نموذج اجابة مادة : أساليب التشغيل للانتاج

الفصل الدراسى الاول - للعام الدراسى ٢٠١٨ / ٢٠١٩ م

الفرقة : الثالثه **قسم :** التصميم الصناعى - كلية الفنون التطبيقية – **جامعة بنها**

زمن الامتحان : ٢ ساعه يبدأ الامتحان الساعة ١٠ صباحا

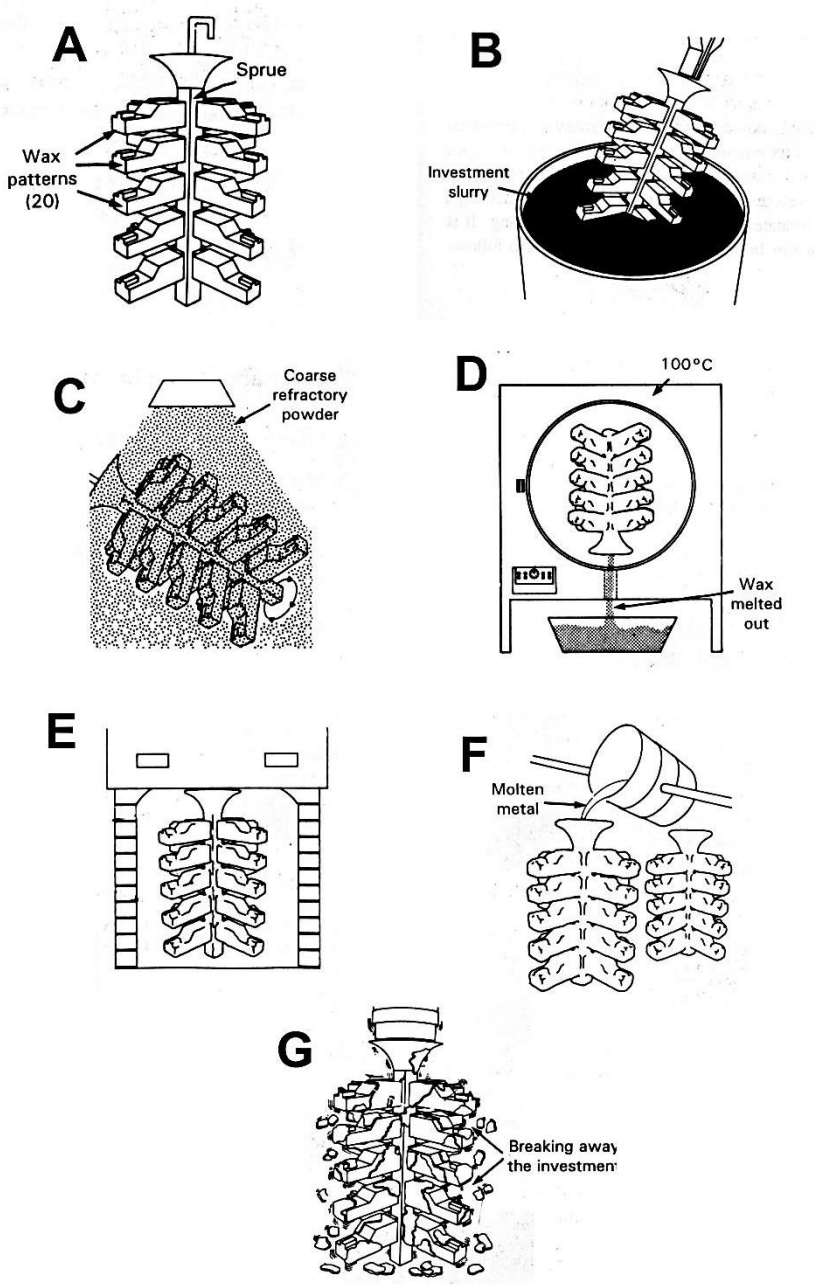
يوم السبت الموافق : ٥ / ١ / ٢٠١٩ م

اجابة السوال الاول :

يطلق على هذا النوع من السباكه أكثر من اسم مثل (الشمع المفقود ، النموذج المفقود ، التغليف الساخن والسباكة الدقيقه) ، وتستخدم هذه الطريقة لعمل التماثيل و الاشكال الفنيه و اهملت هذه الطريقة عدة سنوات ثم أعيدت بفضل أطباء الاسنان و صياغ المجوهرات و أدوات الجراحه ، و شهدت الحرب العالميه استخداما واضحا لهذه الطريقه لصناعة المسبوكات الهندسيه لانواع مختلفة من الفلزات و السبائك خاصة تلك التى يصعب تشكيلها بطرق غير السباكه .

يستخدم فى هذه الطريقة نموذج قابل للاساله بسهوله ؛ ويكون من الشمع او البلاستيك او القصدير او الزئبق ، ويعد النموذج او النماذج فى حالة امكان سباكة أكثر من مسبوك متصلين ببعضهم تلصق بيهم المصبات و المغذيات المناسبه ، كما هو واضح بالشكل التالى نموذج (A) ، و توضع النماذج في اناء غالبا ما يكون من الصلب غير القابل للصدا و يكون طرفا الاناء مفتوحين يصب على النماذج مخلوط من مادة رابطه مناسبه مضافا اليها اى من المواد الاتيه : الالومنيا - السيلكا - الجص - سليكات الزركونيوم ، مع بعض المواد الحراريه الأخرى كالنموذج (B) ، و يتم هز الاناء بما فيه للتخلص من فقاعات الهواء .

يترك فترة حتى تشك المادة الحراريه ، وينقل الى فرن درجة حرارته منخفضه لزيادة صلادة المادة الحراريه النموذج (D) ، ترفع درجة الحرارة بحيث تكفى للتخلص من مادة النموذج فينصهر الشمع اذا كان الشمع هو الماده القابله للاساله المستخدمه ، و بذلك تتكون فجوة لها نفس شكل النموذج ثم ترفع درجة الحرارة من (650 C° -1000°) ، و بعدها يصب الفلز المنصهر فى القالب الساخن كالنموذج (F) ، وبعد برودة المصهور يمكن تكسير التركيبه الخارجيه للحصول على الشكل المراد تصنيعه وبعدد كمى كما هو واضح بالنموذج (G) .



يمكن استخدام هذه الطريقة مع أية سبيكه ، ولكن يجب اختيار المادة الحراريه و درجة حرارة القالب ، وقد أجريت بعض التعديلات على الطريقه السابقه منها أن يتم غمس النموذج فى ملاط ثم ينثر عليه رمل ناعم قبل تغليف القالب ويعتمد ذلك على نوعية سطح المسبوك الناتج على الملاط المستخدم .

فى التعديلات التى أدخلت على هذه الطريقه أيضا أمكن بها خفض تكلفة عمل غلاف رقيق من المادة الحرارية حول النموذج ، لتكوين هذا الغلاف يغمر النموذج فى ملاط سريع الشك لعدة مرات حتى يتكون غلاف له سمك مناسب حول النموذج ، ثم تجرى نفس العمليات المستخدمه فى الطريقة العاديه ، و تتميز القوالب الغلافيه او القشريه عن قوالب الرمل العاديه فى النقاط الاتية :

- المسبوكات الناتجة تكون ملساء السطح و يمكن التحكم فى دقة أبعادها .
- تقليل بعض عيوب مسبوكات الصلب العالى الدرجه خاصة تداخل الرمل و التمزق الحرارى .
- انتاج مسبوكات على درجة عاليه من دقة الابعاد و التفاصيل و كذا نوعية السطح .
- تشكيل بعض السبائك التى يصعب تشغيلها و تستخدم لأغراض خاصة مثل تصنيع ريشات التربينات ، فوهات مدافع الرشاشات و أجزاء البنادق و المكنات و أجزاء من المعدات المستخدمة فى المنازل .
- التخلص من خط الانفصال الذى يظهر فى مسبوكات القوالب المكونه من جزئين .

فى السباكة الغلافية بطريقة النموذج المفقود يفضل استخدام نموذج الشمع من اى نموذج آخر لرخصه نسبيا ، كما أن تجميع شجرة المسبوك يمكن عملها بسهوله باستخدام مكواة ساخنه ، من عيوبه ان دقة الابعاد فى حالة النموذج المصنوع من القصدير او البلاستيك تكون أكبر منها فى حالة نموذج الشمع ، كما أن الشمع قد يتأثر بدرجة الحرارة ؛ مما يؤدى الى تشويه النموذج ، و للتغلب على تأثير الحرارة على نموذج الشمع يفضل أن يكيف هواء غرفة التشكيل .

ودقة الابعاد فى حالة نموذج الشمع يمكن الحصول عليها بتحديد سماحات فى عمل النموذج ، قد تتغير أبعاد النموذج تبعا لتركيبه الكيماوى عند تصميم القالب ، و يجب أن يؤخذ فى الاعتبار تمدد قالب تشكيل النموذج تحت تأثير حرارة صهر الشمع ، بالاضافه الى انكماش الفلز عند تجمده .

تصب القوالب تحت تاثير الجاذبية او باستخدام الضغط ، ولا تصب القوالب وهى ساخنه عادة ، ولكن بتضحيات بسيطه على حساب نوعية السطح ودقة الابعاد يمكن صب القوالب وهى فى حالة بارده او ساخنه نوعا ما ، و يتم الصب اما تحت تأثير الجاذبيه الارضيه او باستخدام الضغط .

اجابة السوال الثانى :

تعتمد هذه العمليه على عمليه الطرد المركزى التى تنتج نتيجه دوران اسطوانه السبك ، حيث تتم التغذيه من خزان المعدن المنصهر المتحرك وباستخدام الطرد المركزى السريع لكى يأخذ المسبوك الشكل الداخلى لاسطوانه السبك نتيجه الدوران السريع ، وتصل سرعه لف القالب فى أغلب الاحيان الى 1300 r.p.m ، وتحدد المعادله التاليه التى قام بوضعها الروسى " كونستانتينوف " العلاقه بين نصف قطر المسبوك وعدد لفات القالب و الوزن النوعى للسبيكه كالاتى :

$$N = \frac{5520}{\sqrt{\gamma R}}$$

حيث :

(N) عدد لفات القالب بوحدة r.p.m .

(R) نصف قطر المسبوك بوحدة cm .

(γ) الوزن النوعى للسبيكه بوحدة g/cm^3 .

ويتم حساب قوة الطرد المركزى كالآتى :

$$\text{Centrifugal force} = (M \times v^2) / R$$

حيث :

(M) كتله المعدن المنصهر بوحدة Kg
(v) سرعه الدوران بوحدة r.p.m
(R) نصف قطر المسبوك بوحدة cm

وتعتبر المعادلتين السابقتين أحد أهم معايير هذه العمليه ، حيث يتم تحديد نصف قطر المسبوك فى ظل معلومية الوزن النوعى للسبيكة المستخدمه ، وفى اطار الامكانيه الانتاجيه المتمثله فى عدد اللفات ، وبناء عليه يتم اتخاذ القرار فى اختيار الخامه المستخدمه و التحكم فى قطر المسبوك فى التصميم بما يناسب الامكانيه الانتاجيه المتاحه ، وتستخدم هذه الطريقه فى انتاج الآتى : مواسير المياه - مواسير مياه الصرف - أنابيب البترول - الاشكال الاسطوانيه - ومواسير المدافع - والاشكال ذات الطابع الدائرى .

وتوجد تقنيات عديده فى السباكه بالطرد المركزى تختلف باختلاف طبيعة الاشكال فتنقسم طريقة السباكة بالطرد المركزى الى ثلاث مجموعات كالاتى :

- سباكة الطرد المركزى العاديه .
- سباكة شبه الطرد المركزى .
- سباكة المطرود مركزيا .

١- سباكة الطرد المركزى العاديه :

يتم فى سباكة الطرد المركزى العاديه دوران المسبوك حول محوره الدورانى ، ولا يستخدم مغذيات كما لا يستخدم دلالليك لتشكيل الفجوه الداخليه ، حيث تقوم قوة الطرد المركزى بتشكيل القطر الداخلى للمسبوك كما هو الحال فى تشكيل المواسير.

٢- سباكة شبه الطرد المركزى :

سباكة شبه الطرد المركزى و فيها يدور المسبوك حول محوره مثل العجله ذات البرامق ، و لكن توضع لها مغذيات و قلوب لعمل الدعمات و الاعصاب الداخليه ، حيث تلك الاعصاب و الدعمات مع وجود فراغات بينهم تؤدى الى تقليل وزن المسبوك .

٣- سباكة المطرود مركزيا :

فى هذه التقنيه توضع القوالب فى مجاميع حول مصب مركزى كما هو الحال في السباكه الساكنه و تكون قوة الطرد عبارة عن اداة لملء تلك القوالب ، ويوضح الرسم التالى كيفية وجود مغذيات لتغذية أجزاء كثيره فى عملية صب واحده .

اجابة السؤال الثالث :

تستخدم عملية التشكيل بالبثق المباشر او البثق غير المباشر استخداما واسعا لتشكيل المعادن ، سواء على الساخن او على البارد طبقا لدرجة حرارة الخامه المنبثقه ؛ ومدى مقارنتها بدرجة اعادة التبلور لها ، مع العلم بأن التشكيل بالبثق لا يطبق على المعادن العالية اللدونه فحسب ، بل وعلى المعادن المنخفضة اللدونه ايضا ، وعملية التشكيل بالبثق تجرى باجبار المعدن على الخروج من وعاء خاص خلال فتحه او عدة فتحات موجوده باسطمبه مثبته بطرف الوعاء ، الامر الذى يؤدى الى الحصول على شكل محدد للمقطع العرضى المطلوب ، و الذى تكون أبعاده أقل من أبعاد الكتله قبل التشكيل .

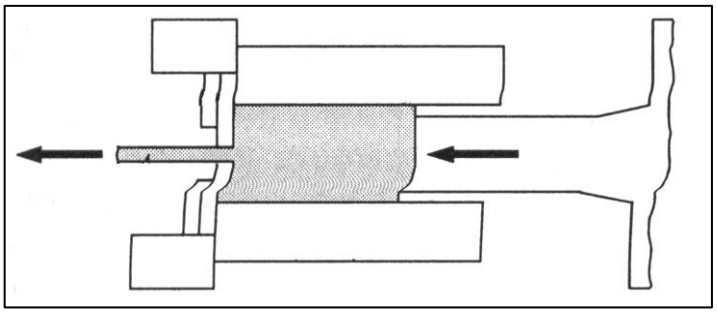
ان الاختلاف الكبير فى أنواع المعادن و السبائك التى تشكل بالبثق وكذلك فى أنواع وأبعاد المنتجات يتطلب وجود ماكينات وأدوات يمكن بواسطتها فى حدود واسعة التحكم فى ظروف التشكيل (السرعة - قوة البثق - وغير ذلك) ، وقد حظت على أوسع انتشار المكابس التى تدار بوسيله هيدروليكيه ، وهذا النوع من الماكينات يتسم ببساطة التصميم وبالقدره على اعطاء قوى كبيرة فى نفس الوقت ، و التشكيل بالبثق يستخدم لانتاج قضبان يتراوح قطرها فى حدود من 250_{mm} - 3 ، ومواسير قطرها $_{mm}$ 400 – 20 ، وسمك جدرانها 12 – 1.5 $_{mm}$ ، وقطاعات مصمته ذات عدة قنوات معقدة الشكل ذات أضلع خارجيه و داخليه ، و قطاعات مختلفة ذات مقطع ثابت او متغير على امتداد الطول (سواء تغير سلس او تغير متدرج).

وتصمم المكابس الهيدروليكيه التى يتحرك فيها قرص الكبس و القضيب الجارى تشكيله فى الاتجاه الافقى بقوة بثق قويه جدا تتراوح أقصى قيمه لها بين $_{ton}$ 60000 - 600 او أكثر ، أما المكابس التى يتحرك قرص الكبس فيها فى الاتجاة الراسى فيتم تصميمها بحيث تتراوح أقصى قيمه للبثق فيها تكون فى حدود $_{ton}$ 1000 – 300 ، وتعد المكابس الافقيه التى تقدر قوة البثق فيها بالقيم 1000 - 1500 - 2500 - 3500 - $_{ton}$ 5000 أكثر المكابس انتشارا .

وقد وجد فى كثير من الاحيان أن القطاعات المشكله بالبثق والتى تعد منها أجزاء الماكينات و المنشآت الحامله وغير ذلك ؛ تكون أكثر ملائمه من وجهة النظر الاقتصاديه بالمقارنه بالقطاعات المنتجه بالدرفله او الطرق فى اسطمبات او السباكه مع اجراء معاملات ميكانيكيه تاليه (بالتشكيل بالقطع) ، هذا فضلا عن أن التشكيل بالبثق يساعد على الحصول على منتجات ذات أشكال معقدة للغايه ، الامر الذى لا يمكن تحقيقه بالطرق الاخرى للتشكيل اللدن ، وتنقسم عملية التشكيل بالبثق الى الآتى :

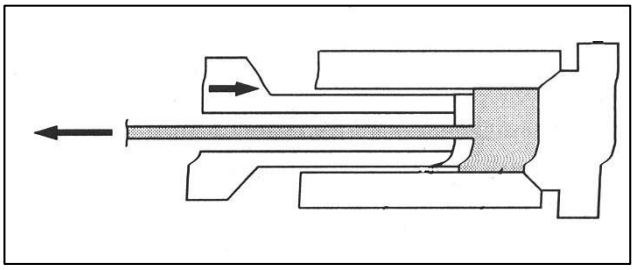
١- التشكيل بالبثق المباشر : Direct extrusion

ويتم فى هذه الطريقه من التشكيل بضغط هيدروليكى على الخامه الموضوعه فى اسطوانة التشكيل بحيث تخرج الخامه من فتحه (اسطمبة التشكيل) فى نهاية الاسطوانه لتخرج بشكل ذو مقطع تحدده اجباريا شكل الاسطمبه ، كما هو واضح بالشكل .



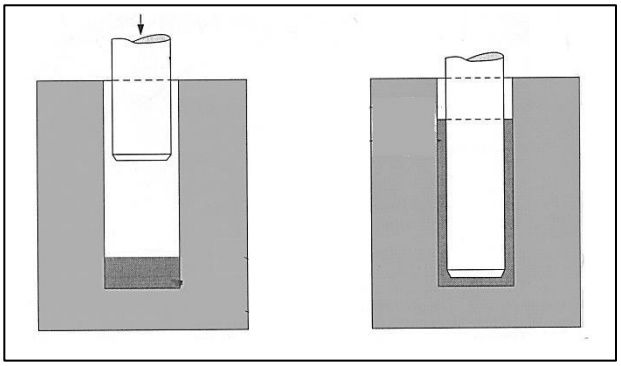
٢- التشكيل بالبثق الغير مباشر : Indirect extrusion

فى هذا النوع من تقنية التشكيل بالبثق تتم نفس الخطوات السابقه ، ولكن الاسطمبه هى المثبته على راس الكباس لتضغط على الخامه المحبوسه داخل اسطوانة التشكيل ليخرج شكل المقطع الجديد للخامه عكس اتجاه الضغط كما هو واضح بالشكل.



٣- التشكيل بالبثق الصادم : Impact extrusion

فى هذا النوع يتم صدم مفاجىء لعمود اسطوانى فى قلب اسطوانة التشكيل على الماده الخام لتأخذ الماده الخام الشكل الاسطوانى ذو تخانة الفرق بين القطرالخارجى للعمود الصادم و القطر الداخلى لاسطوانة التشكيل ؛ كما هو واضح بالشكل.



وتوضح المعادله الرئيسيه التاليه لعملية التشكيل بالبثق الصيغه المعياريه التى تربط بين العوامل الثلاثه الرئيسيه المؤثره فى التقنيه الانتاجيه وهى كالاتى :

$$P = 0.262\ F\ (A_r)^{0.787}\ (2\alpha)^{0.375}$$

حيث :

(P) الضغط المطلوب فى ماكينة التشكيل بالبثق بوحدة N / mm^2

(F) وهى قيمة متانة الخضوع للمادة المشكله بالبثق .

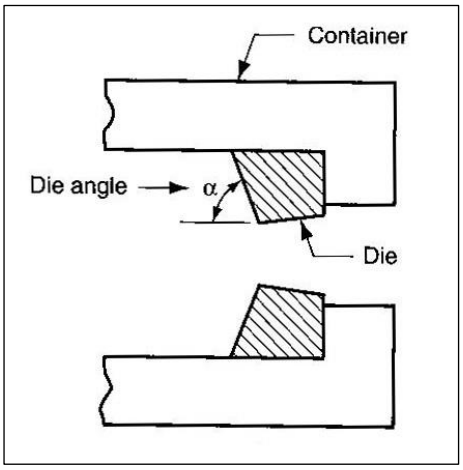
(A_r) نسبة الاختزال فى مساحة مقطع الماده قبل و بعد التشكيل وهى كالاتى :

$$A_r = A_1 - A_2 / A_1 \times 100$$

(A_1) مساحة المقطع قبل التشكيل .

(A_2) مساحة المقطع بعد التشكيل .

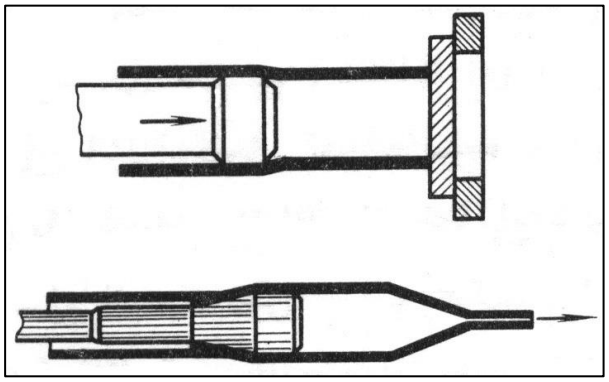
(α) وهى زاوية الانحدار داخل اسطمبة التشكيل الواضحه بالشكل الاتى :



اجابة السؤال الرابع :

ينتشر تشكيل المعادن بالسحب فى الصناعات المعدنيه وبناء الماكينات ، وهذا النوع من التشكيل يتلخص فى سحب قضيب خلال فتحه تكون أبعادها من جهة الخروج أقل من المقطع الابتدائى للقضيب ، ويستخدم التشكيل بالسحب لانتاج الاسلاك التى يصل أدنى قطر لها الى 0.002_{mm} ، والقضبان المستديره وغير المستديرة المقطع التى تصل أقطارها الى 100_{mm} ، والمواسير ذات القطر غير الكبير وذات الجدران الرقيقه ، وتنقسم عمليات التشكيل بالسحب الى الاتى :

- عمليات سحب الاسلاك .
- عمليات سحب المواسير .

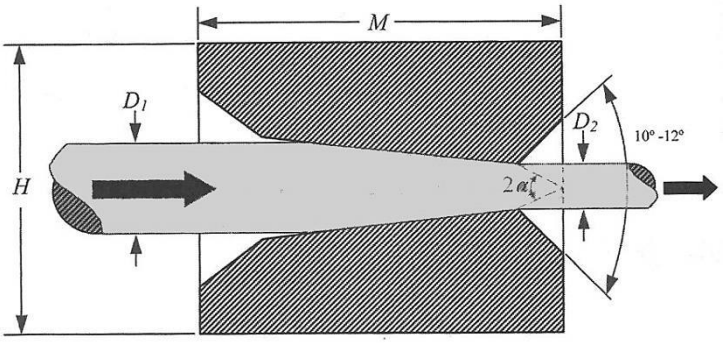


عملية سحب وتوسيع المواسير

ويمكن تعريض أنواع الصلب المختلفه والسبائك الرقيقه وكذلك جميع المعادن غير الحديدية مثل (الذهب - الفضه - النحاس - الالمونيوم وغيرها) وسبائكها الى التشكيل بالسحب ، وتتميزالمنتجات المشكله بالطرق أو الدرفله بالدقه العاليه لابعاد المقطع العرضى وبارتفاع جودة الاسطح ، واذا كان الغرض الاساسى للتشكيل بالسحب هو اكساب المنتج دقه الابعاد وجودة السطح فان هذا النوع من التشكيل يسمى بضبط الأبعاد .

وتجرى عمليات السحب على البارد او الساخن حسب الخواص الميكانيكيه للمعدن المسحوب ، حيث تحتاج بعض المعادن الى رفع درجة حرارتها لاكسابها خواص الليونه اللازمه للتشكيل ، وفى الغالبيه العظمى من الحالات تجرى عملية التشكيل بالسحب فى درجة حرارة الغرفه عندما يؤدى التشكيل اللدن الى التصلد ، ويستغل هذا الامر لزيادة بعض الخواص الميكانيكيه للمعدن ؛ مثل زيادة حد المتانه بمقدار يصل الى 2 - 2.5 مره .

وتوجد عدة عوامل ترتبط وتؤثر على عملية التشكيل بالسحب ، من أهم هذه العوامل (خواص المعدن – قدرة ماكينة السحب – طبيعة الشكل الهندسى) وتلك العوامل الثلاثه تكوين لمعادله معياريه لتقييم عملية التشكيل بالسحب ، حيث يدرس التصميم من خلالها طبيعة الشكل الهندسى ومدى قابليته للتشكيل بقدرة ماكينة السحب فى ضوء الخواص الميكانيكيه للمعدن الذى تم اختياره او عدد من المعادن او السبائك يتم المفاضله بينهما ، ويوضح الشكل الاتى رموز لابعاد الشكل و المعادله كالآتى :



$$\sigma = Y \left[1 + \frac{\tan \alpha}{\mu} \right] \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{\mu \cot \alpha} \right]$$

حيث :

(σ) إجهاد السحب بوحدة N/mm^2.

(Y) إجهاد الخضوع N/mm^2.

(α) زاوية نصف القالب .

(μ) معامل الاحتكاك ويعرف من الجداول الثابته لاحتكاك معدنين .

(A_2) المساحه بعد السحب بوحدة mm^2.

(A_1) المساحه قبل السحب بوحدة mm^2.

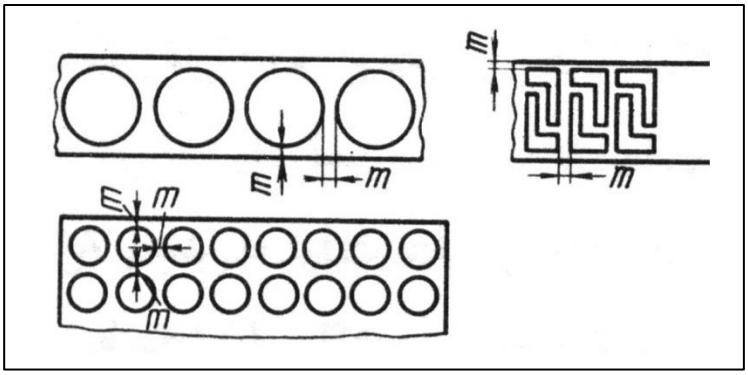
اجابة السؤال الخامس :

١- عملية القص فى الاسطمبات :

وتستخدم للحصول على كتل اعداديه من الالواح او الشرائط ، او لفصل جزء من الكتلة الاعداديه عن جزء آخر ، و تنتمى الى عملية القطع التى تتم فى خطوط مغلقه او غير مغلقه العمليات التاليه : عمليات فصل او القص - عمليات القص الجزئى - عمليات قص الزوائد (الرايش) - عمليات الثقب ، وتتم تلك العمليات بتعريض الالواح او الشرائط المعدنيه لقوة ضغط بين فكى اسطمبه (اسطمبه مكونه من نصفين) ، حيث قوة الضغط تقوم بعمليات القطع و الثقب ، وتتم عملية التغذيه بالالواح او الشرائط اما يدويه او اتوماتيكيه ، حيث كل خطوة تغذيه تقوم الاسطمبه بكبس اللوح او الشريط لاحداث القص او الثقب فيه .

وتصنع الاسطمبات من الصلب عالى الكربون و المقسى حراريا ؛ حيث لا تتأثر بعمليات الثقب بسهوله ؛ ويكون عمرها الافتراضى طويل الامد ، وتثبت الاسطمبه فى ماكينة كبس اتوماتيكيه (كهروميكانيكيه) بها صندوق تروس لاحدث عزم ميكانيكى للتشكيل فى الخامات الصلبه ، اونظام عمل الماكينه يكون هيدروليكى .

وفى كثير من الاحيان تعد الملايين من الاجزاء ذات نمط واحد بطريقة تشكيل الالواح فى اسطمبات ، لهذا يجب عند قطع الاشكال الهندسيه (أجزاء عملية القص) تكون كمية المعدن غير المستغل بعد القص أقل ما يمكن ، لهذا يجب بقدر الامكان تقليل الفاصل (M) الواضح بالشكل التالى الذى يعتمد مقدارة على سمك وأبعاد وشكل اللوح الاعدادى ، فعلى سبيل المثال يجب الا يقل عرض الفاصل (M) عن 1.5_{mm} اذا كان سمك اللوح 0.2_{mm} ، أما اذا كان سمك اللوح 4_{mm} فيجب الا يقل عرض الفاصل عن 1.3_{mm} ، و اذا كان مقدارالفاصل صغيرا للغايه فمن الممكن أن يتمزق الفاصل أثناء القص .



فى اطار ثلاثة أركان رئيسيه تحيط بعملية القطع كمعيار يفسر عوامل مؤثره فى عملية القطع ؛ فنجد خواص الخامه المعدنيه للقطع ، وقياسات الشكل الهندسى ، و قوة آلة التشكيل بالضغط ؛ ثلاثة أركان بينهم علاقه معادلتيه تقيم بها عملية القطع فى الانتاج ، ويؤخذ عليهم القرار فى تصميم الشكل الهندسى المقرر انتاجه بتلك العمليه الانتاجيه ، حيث يمكن حساب أقصى قوة قص (F_{Max}) والتى تمثل معيارا ذو أهميه كبيرة ما بين التصميم و الانتاج ، فتعتمد القوة المطلوبه للقطع على الأركان الثلاثه التى ذكرناها كالآتى :

$$F_{Max} = t \times A \times \sigma_s$$

حيث :

(t) تخانة الخامه .

(A) محيط شكل القطع .

(σ_s) أقصى قوة قص للخامه.

فى حالة الصلب المنخفض الكربون المعالج أقصى اجهاد قص تقريبا (75%) عن أقصى اجهاد شد (σ_{ult}) ، لذلك تصبح المعادله السابقه كالآتى :

$$F_{Max} = t \times A \times 0.75\ \sigma_{ult}$$

عند قطع أثقاب بقطر (D) فان محيط شكل القطع يساوى (πD) ، وعند تطبيق المعادله الخاصه بالصلب المنخفض الكربون تكون كالاتى :

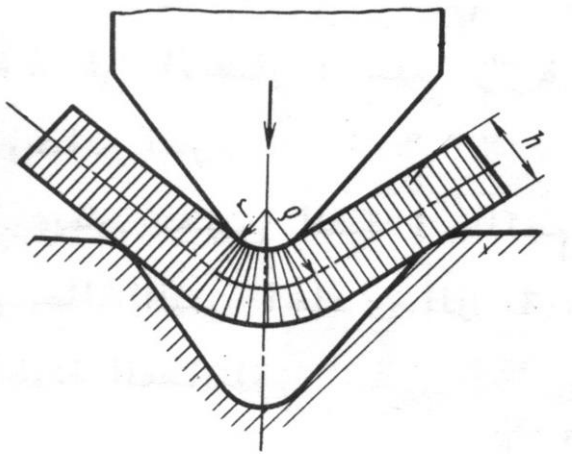
$$F_{Max} = t\ \pi\ D \times 0.75\ \sigma_{ult} = 2.4\ t \times D \times \sigma_{ult}$$

فى هذه الحالة نحصل على (F_{Max}) ، ومن هنا يتم تحديد قوة الضغط المطلوبه فى ماكينة القطع ، و عملية القص فى القالب عند التأثير بقوة دفع على العضو الثاقب (Puncher) ، حيث يحدث القطع للمعدن و يحدث انزلاق للقطعه المقطوعه الى أسفل نتيجة وجود زاوية تحرير للجزء المقطوع (Relief) ، فى حالة وجود شطف او ميل فى العضو الثاقب بالقالب يحدث ذلك سطح حاد بالثاقب يسهل عملية الاختراق لسطح المعدن المراد ثقبه ، كما يوجد على يمين الثاقب بالشكل مسافة خلوص (Clearance) وذلك لاحداث مسافه بين الثاقب فى حالة اختراقه لتخانة المعدن المراد ثقبه وجسم اسطمبة القطع .

وتصنع الاسطمبة من الصلب المقسى عالى الكربون ، وكلما كانت الخامات المراد قطعها بالاسطمبه عالية اللدونه كلما كان العمر الافتراضى للاسطمبه طويلا و العمر الافتراضى لمكونات ماكينة الضغط ايضا طويلا مما يحقق كفاءه فى الانتاج .

٢- عملية الثنى فى الاسطمبات :

عملية ثنى الالواح من ضمن عمليات تغيير الشكل الاكثر انتشارا ، و يتسع استخدام الثنى بواسطة الاسطمبات عند اعداد مختلف أنواع الاشكال الهندسيه للمنتجات ، و تبعا لشكل الجزء الجارى انتاجه يمكن أن تكون عملية الثنى أحاديه او ثنائيه او عديدة الزوايا ، وفى أثناء عملية الثنى يحدث شد بالطبقات الخارجيه للخامه المعدنيه الجارى ثنيها و ضغط بالطبقات الداخليه للخامه ، كما هو واضح بالشكل التالى ، مع العلم بأن الضغط النسبى للطبقات الداخليه و الشد النسبى للطبقات الخارجيه يزيد كلما قل نصف قطر الثنى .



لهذا فان أدنى قيمه لنصف قطر الثنى يتم اختيارها على أساس شروط لا تسمح بانهيار الطبقات الخارجيه المشدوده للكتله الاعداديه ، و عادة يتم اختيار أدنى قيمه لنصف القطر الداخلى للثنى تبعا للدونة المعدن مع الاسترشاد بالمعادله التى تمثل معيارا هاما للتقدير أثناء التصميم كالاتى :

$$r_{min} = (0.25 – 2.5) h$$

حيث :

(h) سمك اللـوح بوحدة mm .

أثناء ثنى المعادن على البارد تحدث انفعالات مرنه و لدنه بالقرب من زوايا الثنى ، و تؤدى مرونة المعدن الى تغير زاوية ثنى الكتله الاعداديه بمقدار يعادل زاوية الارتداد المرن (زاويه زنبركيه) التى تساوى حوالى (6° – 12°) عند ثنى الصلب المتوسط الكربون بمقدار (90°) .

أما عند ثنى الالومنيوم او الصلب القليل الكربون (الطرى) و النحاس الاصفر اللدن فان زاوية الارتداد تساوى (2° –6°)عند الثنى بمقدار (90°) ، لهذا فعند تصميم اسطمبات الثنى يجب دائما أن نأخذ فى الاعتبار تصحيح زاوية الثنى بمقدار يعادل زاوية الارتداد المرن ، ويمكن تعيين القوة المؤثره على آداة التشكيل فى حالة الثنى أحادى الزوايه بدقه كافيه للحسابات العمليه بواسطة المعادله :

$$P = 0.7 \frac{Bh^2 . \sigma_b}{r + h}$$

حيث :

(B) عرض الكتلة الاعداديه الجارى ثنيها بوحدة mm .

(σ_b) حد متانة مادة الكتله الاعداديه .

(r) نصف قطر الثنى بوحدة mm .

(h) سمك الكتله الاعداديه بوحدة mm .

نجد فى هذه المعادله المعياريه ان طبيعة الشكل الهندسى ممثله فى ثلاثة عناصر فى تلك المعادله وهى (عرض الكتله الاعداديه – نصف قطر الثنى – سمك المعدن) ، حيث اختيار وتحديد هذه العناصر فى التصميم يؤدى الى تحديد قوة الضغط المطلوبه فى ماكينه الثنى ، كما ان الخواص الميكانيكيه للمعدن المراد ثنيه ممثله فى حد المتانه (Toughness) تقود الى تحديد قوة الآله .