الباب الرابع

مواد التصنيع الملبدة

Sintered manufacturing materials

obeikan.com

obeikan.com

تمهيد

تصنع اليوم أدوات كثيرة بأسلوب حديث يعتمد على كبس مساحيق المعادن في قوالب متينة معدة بشكل المنتج المطلوب تصنيعه ، تحت ضغوط عالية تصل إلى 5000 كجم / سم^2 ، حيث تتقارب الحبيبات مع بعضها البعض ، وتتلاصق وتتماسك في الشكل المطلوب ، إلا أنه يلزم لتماسكها التام تعرضها للحرارة ، أما أثناء ضغطها في القالب أو بعد إخراجها من القالب متماسكة ، وذلك باستعمال أفران خاصة

يتناول هذا الفصل الطرق المختلفة لتجهيز المساحيق وتشكيلها بالكبس أو التلبيد ، والمعالجات اللاحقة على المشغولات المصنعة.

ويتعرض للمنتجات المصنعة بالمساحيق الملبدة ومميزات وعيوب كل منها.

obeikan.com

ميتالورجيا المساحيق .. Metallurgy of powders

يطلق على فن تشكيل مساحيق المعادن إسم ميتالورجيا المساحيق لإنتاج سلع تجارية تحتوي على خليط من مساحيق المعادن بواسطة الضغط مع التسخين.

التلبيد هو معالجة حرارية من خلال كبس مساحيق المعادن ، أو مساحيق أكاسيدها أو كربيداتها ، حيث تتشابك حبيبات المسحوق بشكل كثيف عند الكبس بسبب عدم إنتظام أسطحها الخارجية لتلتصق في مواضع تلامسها بتأثير قوة الترابط . إلا أنها لا تتحول إلى كتلة واحدة لأن الحبيبات تكون صلدة وتحافظ على شكلها في الحالة الباردة . أما عند وجود الحبيبات في حالة لدنة .. أى إذا إرتفعت درجة حرارتها إلى أقل من درجة حرارة الإنصهار بقليل ، يؤدي ذلك إلى ظهور أثر قوة الترابط من خلال تماسك الحبيبات مع بعضها البعض.

ينتج عن صغر مسام الجسم المضغوط إنكماشه مع إرتفاع كثافته وزيادة متانته . تسمى عملية تكثيف المادة المصنعة تحت تأثير قوة الترابط للحبيبات في الحالة العجينية بالتلبيد.

يتوقف شكل الحبيبات أو جسيمات المسحوق على طريقة صنعها .. فقد تكون على شكل كريات أو مسطحة أو مدببة أو قشرية ..... أو غير ذلك.

القطع المصنعة من مواد ملبدة Sintered Materials ليست بحاجة لعمليات تشغيل بالقطع ، إذ يمكن إكتسابها الشكل المطلوب عند التلبيد مما يوفر كثيراً في إستهلاك المواد.

تعتبر مساحيق المعادن الملبدة أعلى تكلفة من المواد الأخرى بحالتها الصلبة ، وتعلل الزيادة في التكلفة لخواصها الممتازة ، علماً بأن بعض المنتجات لا يمكن صنعها بأى أسلوب آخر سوى هذا الأسلوب.

طريقة التجهيز :

يتم تحضر القطع المصنعة بالتلبيد وفقاً للخواص المطلوبة على المراحل التالية

obeikan.com

-:

- إنتاج المسحوق
- صب المسحوق في قوالب
- الكبس
- معايرة المشغولات الملبدة
- التصليد الكلي أو التصليد الغلافي أو التشريب بالزيت.

طرق تحضير مساحيق المعادن :

لا يمكن تحضير جميع مساحيق المعادن بطريقة واحدة ، بل تتفاوت طرق صنع تحضيرها ، وذلك لاختلاف خصائص المعادن الفيزيائية والكيميائية . فيما يلي عرض أكثر طرق تحضير مساحيق المعادن إنتشاراً.

1. **استخدام ماكينات التشغيل** :

تستخدم ماكينات التشغيل أحياناً للحصول على رايش (جذاذة أو نحاته) يصلح لأغراض التشكيل ، علماً بأن جزيئات الرايش تكون خشنة إلى حد ما . تستخدم هذه الطريقة لإنتاج مساحيق المغنسيوم.

2. **الطحن** :

تستخدم أنواع مختلفة من الكسارات والطواحين الدوارة لتفتيت المعادن للحصول على جزيئات دقيقة على مسحوق على هيئة قشور ، يمكن إضافة الزيت للمعدن أثناء سحقه لعدم التصاق الجزيئات ببعضها البعض.

3. **القذف** :

يبرد المعدن المنصهر بالماء من خلال تساقطه من فوهة صغيرة جداً ، للحصول على جزيئات صغيرة كروية الشكل.

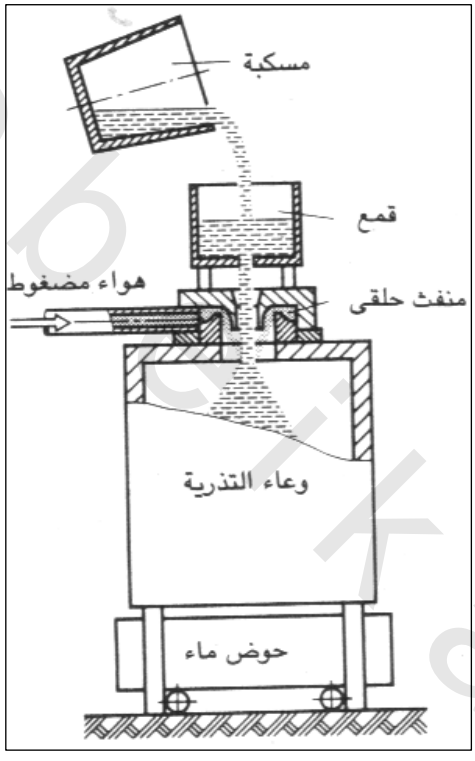
4. **التذرية** :

تسمى هذه الطريقة بالتذرية أو الرش ، حيث تنفصل جزيئات المعدن المنصهر بالدفع أو بالرش ، وهي وسيلة ممتازة لإنتاج مساحيق من المعادن التي تنصهر في درجات حرارة منخفضة نسبياً مثل الألومنيوم والرصاص والزنك والقصدير .

تتلخص هذه الطريقة من خلال اندفاع الهواء المضغوط أو بتوجيه تيار من بخار الماء إلى المعادن السائلة المنصهرة كما هو موضح بشكل 3 – 9 ثم تجميع المسحوق في حوض مائي ، حيث تتكون أجزاء مساحيق هذه المعادن بأشكال غير

منتظمة وتنتج بمقاسات مختلفة.

يتم إختيار نسب تركيب المسحوق الذي سيجرى كبسه تبعاً للهدف المطلوب من المشغولات المراد تصنيعها ، أما أنواع المساحيق المستخدمة في الخلط فإنها توزن بدقة ثم تخلط جيداً في برميل أسطواني دوار قبل كبسها.



شكل 3 – 9

إنتاج مساحيق معدنية بالتذرية

5. **الأقراص الدوارة** :

يصب المعدن المنصهر على قرص يدور بسرعة كبيرة ، ليتساقط إلى أسفل على وعاء به ماء ، حيث يتناثر المعدن المنصهر بفعل القوة طاردة المركزية للقرص الدوار ويتجزأ المعدن المنصهر ، وعند ملامسته لسطح الماء يتحول إلى شرائح رقيقة . تنقل الشرائح المعدنية الصغيرة إلى مطارق لتحويلها إلى مسحوق .

تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مسحوق الألومنيوم.

6. **التحبيب** :

يمكن تحويل قليل من المعادن إلى أجزاء صغيرة من خلال تقليب المعدن المنصهر بسرعة أثناء تبريده . تتوقف هذه الطريقة على تكوين الأكاسيد على أسطح المجسمات أثناء عملية التقليب.

7. الترسيب بالتحليل الكهربائي :

تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مساحيق النحاس والحديد والفضة ، وبعض المعادن الأخرى.

8. الاختزال :

تختزل الأكاسيد المعدنية وتتحول إلى مساحيق عند تلامسها لغاز مختزل في درجة حرارة أقل من درجة إنصهاره .

تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مساحيق التنجستين والحديد والنيكل.

تشكيل المساحيق بالكبس :

يتم كبس المسحوق في مكابس خاصة مجهزة لهذا الغرض ، علما بأن المسحوق لا يتكثف في كل أنحاء القالب بنفس الدرجة كما هو الحال بالكتلة السائلة أو العجينية ، لذلك فإنه يجب إضافة مادة مزلقة على المسحوق المراد كبسه لتحسين التكثيف ، كما يجب أن تكون فراغات المكبس متوائمة تماماً مع القالب ومناسبة لنوع المسحوق المراد كبسه.

التلبيد :

هي عملية تسخين للقطعة المكبوسة إلى درجة حرارة عالية لكي يزداد تماسك وترابط الجزيئات مع بعضها البعض . يضاف إلى مساحيق المعادن غالباً بعض عناصر سبيكية أخرى لتحسين المنتج وارتفاع جودته.

درجة الحرارة التي تستخدم في عملية التلبيد تساوي ما بين 60 - 80 % من درجة إنصهار تلك المادة ، أما إذا كان المسحوق المراد تلبيده من خليط مكون من مادتين أو أكثر .. فإن درجة حرارة التلبيد تكون أعلى قليلا من أدنى درجة إنصهار إحدى المواد المركبة.

يجرى التلبيد في أفران خاصة لتجنب حدوث أكسدة . يتراوح زمن التلبيد ما بين 30 - 150 دقيقة ، أما المواد التي تتطلب كثافة وخواص متانة عالية فإنها تكبس كبس مضاعف .. أى على مرحلتين.

أهم مميزات التلبيد هو إمكانية خلط وتركيب مواد تصنيع مختلفة الكثافة ومتباينة في درجات إنصهارها بشكل أسهل من مزجها بالصهر . بهذه الطريقة يمكن تحضير مواد ذات الجودة عالية وبخواص ممتازة.

التشطيب وضبط المقاسات :

بعد عملية التلبيد تجرى عملية أخرى تسمى بعملة إعادة تشكيل المشغولات (بدون قطع) في عدة ضبط الأبعاد من خلال الكبس على الساخن ، حيث تزيد من

كثافة ومتانة المنتج بالإضافة إلى تحسين جودة أسطح المشغولات واستقرار مقاساتها ، ومن ثم إنتاج مشغولات ذات جودة عالية بأبعاد ومقاسات دقيقة بتجاوزات تتراوح ما بين 0.01 - 0.03 ملليمتر.

ملاحظة :

تجرى عمليات تشطيب وضبط المقاسات على المشغولات الملبدة من المعادن الحديدية واللاحديدية لتحسين خواصها الفيزيائية ، ولا يمكن إجراؤها على المواد الصلدة أو الخزفية (مواد السيراميك).

المعالجات اللاحقة :

يمكن إجراء عملية المعالجة اللاحقة على المشغولات الملبدة لغرض تحسين بعض خواصها وذلك حسب تركيب المشغولة كالآتي :-

1. زيادة مقاومة الشد في الصلب الملبد بالتصليد ثم التسقية بسرعة.
2. زيادة صمود التآكل الاحتكاكي والكيميائي بالحديد الملبد بوضعه في حمام من البخار درجة حرارته 200 ^{0}م.
3. قابلية التصليد الغلافي والتصليد السطحي لمعادن الحديد والصلب الملبدة.
4. يصلح النحاس الأصفر الملبد للمعالجات السطحية بالجلفنة.

مميزات مواد التصنيع الملبدة :

تتميز مواد التصنيع الملبدة المشكلة بالمساحيق المعدنية بالآتي :-

1. التحكم في أبعاد ومقاسات المنتج.
2. إمكان إنتاج عدد كبير من الأجزاء الصغيرة (إنتاج بالجملة) بنفس دقة الأجزاء المنتجة على ماكينات التشغيل.
3. إنتاج أجزاء ذات صلادة وخواص ممتازة وجودة عالية.
4. الاقتصاد في المواد المستعملة من خلال التوفير في استهلاك المواد ، وذلك لانعدام الفاقد أثناء عمليات التصنيع.
5. انخفاض تكلفة الأيدي العاملة ، لأنه لا يلزم عمال وفنيين مهرة لتشغيل المكابس والمعدات الأخرى ، وبالتالي انخفاض التكلفة الكلية للمنتج.

obeikan.com

6. بعض المنتجات لا يمكن تصنيعها إلا بهذا الأسلوب.

عيوب مواد التصنيع الملبدة :

أهم عيوب مواد التصنيع الملبدة المشكلة بالمساحيق المعدنية هي الآتي :-

1. ارتفاع التكلفة علاوة على صعوبة تخزينها ، بسبب تلف أو تدهور خواصها.
2. ارتفاع تكاليف معدات التشغيل وخاصة قوالب التشكيل وأفران التلبيد.
3. عدم توزيع ضغط المكبس على الأجزاء الكبيرة توزيعاً منتظماً.
4. وجود بعض الصعوبات الفنية في عمليات التلبيد.
5. تعرض بعض المساحيق ذات الحبيبات الدقيقة للإنفجار مثل مساحيق الألومنيوم والمغنسيوم والتيتانيوم.

منتجات المساحيق الملبدة :

أهم المنتجات المشكلة بالمساحيق المعدنية كالموضحة بشكل 3 – 10 وهي الآتي :-

1. التروس والأعضاء الدوارة بالمضخات :

تصنع التروس والأعضاء الدوارة بالمضخات من الحديد المسحوق الذي يخلط مع كمية من الجرافيت ، وذلك لضبط نسبة الكربون المطلوبة في المنتج.

2. المرشحات المعدنية المسامية :

تستخدم المرشحات المعدنية لتنقية البنزين والزيت وبعض المواد الكيميائية.

3. المحامل الإنزلاقية :

المحامل الإنزلاقية (كراسي المحاور) التي لا تحتاج إلى أعمال الخدمة والصيانة بصفة دورية منتظمة مثل المحامل الإنزلاقية لأعمدة الدوران ذاتية التزليق .
تصنع هذه المحامل بكبس وتلبيد خليط من مساحيق النحاس الأحمر والقصدير مع نسب مختلفة من الجرافيت . وبعد إجراء عملية التلبيد تضغط مقاساتها وتغطس في الزيت لتشرب منه كمية كبيرة تدخل في مسامها الإسفنجية.
تستخدم هذه المحامل في صناعة السيارات والأجهزة المنزلية مثل الغسالات والثلاجات.

4. فراجين المحركات :

تصنع فراجين المحركات (الفرش) من خلال خلط مسحوق النحاس مع

obeikan.com

الجرافيت بمقادير محددة للحصول على المتانة الميكانيكية اللازمة ، كما يضاف مقادير من القصدير والرصاص لتحسين مقاومة التآكل الميكانيكي.

5. **أجزاء حديد الزهر** :

تصنع بعض الأجزاء الدقيقة ذات الأشكال المعقدة من حديد الزهر كالتروس وغيرها من المنتجات التي تتطلب دقة عالية وتفاوتات صغيرة والتي يصعب الحصول عليها بطرق التشغيل.

6. **المغناطيسيات** :

يمكن إنتاج مغناطيسيات صغيرة ممتازة من خليط من الحديد والألومنيوم والنيكل والكوبالت.

7. **الكربيدات** :

تصنع العدد وقوالب التشكيل وكثير من السلع الكربيدية المقاومة للتآكل الميكانيكي.

8. **أجزاء التلامس الكهربائية** :

تستخدم ميتالورجيا المساحيق على نطاق واسع في تصنيع أجزاء التلامس الكهربائية ، وذلك من خليط مكون من مساحيق التنجستين والنحاس . التنجستين والكوبالت . التنجستين والفضة.

9. **أقراص القوابض (الدبرياج)** :

تصنع أقراص القوابض (الدبرياج) للسيارات والمحركات ذات السرعات العالية.

10. **الدهانات** :

تصنع الدهانات ذات اللون الفضي من مسحوق الألومنيوم ، حيث يمزج مسحوق الألومنيوم مع عناصر أخرى.

يستعمل هذه الدهانات في طلاء المنشآت الهامة لوقايتها من العوامل الجوية مثل مستودعات البترول وعربات السكك الحديدية والإنارة.

obeikan.com

شكل 3 – 10

بعض المشغولات المصنعة من المواد الملبدة

المعادن الصلدة .. Hardness metals

يجب أن تكون مواد التصنيع المستخدمة كمواد قاطعة أو للأجزاء المعرضة للتآكل الاحتكاكي ذات صلادة عالية ومقاومة كبيرة للتآكل الاحتكاكي . لذلك تستخدم كربيدات المعادن لهذا الغرض مثل كربيد التنجستين . كربيد التيتانيوم . كربيد التانتالوم .. التي يمكن صهرها أو صبها أو لحامها ، ومن ثم فإنها تكبس وتلبد مساحيقها بالإضافة إلى مواد رابطة أخرى.

خامات المعادن الصلدة :

تتكون خامات المعادن الصلدة من كربيد التنجستين وكربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم ويستعمل الكوبالت كمادة رابطة ، وتتباين نسب خلط المساحيق المستعملة كثيرا وتحددها الخواص المطلوبة من المعدن الصلد مثل الصلادة.

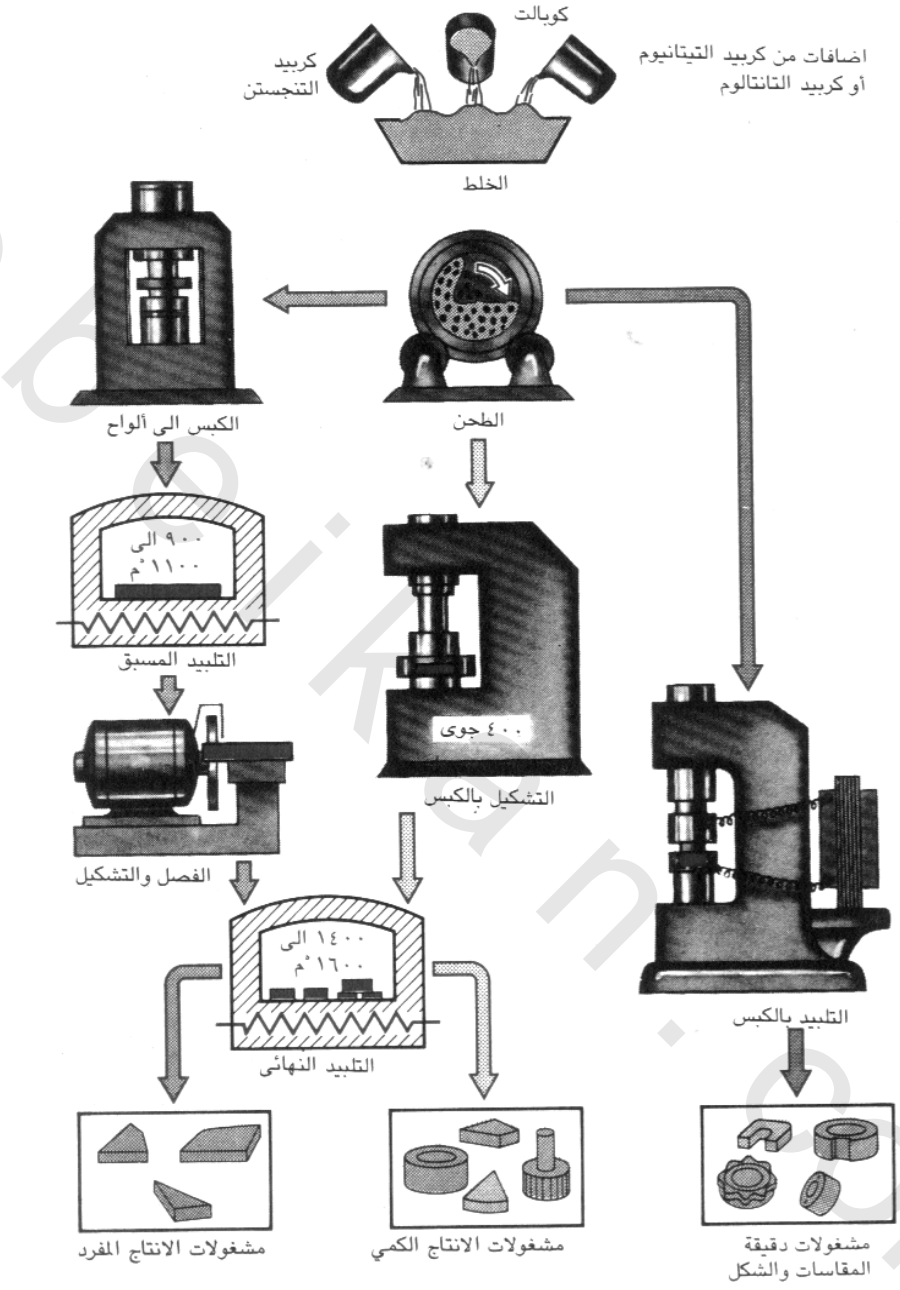
يتراوح نسبة كربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم ما بين 8 . 65 % ، ونسبة الكوبالت في جميع أنواع الخلائط ما بين 4 . 18 % ، أما نسبة كربيد التنجستين فإنه يوجد بنسب مختلفة في جميع أنواع المعادن الصلدة.

تحضير وإنتاج مشغولات المعادن الصلدة :

يتم تحضير المعادن الصلدة كما هو موضح بشكل 3 – 11 من خلال طحن كربيدات التنجستين التيتانيوم التنتالوم في المادة الرابطة وهي الكوبالت ليصل شكل المعادن المطحونة إلى مسحوق ناعم ، ثم يخلط المسحوق جيدا ويكبس على شكل ألواح وقضبان أو على شكل مشغولات جاهزة ، بينما تلبد (تعالج حراريا) المشغولات الجاهزة في درجات حرارة تصل إلى ما بين 1400 . 1600 ^{0}م ، بينما تلبيد القضبان والألواح تلبيدا أوليا في درجة حرارة ما بين 900 . 1100 ^{0}م ، بحيث تكتسب هذه المواد المتانة والصلادة ، ثم يجرى التلبيد النهائي للمشغولات.

تلبد القطع ذات الأشكال والمقاسات الدقيقة تحت ضغط ، بحيث يتم الكبس والتلبيد في مرحلة واحدة.

obeikan.com



شكل 3 – 11

تحضير وإنتاج مشغولات المعادن الصلدة

خواص المعادن الصلدة :

تتميز المشغولات المصنوعة من المعادن الصلدة بالخواص التالية :-

1. تقترب صلادة المعادن الصلدة من صلادة الماس.
2. تتميز بمقاومتها للتآكل الاحتكاكي وتأثرها الضئيل بالحرارة والسرعات العالية أثناء عمليات الخراطة . التفريز . الثقب.
3. قدرات جرف كبيرة تتراوح ما بين 5 . 8 أضعاف صلب السرعات العالية.
4. الكثافة : 7.2 . 15 كجم/دسم^3.
5. مقاومة الضغط : 460 . 750 كجم/مم^2.
6. درجة حرارة التلبيد : 1100 ^{0}م.
7. التركيب : كربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم 65 % ، كوبالت ما بين 4 –18% ، والبقية كربيد التنجستين.

استعمالات المعادن الصلدة :

تسمح المعادن الصلدة بتشكيل كثيرا من المواد الصلدة مثل الحديد الصلد والصلب الكرومي النيكلي المطبع ، والمشغولات مصلدة السطح والزجاج والخزف والمواد صعبة القطع مثل اللدائن والمطاط الصلد المعالج بالكبريت.

تتميز المشغولات لمصنوعة والمشكلة بدون قطع من المعادن الصلدة مثل اللقم القاطعة بتضاعف عمرها التشغيلي بمقدار يتراوح ما بين 50 . 100 مرة بالنسبة للعدد المصنوعة من صلب العدة ، مما يعني زيادة العمر التشغيلي الكلي للعدد بدرجة كبيرة.

مواد القطع الخزفة .. Ceramic cutting materials

تتكون مواد القطع الخزفية بشكل رئيسي من أكسيد الألومنيوم الذي يضاف إليه أكاسيد مواد أخرى ومواد رابطة عضوية . تتمتع هذه المواد بصلادة عالية ، ومقاومة عالية للتآكل الاحتكاكي ، كما تصمد للتآكل الكيميائي في درجات الحرارة العالية.

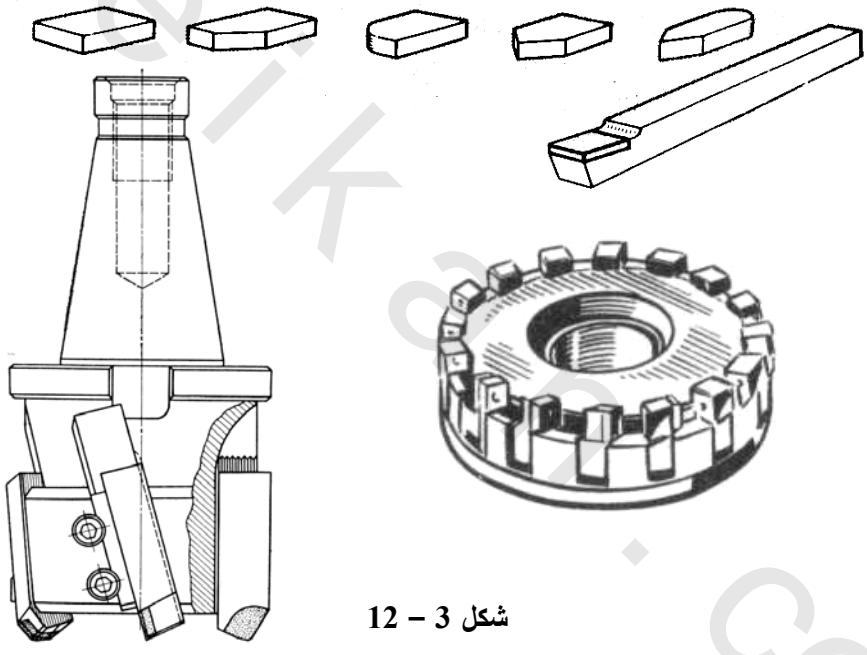
تحضر لقم القطع الخزفية الموضحة بشكل 3 – 12 من الخزف الأكسيدي من خلال كبس مسحوق أكيد الألومنيوم بدرجة نقاوة 99.7 % في قوالب ثم تلبد (تعالج حراريا) عند درجة حرارة قريبة جدا من درجة إنصهاره.

obeikan.com

تحفتظ المواد القاطعة المصنوعة من الخزف الأكسيدي بصلادتها العالية ، ومقاومتها العالية للتآكل الاحتكاكي ، وصمودها للمواد الكيميائية في درجات الحرارة العالية ، ومن ثم فإنها تستعمل في قطع المعادن بسرعات قطع عالية.

تعمل لقم القطع الخزفية متعددة الرؤوس المصنوعة من الخزف الأكسيدي على توفير الكثير في استهلاك عدد القطع والأجور.

من أهم عيوب لقم القطع الخزفية المصنوعة من الخزف الأكسيدي هي حساسيتها الشديدة للاجهادات الميكانيكية مثل الطرق والحنى وكذلك ضغط القطع المتغير .. كما هو الحال عند التشغيل المتقطع.



شكل 3 – 12

نماذج للقم القطع الخزفية

خواص مواد القطع الخزفية:

أهم خواص القطع الخزفية هي الآتي :-

8. الكثافة 3.9 كجم/دسم^3.
9. الصلادة 2100 - 2300 كجم/مم.
10. متانة الضغط 300 كجم/مم.

استعمالات مواد القطع الخزفية:

تستعمل مواد القطع الخزفية في صناعات مختلفة أهمها الآتي :-

5. في صناعة النسيج كدلائل للخيوط.
6. كأغطية للصمامات الالكترونية.
7. منافث رش وتذرية السوائل.
8. كأقراص دورانية لتشكيل قطاعات في أقراص التجليخ.
9. بواتق الصهر.
10. الأنابيب الواقية للمزدوجات الحرارية.

obeikan.com