيت المعادن متوسطة اللدونة والمعادن الهشة مثل الفولاذ السبائكي وحديد الزهر الأبيض وبعض السبائك الخاصة يتم تحويلها إلى الحالة القصفة وذلك بعد إشباعها بالهيدروجين. يتم إعادة التفتيت في وسط سائل لمنع تطاير جزيئات المعدن، كما يساعد السائل على الطحن عن طريق تسرب جزيئات السائل في المسامات الدقيقة والشروخ الميكروية الموجودة في الجزيئات.

من عيوب هذه الطريقة والطرق المثيلة لها: وجود شوائب في المسحوق نتيجة اهتراء الكرات وتقشر بطانة الطاحونة من جراء الاستخدام.



الشكل (3-1): رسم تخطيطي للطاحونة ذات الكرات مع تفاصيلها
١- الكرات، ٢- الأسطوانة، ٣- جزيئات المادة المراد تفتيتها،
٤- مستقبل المساحيق، ٥- ترس نقل الحركة.

يتم اختيار سرعة دوران الاسطوانة عند الطحن في الطواحين ذات الكرات بحيث تكفي لرفع الكرات بالقوة الطاردة المركزية المتولدة عنها إلى أعلى نقطة ، ثم تسقط على الشحنة مصطدمة بها ومفتتة إياها كما بالشكل



الشكل ( ) : دورات الاسطوانة أثناء دوران الطاحونة

وتقدر سرعة دوران الطاحونة (السرعة العاملة للطاحونة) بعدد دورات الاسطوانة حسب العلاقة الآتية:

$$N_w = (0.6 - 0.8)\, N_{Cr}$$

N_{Cr} : هي عدد دورات اسطوانة المطحنة الحرج والتي عندها يتفتت الجسم المراد طحنه تحت تأثير قوى الطرد المركزي الملتصقة بجدار الاسطوانة.

كمية الكرات تتعلق بسرعة الدوران بحيث نحصل على ما يشبه الشلال من الكرات المتدحرجة ضمن المطحنة.
مخطط حركة الكرات الطاحنة عند سرعات دوران مختلفة يكون:

الشكل( ): مخطط حركة الكرات عند سرعات دوران مختلفة.

1- نظام الطحن الانزلاقي (الاحتكاكي) N_1 : يعتمد على تأثير القوى الاحتكاكية أي نتيجة تأثير الاحتكاك عندما تكون:

$$N_1 \le 0.2\, N_{Cr}$$

2- نظام الطحن التدافعي N_2 : نتيجة تأثير الاحتكاك والصدم عندما تكون:

$$N_2 = (0.4 - 0.6)\, N_{Cr}$$

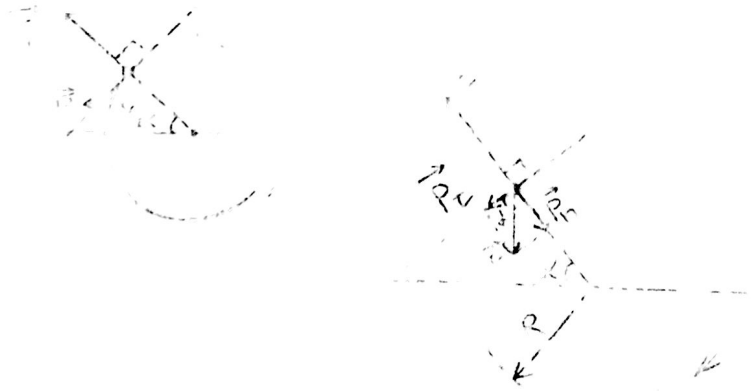
3- نظام الطحن بالسقوط الحر N_3 : ينتج عن تأثير الصدم نتيجة السقوط الحر وهذا ما يسمى بنظام الطحن الشديد عندما:

$$N_3 = (0.75 - 0.85)\, N_{Cr}$$

4- نظام الطحن الحرج: عندها تلتصق الكرات ببطانة الاسطوانة، هذا النظام يسمى بنظام الدوران الحرج والذي لا يحصل عنده أي طحن بسبب التصاق الكريات الطاحنة مع بطانة المطحنة. عندما تكون: $N_4 = N_{Cr}$

<u>لتحديد سرعة الدوران الحرج (عدد الدورات الحرج) للاسطوانة (N_{Cr} تحديد) :</u>

نعتبر الكرية (نقطة ملتصقة بالجدار) نقطة مادية (ليس لها أبعاد ولكن لها وزن (يؤدي الى سقوطها)) أي ندرس حالة الكرة نتيجة تأثير قوة الطرد المركزي وقوة الثقل كما بالشكل:



وبفرض أن:

P : وزن الكرة الطاحنة (ثقل الكرة)

$\vec{F}$: القوة النابذة أو القوة الطاردة المركزية (عمودية على المماس).

R : نصف قطر الاسطوانة.

m : كتلة الكرة الطاحنة.

V : السرعة الخطية للاسطوانة.

α : زاوية ميل الكرة.

نحصل على:

$$P = m \cdot g \rightarrow m = P/g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حسب قانون نيوتن يمكن أن نحلل القوة P إلى مركبتين : ناظمية ومماسية.

$P_t = P \cdot \cos(\alpha)$ القوة المماسية وهي تعاكس تماماً حركة دوران الكرة.

(2) .....

$P_n = P \cdot \sin(\alpha)$ القوة الناظمية وهي تعاكس تماماً القوة النابذة

- أما القوة النابذة F :

$F = m \cdot v^2 / R$ ..... (3) حيث R: نصف قطر اسطوانة الطحن.

نعوض (1) بالمعادلة (3) نجد:

$$F = (P/g) \cdot (v^2 / R)$$

ولكن: $v = \pi \cdot D \cdot n / 60$ حيث أن : $D = 2R$ قطر اسطوانة المطحنة.

لكي يحدث التصاق الكريات بجدار اسطونة المطحنة وبإهمال قوة الاحتكاك يجب أن يكون :

$$F \geq P_n$$

$$(P/g) \cdot (v^2 / R) \geq P \cdot \sin(\alpha)$$

$$(v^2 / g \cdot R) \geq \sin(\alpha)$$

توجد حالتان :

- $\alpha = 0^0 \leftarrow$ لا يوجد دوران أي السرعة صفر.
- $\alpha = 90^0 \leftarrow \sin(\alpha) = 1 \leftarrow$ الكريات تلتصق بجدار الاسطوانة $\Leftarrow$

$v^2 / g \cdot R \geq 1$ حيث أن : $v = \pi \cdot D \cdot N / 60$

$$\frac{\pi^2 \times D^2 \times N^2}{(60)^2} = g \times \frac{D}{2}$$

$$N_{Cr} = \sqrt{\frac{g}{2 \times \pi^2}} \times \frac{60}{\sqrt{D}} = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

ملاحظة هامة: نلاحظ من العلاقة (5) أن سرعة الدوران الحرج يتناسب عكسيا مع جذر D ولكي يحصل الطحن الشديد فلابد أن تبتعد الكريات قليلاً عن جدار الاسطوانة (تنتقل من $N_{Cr} \rightarrow N_3$) وهذا يعني أن:

$$N < N_{Cr} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

- يؤثر زيادة كمية الجزيئات المراد طحنها على عملية الطحن ذاتها وكذلك حجم الكريات فزيادة الشحن تؤدي إلى استهلاك كبير للطاقة وتآكل واهتراء الكريات الطاحنة.
- أما نقصان كمية الشحن (كمية الجزيئات المراد طحنها) فيؤدي إلى نقصان الإنتاجية واهتراء كبير لجدار اسطوانة المطحنة (جدار الاسطوانة يصنع من مادة لدنة لكي لا يهترأ).

لذلك يجب أن نختار الكمية المناسبة حيث أنه كلما كانت الحركة بطيئة $\Leftarrow$ احتكاك أكبر $\Leftarrow$ اهتراء.

لذلك فإن أكبر شحنة في الاسطوانة تحسب من العلاقة التالية:

$$G = \pi . R^2 . L . \mu . \rho \qquad [kg]$$

حيث أن:

μ : معامل يتعلق بنوع مادة الكرات ودرجة اهترائها.

R : نصف قطر الاسطوانة.

ξ : معامل ملء الاسطوانة ويساوي عادة $(\xi = 0.4 - 0.5)$

ρ : كثافة مادة الطحن $[kg/Cm^3]$

L : ارتفاع الاسطوانة Cm

ويتعلق قطر الكرات الطاحنة بنسبة الطحن وبقطر الاسطوانة، وعادة يؤخذ قطر الكرات الطاحنة حسب العلاقة التالية:

$$d \leq \frac{D}{18} \div \frac{D}{24}$$

حيث d: قطر الكرات الطاحنة [Cm] و D: قطر الاسطوانة [Cm].

يحدث نتيجة عملية الطحن تغيرات خارجية في الشكل والتركيب وحجم الجزيئات مما يؤدي لحدوث تغيرات داخلية مثل:

- تغير تركيب البنية.
- تنعيم البنية.
- تحسين التجانس الخلائطي.
- تغير بالخواص الميكانيكية مثل مقاومة التشكيل والقساوة.
- تغير بالخواص الفيزيائية ولا سيما مقاومة الاهتراء.
- تغير الخواص الكيميائية كمقاومة التآكل.
- تغير الخواص التكنولوجية للمساحيق مثل الكثافة الظاهرية، السيوبية ، قابلية التلبيد، قابلية الضغط ...

ويمكن إذا تحديد أبعاد الكرات اعتمادا على الكمية المراد طحنها وعلى قطر المطحنة وعلى الابعاد النهائية المطلوبة للحبيبات ومن ثم فإن أقطار كرات الطحن تتراوح بين 0.6 Cm ويمكن أن تصل إلى 8 Cm وتستخدم الكرات الصغيرة في عمليات الطحن الناعم جداً. وتقوم كرات الطحن بإزالة التكتلات أو التصاق الجزيئات بعضها ببعض ويمكن أن تصل أبعاد الحبيبات بعد عملية الطحن إلى 1 µm

ميزات عملية الطحن بالكرات:

- عملية بسيطة.
- قليلة التكلفة نظرا لبساطة الآلات ورخصها.
- عدم إشابة الحبيبات بمواد أخرى
- رخص الخامات وذلك لإمكانية استخدام بقايا تشغيل المعادن
- قلة الجهد والطاقة المبذولين للحصول على المساحيق.
- قابلية المساحيق المنتجة الجيدة لعملية التدميج والتلبيد.

عيوب عملية الطحن بالطواحين ذات الكرات:

- عدم إمكانية الحصول على حبيبات عالية الدقة مع إضافة بعض الشوائب للمسحوق ناتجة عن اهتراء جدران المطحنة.
- عملية غير فعالة حيث أن 2 % فقط من الطاقة تصرف على عملية التفتيت وإنتاج سطوح حبيبات جديدة.
- وجود شوائب في المسحوق بسبب اهتراء الكرات وبطانة المطحنة.

السؤال الثالث: (14 درجات)

عرف التذرير، ماهي أهم مميزات هذه الطريقة، ما أهم طرق التذرير المتبعة، ما العوامل المؤثرة في عملية التذرير، ماهي مراحل عملية التذرير مع التوضيح بالرسم، وما العوامل المؤثرة في عملية التذرير بواسطة الغاز؟

التذرير: يطلق هذا الاسلوب على الإنتاج الكمي للمساحيق المعدنية من قطرات المعادن المنصهرة بواسطة التفتيت المصهور وذلك عن طريق تأثير تيار من السائل (غاز ، ماء ....) بحيث تتصلب هذه القطرات قبل الوصول إلى أي جسم صلب (أي تتصلب أثناء الهبوط).

أهم مميزات هذه الطريقة لإنتاج المساحيق المعدنية بالتذرير:

- الانتاجية العالية مقارنة بالطرق الاخرى ومن ثم انخفاض التكلفة.
- إمكانية أتمتة عمليات الإنتاج.
- الحصول على نوعية جيدة للمساحيق.
- بساطة هذه العملية.
- يمكن إجراء هذه العملية على أي معدن أو خليطة معدنية فأي مادة يمكن أن تكون في الطور السائل يمكن إجراء عملية التذرير لها من خلال تحويل مصهورها إلى قطرات.

- بعض الخلائط المعدنية الهامة لا يمكن إنتاج مساحيقها إلا بهذه الطريقة. وخاصة الخلائط ذات درجة الانصهار المرتفعة.

أهم طرق التذرير المتبعة:

- التذرير عن طريق مزج سائلين.
- التذرير بالطرد المركزي.
- التذرير بواسطة التخلخل.
- التذرير بواسطة الأمواج فوق الصوتية.
- التذرير بالبلازما.
- التذرير بالليزر.

العوامل المؤثرة في عملية التذرير:

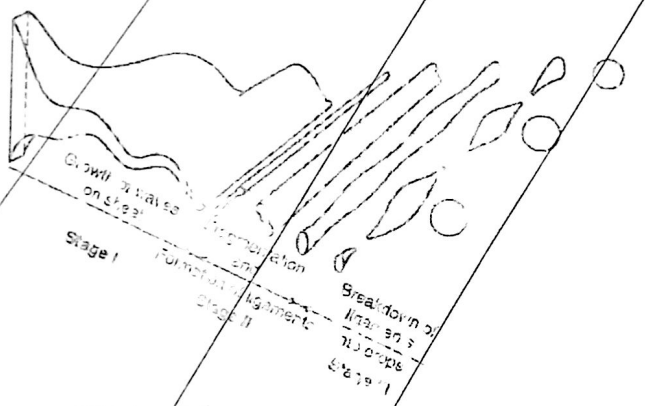
- أبعاد الحبيبات وتوزعها.
- شكل الحبيبات.
- درجة نقاء المساحيق.
- نسبة المسامات في البنية.
- نوع الخليطة.

تنقسم عملية التذرير إلى ثلاث مراحل: كما بالشكل

المرحلة الأولى - تشتيت المصهور: وهي عبارة عن عملية تأثير ميكانيكي في تيار المعدن يؤدي إلى نمو تيار المعدن المنصهر.

المرحلة الثانية - تحطيم موجات المصهور: وتشكيل الشرائح والشظايا.

المرحلة الثالثة - التذرير: يتم فيها تكسير الشرائح والشظايا المحصول على قطرات كبيرة ومن ثم تفتيتها إلى حبيبات صغيرة " مسحوق " وتتعلق هذه المرحلة بفوهة التذرير وبضغط وسرعة تيار الغاز أو السائل وبمخروط وبزاوية التذرير.



الشكل (١-٢١) مراحل تشكيل الحبيبات أثناء عملية التذرير

العوامل المؤثرة في عملية التذرير بواسطة الغاز:

- لزوجة المعدن المنصهر.
- قوى التوتر السطحي.
- درجة حرارة المصهور والسعة الحرارية.
- سرعة تيار الغاز.

السؤال ~~الرابع~~: الثالث : (14) درجة

عرف ما يلي:

1- التشاكلية: هي عبارة عن قابلية المنتجات المشكلة بواسطة التدميج بالاحتفاظ بشكلها بعد خروجها من قالب التشكيل، وتتصف التشاكلية للمسحوق بمدى الكثافة سواء كان صغيرا أم كان أعظمياً، التي عندها لا تتحطم المدمجات بعد لفظها من قالب التشكيل، والتي تؤمن توزعا خطيا للكثافة على طول المدمج بعد عملية الكبس. ويعبر عنها بالشكل $\Phi = \frac{\sigma}{P}$ معامل التشاكلية وهو عبارة عن علاقة بين متانة العينة على الضغط σ وبين ضغط المكبس P عند تشكيل العينة (الضغط النوعي المستعمل عند عملية التدميج).

2- الكربونيل: تتحد كثير من المعادن الانتقالية V-VIII group من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية مثل الحديد والنيكل والكوبالت والتنغستين وغيرها تحت ظروف معينة للحرارة والضغط، مع أول أكسيد الكربون لتكون مركب كيميائي يسمى الكربونيل. وهذه المركبات غير متماسكة نسبيا وسرعان ما تتفكك مكونة مساحيق دقيقة للمعدن استنادا الشكل، وأول أكسيد الكربون. تعتمد هذه الطريقة على تفكك الكربونيل $Me_m(Co)_n$ عند التسخين حسب التفاعل التالي:

$Me_m(Co) \Leftrightarrow mMe + nCo$

3- فقد الهيدروجين: هو مقدار الفقد في الوزن الذي يحدث عندما يتم تسخين العينة الموزونة عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة الانصهار في تيار من الهيدروجين لاختزال أكاسيد المعادن غير المستقرة.

4- الكثافة الظاهرية للمسحوق: γ_{ap} (أو الوزن النوعي) أو الكثافة المسكوبة سكبا حرا يعبر عنها بالعلاقة:

يعبر عنها بالعلاقة $\gamma_{ap} = \frac{G}{25}[g/Cm^3]$ ، حيث G وزن المسحوق و 25 الحجم المعلوم.

$G = G_2 - G_1$ حيث G_2 وزن الفنجان مع المسحوق و G_1 وزن الفنجان.

إذا هي عبارة عن كثافة كتلة من المسحوق المسكوب سكبا حرا بالغرام إلى حجم قياسي تم تعبئته في وعاء اسطواني ذي حجم معلوم ($25\ Cm^3$).

5- المتانة الخضراء: يطلق على المنتج المصنع بتقانة ميتالورجيا المساحيق غير الملبد " المدمج الأخضر" (أي منتج بواسطة الضغط لم يعرض لعملية تلبيد يسمى بالمنتج الأخضر) . أما المتانة الخضراء فهي تتعلق بمدى تماسك وقدرة العينات على المناولة بين المكبس وفرن التلبيد لكي لا تنهار (تتراوح قيمتها بين N/mm^2 (1000 – 250)).

6- ما هو تأثير التزييت على عملية ضغط التدميج للمنتج 1- تخفيف الاحتكاك الداخلي والخارجي وبالتالي إنقاص ضغط التدميج. 2- تخفيف ضغط اللفظ من السنبك السفلي. 3- منع اهتراء بطانة القالب أو التصاق (استمصاء) المنتج أثناء التشكيل. 4- منع تطاير المسحوق كونه مادة سامة.

7- الإرتداد المرن للمدمج وكيفية التخلص منه: يسمى زيادة أبعاد المدمجات نتيجة تأثير قوى المرونة بعد إزالة الضغط بالارتداد اللاحق أو الارتداد المرن، للتخلص من هذا الأثر فمن الضروري تطبيق ضغط التدميج المطلوب وتثبيت الضغط أو الحمولة عند ذلك الضغط على المدمج من بضع ثواني إلى 2 وحتى 3 دقائق حسب نوع مادة المدمج. (مدمجات كثافتها قليلة مثل الالمنيوم تثبت الحمولة بضع ثواني للتخلص من الانفعال المرن لأنه لايوجد بها إلا إنفعال لدن 100% بينما الفولاذ تثبت الحمولة من 2 وحتى 3 دقائق).

السؤال الرابع: (16 درجة):

عرف عملية التدميج وما العوامل المؤثرة على عملية التدميج على البارد، ثم اشرح المراحل الرئيسية التي تمر بها عملية تدميج المساحيق مع التوضيح بالرسوم المناسبة؟ تكلم ما تعرفه عن التدميج الايزوستاتيكي على الساخن وماهي مميزاته وعيوبه؟.

الحل:

تعريف: تطلق كلمة التدميج على عمليات الضغط للحبيبات مع بعضها البعض وذلك لتكوين كتلة صلبة متماسكة للحصول على الشكل النهائي للمنتج (المدمج).

العوامل المؤثرة على عملية التدميج على البارد

- نوعية المساحيق.
- قالب التشكيل.
- شكل وحجم الحبيبات.
- نسبة المواد الداخلة في الخليطة.

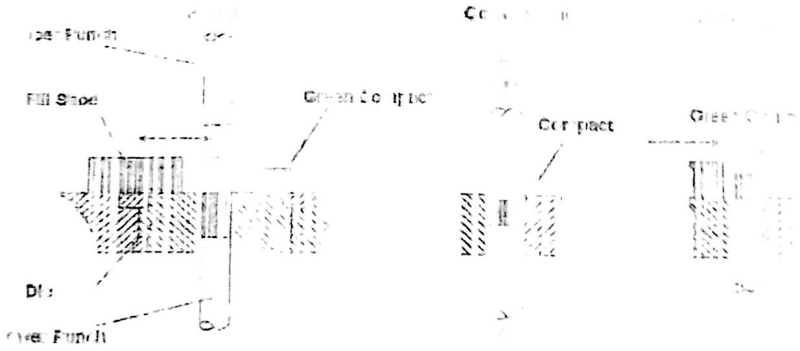
المراحل الرئيسية التي تمر بها عملية تدميج المساحيق:

تتم عملية التدميج إما في قالب ذو سنبك واحد أو سنبكين بحيث ينزل السنبك العلوي في تجويف القالب أما السنبك السفلي فيغلق القالب ويساعد على دفع وإخراج المدمج من القالب

المرحلة الأولى: ملء القالب بالمسحوق: في حال المعايرة الحجمية نضع سنادات لدفع الحبيبات إلى الداخل ولكن هذه المعايرة يدوية.

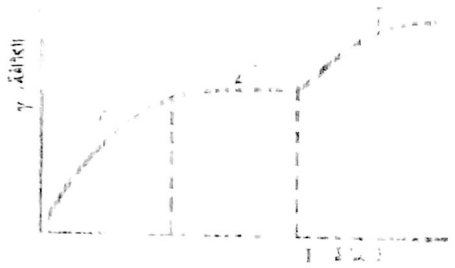
المرحلة الثانية: مرحلة التدميج (الكبس أو التشكيل)

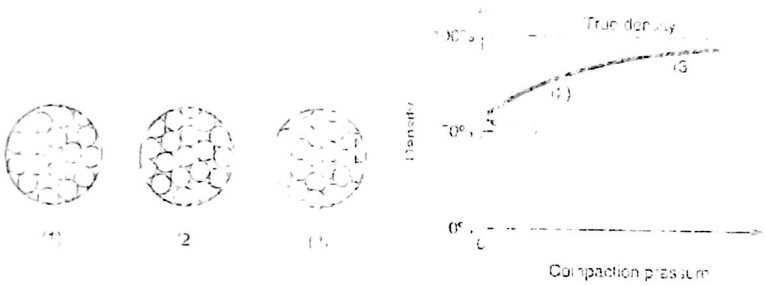
المرحلة الثالثة: إخراج المدمج (اللفظ) حيث يتحرك السنبك السفلي حتى السطح العلوي من القالب لإخراج المدمج الأخضر أما السنبك العلوي يتحرك للارتفاع الذي نريده.



إذا عملية التدميج يمكن تقسيمها لثلاث مراحل:

- المرحلة الاولى: يحدث في هذه المرحلة تحرك للجزيئات لإملاء فراغ جوف القالب دون أي تشوه للحبيبات.
- المرحلة الثانية: وهي مرحلة التدميج الفعلية تترافق هذه المرحلة بانفعال مرن ولدن للحبيبات حيث تستطيل وتغير أشكالها أو يحدث بها تحطم هش للحبيبات الهشة أو القصيفة. يحدث الانفعال المرن في البداية في أماكن التلامس وسرعان ما يترافق بانفعال آخر هو انفعال لدن في نهاية هذه المرحلة وعندها تنحني الجزيئات وتلتصق مع بعضها البعض مما يساعد في رفع المتانة الخضراء وفي انهاية تشكيل ما يسمى المدمج الأخضر.
- المرحلة الثالثة من التدميج : يحدث عندها زيادة في الضغط وتقليص حجم المدمجات . تترافق هذه المرحلة بانفعال واحد هو انفعال لدن فقط (تشوه أكبر للحبيبات) وفعليا معظم المساحيق لا تخضع للمرحلة الثالثة وتستخدم فقط للحبيبات الهشة (المنتجات القصيفة) (عند زيادة الضغط نصل لمرحلة عندها لا ترتفع الكثافة) . (الحبيبات اللدنة إذا ضغطت بشكل كبير نحصل على مسامات)





الشكل (٤ – ٢) مراحل عملية التدميج وتزايد الكثافة

١ – التوضع الحر للمساحيق في القالب مباشرة، ٢ – تقارب المسحوق، ٣ – تشوه الجزيئات

اشرح طريقة التدميج الايزوستاتيكي على الساخن ، وماهي أهم مميزات وعيوب طريقة الضغط الايزوستاتيكي المتماثل من جميع الجهات:

هو عبارة عن ضغط متماثل من جميع الاتجاهات على الساخن، أي يترافق مع عملية الضغط عملية أخرى هي عملية التلبيد، ووسط التسخين هو عبارة عن غاز الأرغون أو النتروجين أو الهواء (نسخن بالماء نحصل على بخار ماء يؤدي لكبر الحجم) ودرجة الحرارة عادة تكون 500 – 2200 درجة مئوية (الدرجة الأقل 500 للمعادن ذات درجة الانصهار المنخفضة) فكلما ارتفعت درجة الحرارة تصبح المعادن أكثر ليونة مما يؤدي إلى زيادة الكثافة.

ومن عيوب هذه الطريقة: أنه لا يمكن الحصول على مدمجات ذات دقة عالية وهي تستخدم بشكل كبير بصنع أدوات القطع والمساحيق المقاومة للانصهار، يجب الانتباه أيضا إلى الغاز المستخدم كي لا يتفاعل مع المعدن ويؤدي إلى إغلاق المسامات وبالتالي عدم إمكانية الحصول على كثافة عالية.

أهم مميزات وعيوب طريقة الضغط الايزوستاتيكي المتماثل من جميع الجهات:

1- الطاقة الضرورية لدمج المساحيق بهذه الطريقة تكون أقل مقارنة بالطاقة المصروفة في حالة التدميج العادية.
2- الانتاجية العالية.
3- عوامل الأمان التي يجب مراعاتها وهي الانفجار – الحريق – التسمم – الأعطال الميكانيكية للآلة.
4- لا حاجة لعملية التزييت
5- صغر حجم المنتجات.

وتعد صعوبة الحصول على أبعاد قريبة من الأبعاد المطلوبة في المدمجات من العيوب الرئيسية لهذه الطريقة، أضف إلى ذلك ضرورة القيام بمعالجات ميكانيكية للحصول على مدمجات جاهزة بشكل معين.

السؤال الخامس: (8 درجات):

تنقسم آلية التلبيد إلى عدة مراحل وضح مع الرسم والشرح هذه المراحل؟

المرحلة الأولى a: تسمى مرحلة الانسياب اللزج: وهي شبيهة بآلية انسياب السوائل حيث تتحرك الذرات بشكل مرجء عبر الحجم (انتشار حجمي) إلى بداية التلامس وتشكيل الرقاب ، وهنا تتقارب مراكز الجزيئات مع بعضها البعض مما يؤدي إلى زيادة سطح التلامس وتشكيل الرقاب. يؤثر على هذه المرحلة معامل يسمى معامل اللزوجة للمادة التي تتناسب عكسا مع معامل الانتشار الحجمي: $\eta = D^{-1}$ وتتعلق سرعة الانسياب (الزحف) بمعامل الانتشار الحجمي وبطول ضلع الخلية a و بدرجة الحرارة T ، وكذلك بطول الأبعاد الخطية التي تتشكل. مثال على ذلك: اصنف قطر التلامس أو نصف قطر الرقبة (ثوابت خطية).

تتقارب مراكز من العمليات التي تجري بعد عملية التلبيد: المعالجة بالبخار والمعالجة الحرارية، تحدث عن هاتين العمليتين مبينا أهميتهما والفرق بينهما وبين المعالجة التقليدية للمعادن المصمتة؟

المرحلة الثانية b: مرحلة الانتشار الحجمي: التي عندها تنتقل الذرات من حدود الجزيئات بالقرب من سطح التلامس من بداية الانحناء إلى نهاية التقعر ويلاحظ هنا نمو في سطح التلامس ولكن لا يحدث تقارب بين مراكز الجزيئات.

المرحلة الثالثة c: مرحلة الانتشار الحجمي مع وجود تقارب في مراكز الجزيئات: تنتقل الذرات من حدود الجزيئات بالقرب من سطح التلامس مما يساعد على تحريك الفراغات وزيادة في أسطح التلامس وتقارب بين مراكز الجزيئات ، ويحدث أيضا انتقال الذرات من المسامات الكبيرة إلى المسامات الصغيرة وبالتالي انسياب المعدن إلى داخل المسام مما يؤدي إلى حدوث انكماش في المدمج.

المرحلة الرابعة d : مرحلة الانتشار السطحي: والتي يحدث عندها انتقال المادة نتيجة انتشار الذرات عبر السطح ابتداء من الأجزاء المتقعرة وانتهاء بالأجزاء المحدبة لسطح الرقبة ويلاحظ هنا نمو سطح التلامس بين الجزيئات ولكن دون تقارب بين مراكزها. كما يلاحظ اندماج المسامات بسبب امتصاص المسامات الصغيرة من قبل المسامات الكبيرة ولكن لا نلاحظ أي انكماش في هذه المرحلة.

المرحلة الخامسة e: مرحلة انتقال المادة عبر الطور الغازي: (هي المرحلة الأخيرة): والتي تحدث بسبب اختلال توازن ضغط البخار للمعدن بالقرب من الأسطح المقعرة والمحدبة للحبيبات وتحدد سرعة هذه المرحلة بواسطة معامل الانتشار في الطور الغازي ويحدث هنا تزايد في سطح التلامس ولكن دون تقارب بمراكز الجزيئات.

المرحلة السادسة f: ضغط وحرارة: مرحلة التصاق الحبيبات مع بعضها البعض (ضغط + حرارة تعني تلبيد على الساخن)، تحدث نتيجة تأثير ضغط خارجي أثناء عملية التلبيد إلى حدوث انسياب المادة إلى أسطح التلامس. ويلاحظ هنا زيادة أسطح التلامس مترافقا مع تقارب بين مراكز الجزيئات مثال على ذلك: التدميج على الساخن.

إذا المراحل من a وحتى e: تلبيد على البارد (فقط تلبيد). لا توجد هنا قوى خارجية مؤثرة على الحبيبات.

المراحل من a وحتى f : تلبيد على الساخن (تلبيد + تدميج). هنا يوجد ضغط وحرارة .

السؤال السادس (8 درجات):

أكتب ما تعرفه عن أهم استخدامات الفلاتر (المرشحات) المعدنية ومما تصنع وبماذا تتعلق درجة الترشيح والنفوذية.

الحل:

وظيفة الفلاتر التصفية (الشوارد المنحلة بالماء لاتصفى وكذلك المواد السامة المنحلة بالماء لاتصفى).

تستخدم المرشحات بصورة أساسية لإزالة الجسيمات الصعبة من السوائل أو الغازات كمرشحات البرونز والفولاذ المقاوم للصدأ.

وكذلك تستخدم لفصل نظائر الالمنيوم والإشعاعات الذرية كالمرشحات المصنعة من النيكل وهناك استخدامات كثيرة لها منها:

1- وسيلة إمداد فقاعات الغاز في السائل لفحص تسرب الغاز.
2- تنقية الهواء من الغازات السامة.
3- مخمدات للصوت والاهتزازات.