دراسة مراحل تصميم قالب قطع مرحلي

رضا علوان احمد
ماجستير هندسة ميكانيكية
كلية الهندسة
الجامعة المستنصرية

الخلاصة :

يقدم هذا البحث دراسة مراحل عملية تصميم قالب قطع مرحلي حيث تم دراسة العوامل المتعلقة بتصميم القالب التي تسبق عملية التصميم الفعلي للقالب ومن ثم دراسة تصميم الأجزاء الرئيسية في القالب بصورة متسلسلة وبالاعتماد على شكل المنتج حيث تم استخدام نموذج محدد واستثمرت نتائج هذه الدراسة لتصميم قالب قطع مرحلي متكامل لهذا النموذج بعد إجراء جميع الحسابات المطلوبة له لإعطاء صورة واضحة عن التفاصيل الدقيقة لمراحل التصميم.

تهدف هذه الدراسة إلى توفير معلومات محددة لمراحل عملية تصميم قالب قطع مرحلي بالاعتماد وبشكل أساسي على هندسية المنتج (الشكل والأبعاد) وبالتالي بتوفير بيانات لتصميم كل جزء من أجزاء القالب للوصول إلى تصميم لمجمع قالب متكامل.

Abstract

This work represents a technical process for progressive cutting die design. The object is to study fully the parameters affecting die design process which follows the actual die design. Also main design parts have been studied in sequences depending upon product pattern. A theoretical model has been chosen and has been utilized for this work so a complete details for progressive cutting die design stages can be clarified.

The object of this work to achieve a limited information for progressive cutting die design stages. This will be accomplished using geometrical product (shape and dimensions). In addition it will lead quickly and easily for more information for designing each part of the die, and eventually obtaining a fully assembly of die.

قـائـمـة بالـرمـوز الـمستعملـة

الـرمـز	تـعـريـفــة	وحدة القياس
A	المساحة	mm^2
A1	المسافة بين مراكز ثقوب في لوحة القالب	mm
B	عرض لوحة القالب, المسافة بين جزء وأخر في الشريط المعدني	mm
b	عرض فتحة القطع	mm
B1	سمك جدار القالب	mm
C	الخلوص	mm
D	قطر كتف عدة القطع	mm
d1	قطر محور التمركز	mm
E	معامل المرونة	Gpa
Fc	قوة القطع	kg
Fp	قوة المكبس	ton
a1	المسافة من حافة الجزء المقطوع إلى حافة الشريط المعدني	mm
H	ارتفاع لوحة القالب,عرض الشكل المقطوع	mm
L	طول	mm
a	طول فتحة القطع ,ثابت لتحديد الخلوص	mm
A_p	مساحة الشكل المقطوع	mm^2
r	نصف القطر	mm
P	الخطوة	mm
t	سمك المعدن المقطوع	mm
ζ	نسبة الاستفادة من الشريحة المعدنية	
W	عرض الشريط المستخدم في القطع	mm
Xcc	ألإحداثي السيني لمركز الضغط	mm
Ycc	ألإحداثي الصادي لمركز الضغط	mm
α	نصف الزاوية المقابلة للقوس	Degree
θ	الزاوية المقابلة للقوس	Degree
σc	إجهاد الانضغاط	$Kg\backslash mm^2$
τ	إجهاد القص للمعدن المقطوع	$Kg\backslash mm^2$

قائمة بالتسميات المستعملة

التسمية باللغة الإنكليزية	التسمية المستخدمة في البحث
Blanking punch	عدة قطع الشكل الهندسي
Die Plate	لوحة القالب
Lower plate	اللوحة السفلى
Pressure plate	لوحة الضغط
Punch holder	حامل عدة القطع
Punching tool	عدة التثقيب
Stripper plate	لوحة النزع
Upper plate	اللوحة العليا

المقدمة :

تعد عملية القطع باستخدام القوالب من عمليات تشكيل المعادن الواسعة والمهمة حيث يتعرض محيط القطعة إلى اجهادات قصية وفقا لشكل عدة القطع (punch) ولوحة القالب (die plate).

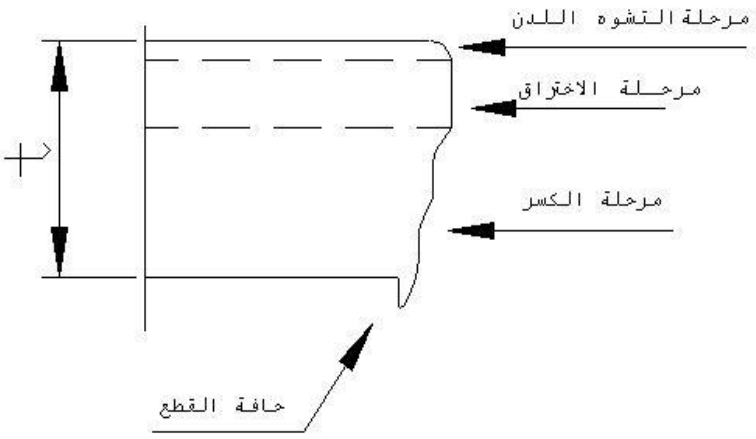
إن تصميم القوالب المرحلية هي عملية معقدة وتتطلب تخصص عالي,وتكون الخبرة البشرية مطلوبة للوصول إلى التصميم النهائي.[1]

إن الهدف من استخدام القالب المرحلي هو الحصول منتج نهائي لا يحتاج إلى قوالب أخرى وذلك لان هذا النوع من القوالب يقوم بانجاز أكثر من عملية لاحتوائه على أكثر من مرحلة يتعرض لها الشريط المعدني المستخدم عن طريق تحريكه داخل القالب يدويا أو أوتوماتيكيا, ويمكن للقوالب المرحلية انجاز عمليات داخل القالب متشابهه من حيث النوع (أما قطع أو حني أو سحب أو تشكيل) أو مختلفة النوع بحيث تكون خليط من نوعين أو أكثر من تلك العمليات.

لغرض التعرف على المسلك التكنولوجي لتصميم قالب قطع مرحلي لابد من التعرف على تصميم العناصر الهيكلية للقالب لغرض التوصل إلى تصميم قالب قطع مرحلي وبالاعتماد على لنموذج تطبيقي. أن عملية التصميم المتكامل للقالب تتكون من عدة مراحل متسلسلة تعتمد جميعها على شكل المنتج .

1-1 أساسيات عملية القطع باستخدام القوالب :

- بالنظر لكون عملية القطع في القالب تتآلف من ثلاث مراحل وهي مرحلة التشوه اللدن (plastic deformation)بعد ملامسة عدة القطع للمعدن الخاضع للقطع,ثم تليها مرحلة الاختراق (penetration)عند دخول عدة القطع في المعدن, والمرحلة الأخيرة هي مرحلة الكسر (fracture)وهي مرحلة انفصال المعدن المقطوع عن المعدن الأصلي. هذه المراحل يمكن ملاحظتها في حافة المنتج المقطوع وكما موضح في الشكل رقم (1) .
- عمق منطقة الاختراق قبل حصول عملية الكسر في المعدن يختلف حسب نوع المعدن المستخدم ويتراوح مقداره بين %(40-20)من سمك المعدن المقطوع ولأغلب المواد الهندسية.[2]



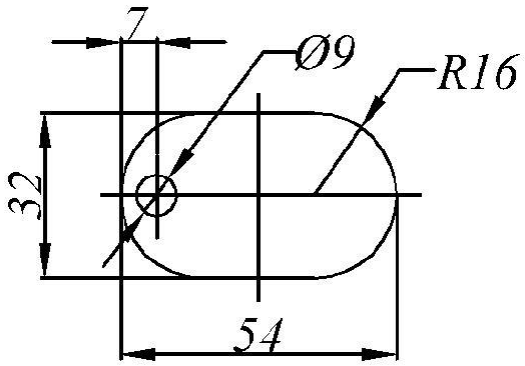
شكل رقم (1) مراحل عملية القطع على الجزء المقطوع

2-الخطوات المتعلقة بتصميم قالب القطع :

2-1 شكل المنتج :

- يعتمد تصميم قوالب القطع بشكل كبير على شكل المنتج المراد إنتاجه لذلك فان الرسم الأولي للجزء يعد الخطوة الأساسية لنظام تصميم قالب القطع.لذلك يجب توفر أحد المطلبين التاليين :
- مخطط المنتج الذي يجب أن يحتوي على كافة الأبعاد المطلوبة لرسم الشكل المراد إنتاجه و السماحات المطلوبة.
- في حالة عدم توفر مخطط المنتج يجهز النموذج المراد تصميم قالب له مع توفر معلومات كافية حول وظيفة المنتج وموقعه في المنظومة لتحديد السماحات على أبعاده.

الشكل رقم (2) يمثل نموذجا مقترح يتضمن عمليتين مختلفتين من عمليات القطع بالقوالب وهي (punching)و(blanking) لتصميم قالب قطع مرحلي لغرض التعرف التفصيلي على هذه العملية.علما إن سمك المعدن (0.5)ملم, ونوع المعدن (hard st-st) والعدد المطلوب للقطع المنتجة كبير جدا.وهذا الشكل يمكن أن يستخدم كميدالية تربط بها سلسلة أو حلقة ويمكن أن يحفر عليها أو يلصق بها اسم أو عنوان أو غير ذلك.



شكل رقم (2) النموذج المقترح لتصميم قالب القطع المرحلي

2-2 تحديد المكبس الملائم :

لغرض تحديد المكبس الملائم لإنجاز عملية القطع لابد من حساب قوة القطع أولا من المعادلة التالية : [3]

$$Fc = \tau . L . t \qquad \ldots (1)$$

تحدد قيمة (τ)باستخدام جداول إجهاد القص للمعدن المقطوع ومن معرفة نوع المعدن أو نسبة الكربون الموجودة فيه نجد أن:

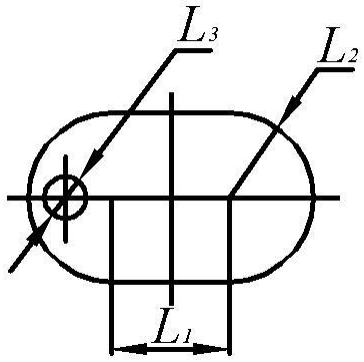
τ = 56kg/mm2

ملاحظة : تم استخدام وحدات الكتلة بدلا من وحدات القوة لتسهيل الحسابات حيث أن طاقة المكبس تقاس بالأطنان.

يتم حساب طول القطع (L)من حساب أطوال عناصر الرسم الأساسية كالخطوط المستقيمة والأقواس والدوائر وغيرها, يتم حساب طول القوس باستخدام المعادلة التالية:

$$L = \frac{\pi . r . \theta}{180} \qquad \ldots (2)$$

من ملاحظة الشكل رقم (3) يمكن حساب طول القطع:



شكل رقم (3) تقسيم الشكل إلى الأطوال الأساسية له

$$L = 2L_1 + 2L_2 + L_3$$

$$= 2*22+2(\pi*16) +(\pi*4.5)$$

L =158.7 mm

Fc = 56 * 0.5* 158.7 = 4442.7 kg

تحدد قوة الكبس باستخدام المعادلة التالية:[3]

$$Fp = \frac{Fc \times 1.25}{1000} \text{ ton}$$

$$= \frac{4442.7 \times 1.25}{1000} = 5.55 \text{ ton}$$

من ملاحظة مواصفات المكابس يتم تحديد المكبس الملائم بحيث يحقق هذه الطاقة أو أعلى منها لضمان نجاح العملية, وبهذا يكون المكبس الملائم بطاقة (16 ton) وهو عادة متوفر بكثرة في الورش الإنتاجية.

يستفاد من تحديد المكبس الملائم لإتمام عملية القطع في تحديد ما يلي:

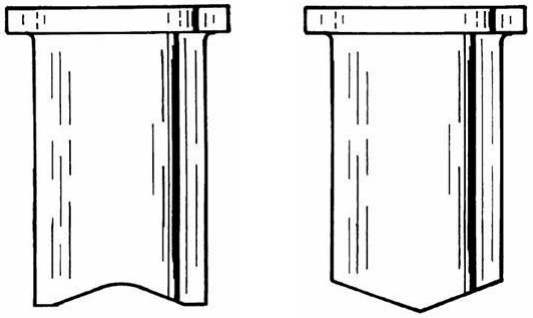
1. الارتفاع المغلق للقالب.
2. قطر حامل القالب.
3. أبعاد اللوحات العليا والسفلى وطريقة تثبيتها على المكبس.
4. طريقة إخراج المنتج المقطوع.

3-2 طرق تقليل قوة القطع المطلوبة :

تواجه مصمم القوالب احيانا حصول زيادة كبيرة في قوة القطع نتيجة لطول ميط القطع او ازدياد سمك المعدن او كلاهما معا حسب المعادلة رقم (1) مما يتطلب استخدام مكابس ذات طاقة عالية ربما لا تتوفر في بعض الورش الانتاجية 0 للتغلب على هذه المشكلة يلجا مصمم القوالب الى تغيير في شكل عدة القطع المستخدمة بحيث لا تحصل عملية القطع لمحيط الشكل في لحظة واحدة , حيث يمكن استخدام شكل الزاوية او المنحني لهذا الغرض بحيث يكون الفرق بين اعلى نقطة في الشكل واقل نقطة فيه اكبر من سمك المعدن المقطوع لتحقيق خفض في مقدار القوة المطلوبة0

الشكل رقم (4) افضل الاشكال لعدة القطع التي يمكن استخامها لتحقيق خفض في مقدار قوة القطع0

تصميم أداة القطع كما في الشكل (4a) له فائدتان أولهما يحدث توازن في توزيع الحمل بسبب القص المتناظر وثانيهما يمكن تجنب القوى الجانبية التي تنتج بسبب وجود السطح المائل على أداة القطع أما مساوئه فيحصل تمركز في الضغط عند منتصف أداة القطع فعند قطع معادن سميكة وذات متانة عالية يتولد إجهاد شد كافي بسبب شكل أداة القطع يحدث انزلاق للمعدن المعرض للقطع عن مركز الشكل (v) .

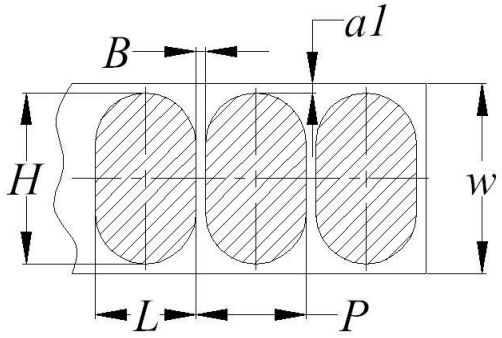


شكل رقم (4) أشكال مختلفة لعدة القطع [4]

عند استخدام أداة القطع الموضحة بالشكل (4b) يجب استخدام لوحة قالب ذات قياسات اكبر مما لو تم استخدام عدة القطع ذات السطح العدل لكي تقاوم الزيادة في القوة الجانبية المتولدة بسبب فعل ألحني النى يتعرض لـه المعدن المقطوع . [4].

4-2 ترتيب وضع الجزء في الشريحة المعدنية :

أن ترتيب الجزء موضوع البحث في الشريحة المعدنية هو ترتيب مفرد للجزء ويوضح الشكل رقم (4) ترتيب الجزء خلال الشريحة.



شكل رقم (5), ترتيب الجزء في الشريحة المعدنية

ومن اجل ضمان سير عملية القطع المتتابع للشريحة دون مشاكل فنية من جراء اختيار قيم غير مناسبة لمفردات التصميم توجد مجموعة من العلاقات العملية المعتمدة في هذا المجال والتي على ضوئها يتم ترتيب وضع الجزء خلال الشريحة وكالآتي: [5]

$$a1 = t+0.015H \quad \ldots (4)$$

$a1 = 0.5+0.015*54=1.31$ mm ≈ 1.3mm

ويمكن إيجاد قيمة (B) من الجدول رقم (1) وكما يلي:

جدول رقم (1), المسافة بين قطعة وأخرى على الشريط المعدني لقيم مختلفة لسمك الشريط المستخدم [5]

سمك الشريط المعدني t (mm)	المسافة B(mm)
$t \leq 0.8$	0.8
$0.8 < t < 3.2$	t
$t \geq 3.2$	3.2

من الشكل رقم (5):

$$P = L+B \quad \ldots (5)$$

$= 32+0.8=32.8$mm

$$W = H+2a1 \quad \ldots (6)$$

$=54+2*1.3=56.6$mm

وباستخدام مقص الصفيح المعدني يمكن الحصول على هذا القياس للشريط باستخدام شريط ذو مقاسات اكبر.

5-2 حساب كفاءة الشريط :

إن حساب كفاءة الشريط المستخدم في الإنتاج من الأمور المهمة للاستفادة القصوى من المعدن وتقليل للمعدن الفائض من الشريط مع الحفاظ على الأبعاد القياسية بين ترتيب جزء أخر وبين حافات الجزء والحافات الخارجية للشريحة.[6]

تحسب كفاءة الشريط (ζ) للمعدن بالمعادلة التالية :

(للأجزاء المتوازية الأضلاع)

$$\zeta = \frac{A_p}{A_m}.100 \quad \ldots (7)$$

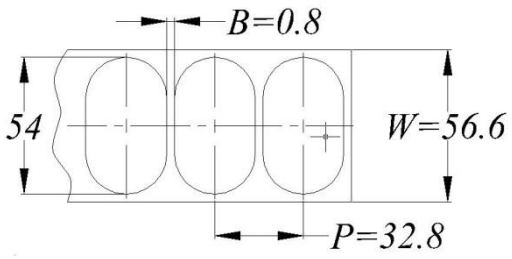
حيث أن:

A_p :مساحة المنتج mm^2

A_m : مساحة المعدن ويحدد بالمعادلة:-

$$A_m = P.\ W \qquad mm^2$$

وعليه يكون توزيع المنتج على الشريط حسب الشكل رقم (6) أدناه:



شكل رقم (6) توزيع المنتج داخل الشريط المعدني

بناءا" لما ورد أعلاه يتم حساب كفاءة الشريط للنموذج موضوع الدراسة كآلاتي :

$$\zeta = \frac{A_p}{A_m}.100$$

$$\zeta = \frac{\pi * 16^2 + 22 * 32}{56.6 * 32.8} \times 100$$

$$=81.42\%$$

وهذه النسبة جيدة جدا.

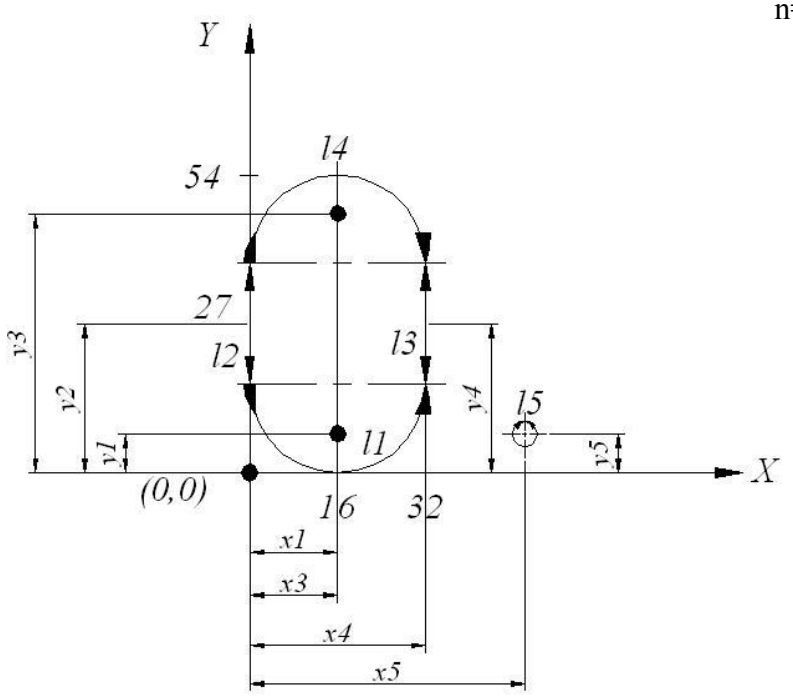
6-2 تحديد مركز الضغط Pressure Center

عند قطع أشكال غير منتظمة أو في حالة القطع على عدة مراحل يكون مجموع قوى القطع على جانبي ذراع المكبس غير متساوية ومتفاوتة بشكل كبير أحيانا" مما يؤدي إلى توليد عزم التواء (Torsion moment) على ذراع المكبس ويحدث نتيجة ذلك انحناء غير مرغوب فيه في ذراع المكبس وكذلك انحناء في موجهات القالب *Guide Column* وعليه فأن تحديد مركز الضغط يوفر لنا عزم التواء على الموجهات يساوي صفر وكذلك يضمن لنا مرور محور ذراع المكبس خلال نقطة مركز الضغط عند تثبيت القالب على المكبس ولضمان تنفيذ عملية القطع بصورة صحيحة . ويمكن حساب إحداثيات نقطة مركز الضغط وفق معادلة مركز الضغط لخطوط القطع . [7]

Xcc=(L1x1+ L2x2+ …..+ Lnxn) / (L1+L2+…..Ln) **. . . (8)**

Ycc = (L1y1+ L2y2+ …..+ Lnyn)/ (L1+L2+…..Ln) **. . . (9)**

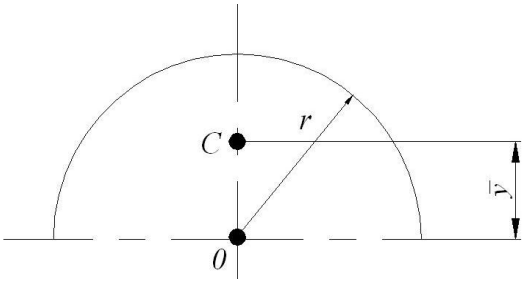
حيث n=1,2,3,…



شكل رقم (7) إحداثيات مركز الضغط للأطوال المكونة للنموذج

حيث x1 وx3 تمثلان الاحداثي السيني لمركز ثقل القوسين L1 وL4 على التوالي.

ولتحديد مركز الضغط نحدد اولا مركز الثقل لكل عنصر كما في شكل رقم (7) اما مركز الثقل للقوس كما في شكل رقم (8) ادناه :



شكل رقم (8) مركز ثقل نصف الدائرة

وفي مثل هذه الحالة فأن ألإحداثي الصادي لمركز الثقل يحدد بالمعادلة التالية:[8]

$$\bar{y} = \frac{2r}{\pi} \qquad \ldots (10)$$

ألإحداثي السيني لمركز الثقل يكون $\bar{x} = 0$

أما الخطوط المستقيمة فان مركز الثقل لها يكون مساويا" إلى منتصف المسافة للخط المستقيم.

من الشكل رقم (8) نجد:

$$y_1 = r - \bar{y} \qquad \ldots (11)$$

حيث أن:

$$y_1 = 16 - 10.2 = 5.8mm$$

$$y_3 = \bar{y} + 38$$

مما نقدم يمكن ان نجد:

$$y_3 = \frac{2*16}{\pi} + 38 = 48.2mm$$

$$Xcc = \frac{16*50+0*22+16*50+32*22+48.8*14.14}{50+22+50+22+14.14} = \frac{2994}{158.14} = 18.93 \cong 19mm$$

$$Ycc = \frac{5.8*50+27*22+48.2*50+27*22+7*14.14}{50+22+50+22+14.14} = \frac{9887}{158.14} = 25.2 \cong 25mm$$

بناءا على ذلك يتم وضع حامل القالب shank عند النقطة (19,25) والتي تحدد على اللوحة العليا Upper Plate وفق الشكل رقم (7) أعلاه .

3-تصاميم أجزاء قالب القطع:

1-3 تصميم عدة القطع (punch):

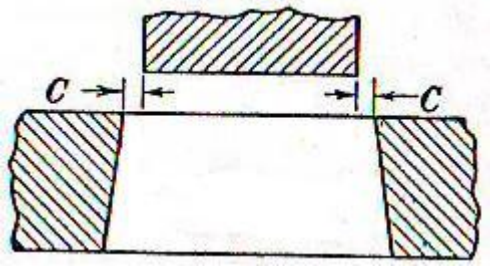
يعتمد تصميم عدة القطع لأي قالب قطع على الرسم االهندسي للجزء المراد إنتاجه ويأخذ نفس أبعاد المنتج أو إضافة خلوص معين يعتمد على سمك المعدن وكما يلي:[9]

1. إذا كان المطلوب إحداث ثقب في الشريط تصنع عدة القطع حسب أبعاد المنتج المطلوب تماما ويضاف الخلوص على أبعاد لوحة القالب (die plate).
2. إذا كان المطلوب قطع شكل هندسي من الشريط فيطرح الخلوص من أبعاد عدة القطع وتصنع لوحة القالب حسب أبعاد المنتج المطلوب تماما.

يمكن تحديد مقدار الخلوص بين عدة القطع ولوحة القالب لجهة قطع واحدة بالاعتماد على نوع المعدن وسمك المعدن المقطوع وكما في الشكل رقم (9) من العلاقة التالية:[10]

$$C = a * t \qquad \ldots (12)$$

حيث (a) ثابت يمكن إيجاده من الجدول رقم (2).



شكل رقم (9) الخلوص بين عدة القطع ولوحة القالب [10]

جدول رقم (2):الثابت a لأنواع مختلفة من المعادن [8]

نوع المعدن	a
سبائك ألمنيوم مراجعة حراريا 5052S:,1100S	0.045
سبائك ألمنيوم, براص, الكل مراجع حراريا:6061ST, 2024ST صلب طري مدرفل على البارد, صلب طري مقاوم للصدأ.	0.060
صلب مد رفل على البارد نصف صلد, صلب مقاوم للصدأ نصف صلد وصلد	0.075

مقدار الخلوص بين عدة القطع وفتحة القطع يؤثر على مقدار قوة القطع اللازمة لإتمام العملية بالإضافة إلى نوعية المنتج النهائي من حيث دقة الأبعاد الناتجة, يمكن الحصول على اقل قوة قطع لإتمام العملية وأفضل نوعية منتج من حيث دقة الأبعاد المتحققة عندما يكون مقدار الخلوص (0.12) من سمك المعدن المقطوع. [11]بينما يستخدم خلوص مقداره (0.02) من سمك المعدن المقطوع في عمليات القطع الدقيق مثل عملية (fine blanking) وعملية (shaving).[8]

بناءا على ذلك يكون مقدار الخلوص الواجب استخدامه بين عدة القطع ولوحة القالب لجهة قطع واحدة وأن المعدن المستخدم في القطع صلب مقاوم للصدأ:

C = 0.075*0.5 =0.0375mm

يتم حساب الارتفاع المسموح به لعدة القطع باستخدام المعادلة التالية:[12]

$$L_{max} = \pi .d / 8 \sqrt{(E.d / \tau . t)} \quad \ldots (13)$$

علما إن معامل المرونة للسبيكة المقطوعة (St-St) هو:

E = 210Gpa

إذن أقصى طول لعدة القطع للنموذج موضوع الدراسة يكون:

$$L_{max} = \pi * 4.5 /8 \sqrt{(2.1* 10^4 *4.5 / 56*.05)} =102.7 \text{ mm}$$

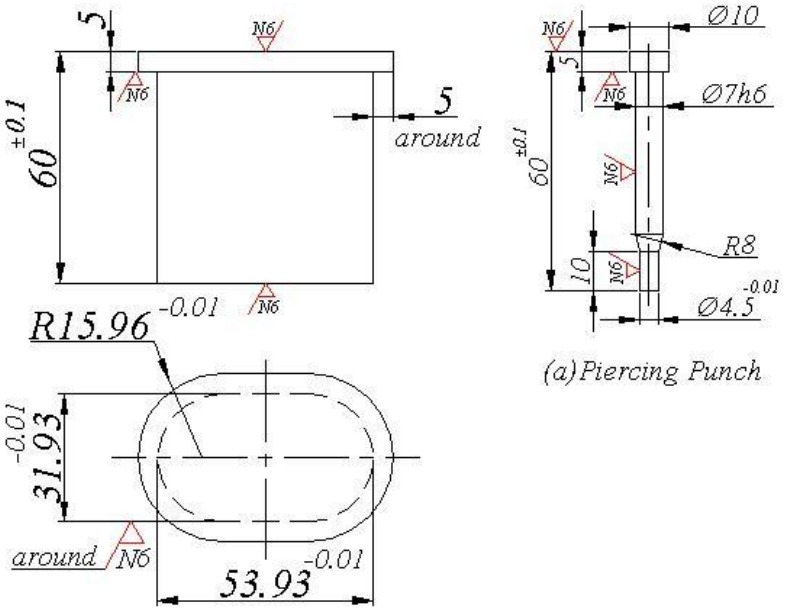
يفضل دائما في التصميمات الهندسية عدم استخدام الحالة القصوى لإعطاء عمر أطول في الاستخدام لأي جزء وبذلك يحدد الطول اقل مما تم حسابه ونختار (60)ملم كطول لعدة القطع بحيث يفي بالغرض, علما إن هذه الحسابات تجرى على عدة القطع ذات المقطع الأقل في حالة وجود أكثر من عدة قطع في القالب لإعطاء عامل أمان اكبر لجميع عدد القطع الموجودة.

توجد عدة طرق لتثبيت عدة القطع بحامل العدة ومن هذه الطرق استخدام عدة القطع ذات الكتف (shoulder punch), وتكون عادة أبعاد الكتف اكبر من أبعاد مقطع العدة ب(5)ملم ويكون سمك الكتف بحدود (5-6)ملم.

ويجب وضع دقة تصنيع على أبعاد عدة القطع (Punch)وفتحات القطع (Die plate)وعدم تركها كأبعاد حرة بدون تسامح (Tolerance)ويكون التسامح كما يلي:-

- البعد الخارجي (- 0.02) – (- 0.01)
- البعد الداخلي (+ 0.02) – (+ 0.01)

بناءا على ما ورد في أعلاه يكون تصميم عدتي القطع للنموذج موضوع الدراسة كما يلي:



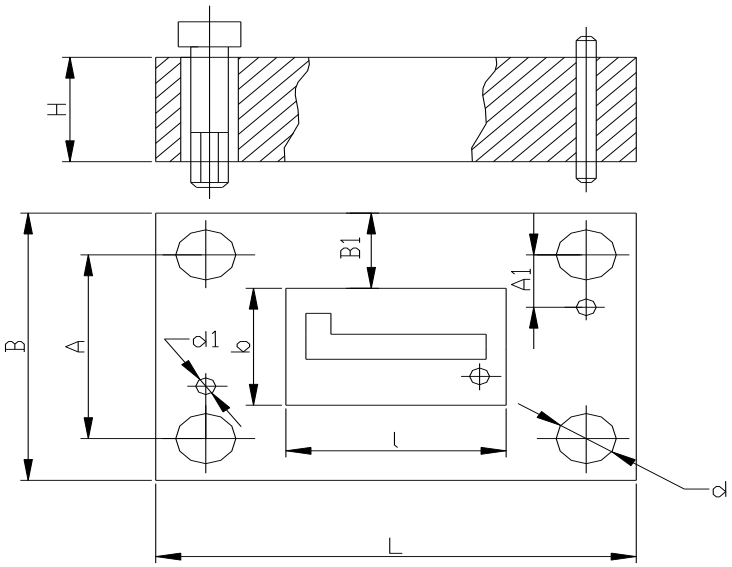
(a)Piercing Punch

(b)cutting Punch

شكل رقم (10)تصميم عدتي القطع

2-3 تصميم لوحة القالب (Die Plate):

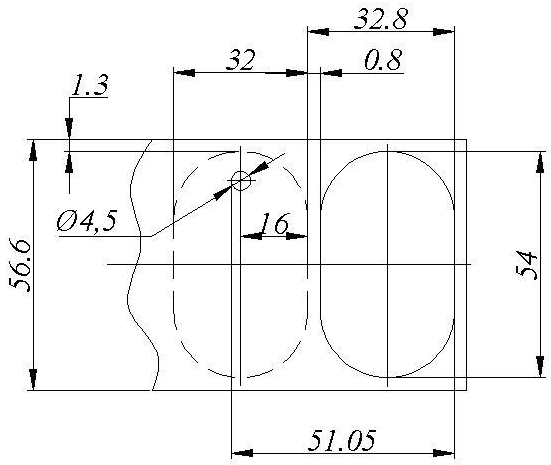
بشكل عام تكون فتحة لوحة القالب ذات شكل مطابق تماما لشكل الجزء المراد إنتاجه من خلال قوالب القطع لمرحلة واحدة أو المرحلة النهائية في القوالب المرحلية.الشكل رقم (11) يوضح الأبعاد الرئيسية في القطعة,لغرض الحساب التفصيلي لأبعاد لوحة القالب نتبع الخطوات التالية:



شكل رقم (11),الأبعاد الرئيسية للوحة القالب

- أبعاد حافات القطع (l*b):

يمكن إيجاد أبعاد حافات القطع من معرفة الأبعاد الخارجية للمنتج المطلوب مباشرة إذا كان بالإمكان إنتاجه خلال مرحلة واحدة أما في حالة إنتاجه بعدة مراحل فيجب حساب طول القطع لوجود أكثر من مرحلة يتم فيها القطع ولتوضيح ذلك يتم رسم مراحل القطع كما موضح في الشكل رقم (12) بالنسبة للنموذج موضوع الدراسة.



شكل رقم (12),مراحل عملية القطع في القالب

من الشكل رقم (12) نجد:

$1 \approx 54mm$

$b = 51.05\ mm$

يمكن حساب ارتفاع لوحة القالب باستخدام المعادلة التالية:[3]

$$H=7+t+k\sqrt{(l+b)} \quad \ldots (14)$$

حيث (k)ثابت يمكن حسابه من الجدول رقم (3) وكما يلي:

جدول رقم (3):مقدار(k) بالنسبة الى (t)[3]

t Kg/mm2	K
80	1.3
40	1
25	0.8
12	0.6

إذن ارتفاع لوحة القالب للنموذج موضوع الدراسة يكون:

$H= 7+0.5+1.3\sqrt{(54+51.05)}$

$=20.8\ mm$

يتم دائما إضافة عامل أمان للحسابات الناتجة وحسب تقدير المصمم لضمان كفاءة التصميم ومحاولة تحقيق الارتفاع المغلق للقالب وبذلك نحدد:

$H=26\ mm$

المسافة B1 :

وهي المسافة من حافة القطع الى الحافة الخارجية للوحة القالب **Die Plate** ومنها يمكن تحديد طول وعرض لوحة القالب وتؤخذ مساوية الى سمك لوحة القالب تقريبا":[3]

$$B1 \approx H \quad \ldots (15)$$

$\approx 26\ mm$

الأبعاد الخارجية للوحة القالب :

يمكن تحديد الأبعاد الخارجية للوحة القالب بإضافة المسافة(B1) الى الأبعاد الأساسية لفتحة القطع وكما يلي:

$$L=l+2B1 \quad \ldots (16)$$

$=54+2*26$

$=106mm$

$\approx 110\ mm$

$$B=b+2B1 \quad \ldots (17)$$

$= 51.05+2*26$

$=103.05mm$

$\approx 110\ mm$

أقطار لوالب الربط d:

يتم تحديد قطر وعدد اللوالب المستخدمة لربط لوحة القالب مع اللوحة السفلية **Lower Plate** حسب المواصفة التالية:[3]

جدول رقم (4): عدد وحجم اللوالب بالنسبة إلى أبعاد لوحة القالب[3]

m	L x B	QTY
6	To 80 x 60	4
8	(80 x 60) – (120 x 100)	4
10	(120 x 140) – (170 x 140)	4
12	(170 x 140) – (300 x 200)	6
16	(300 x 200) – (600 x 300)	6

لذلك يكون عدد اللوالب المطلوبة (4) بقياس (M10) أي d=10.

أقطار محاور التمركز (d1) :

يمكن إيجاد أقطار محاور التمركز المطلوبة باستخدام العلاقة التالية:[3]

$$d1 = d - (1 \text{ or } 2) \quad \ldots (18)$$

$$= 10-2 = 8 \text{ mm}$$

المسافة A1 :

هي أدنى مسافة بين مركز اللولب ومحور التمركز وتحسب باستخدام العلاقة التالية:[3]

$$A1 = 0.8\,d + (d+d1)/2 \quad \ldots (19)$$

$$= 0.8*10 + (10+8)/2$$

$$= 17 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

المسافة B – A / 2 :

هي أدنى مسافة ممكنة من مركز لولب الربط والحافة الخارجية لوحة القالب وتحسب باستخدام إحدى المعادلتين التاليتين:[3]

$(B - A)/ 2 = 1.2\,d$ عند $d \leq 8$ ... (20)

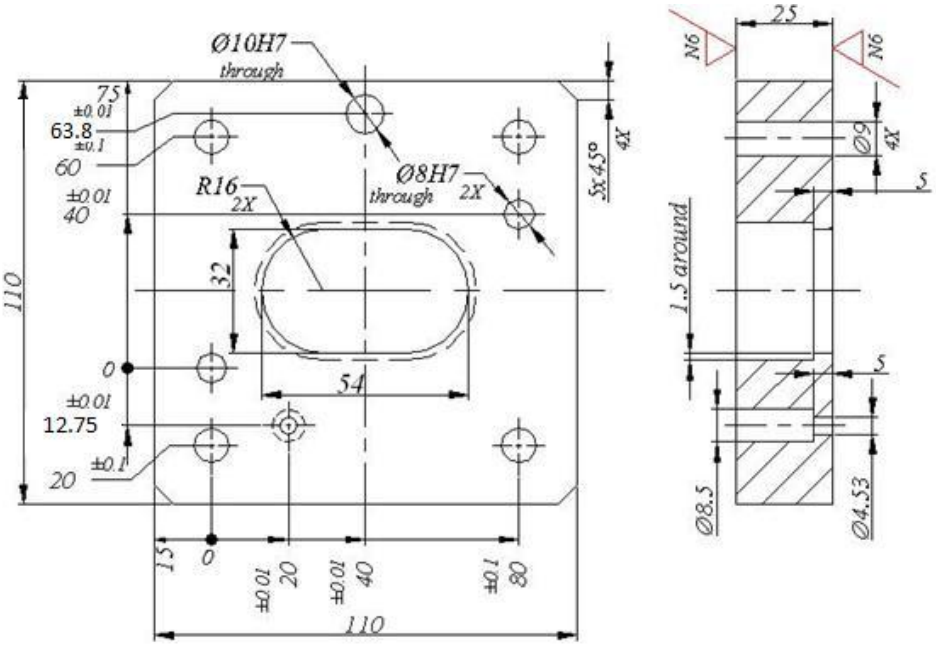
$(B - A)/ 2 = 1.4\,d$ عند $d > 8$ ... (21)

المعادلة رقم (21) هي التي تنطبق على الحالة الموجودة لذلك:

$$(B - A)/ 2 = 1.4*10$$

$$= 14 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

بناءا على ما ورد في أعلاه يكون تصميم لوحة القالب للنموذج موضوع الدراسة كما في الشكل التالي:

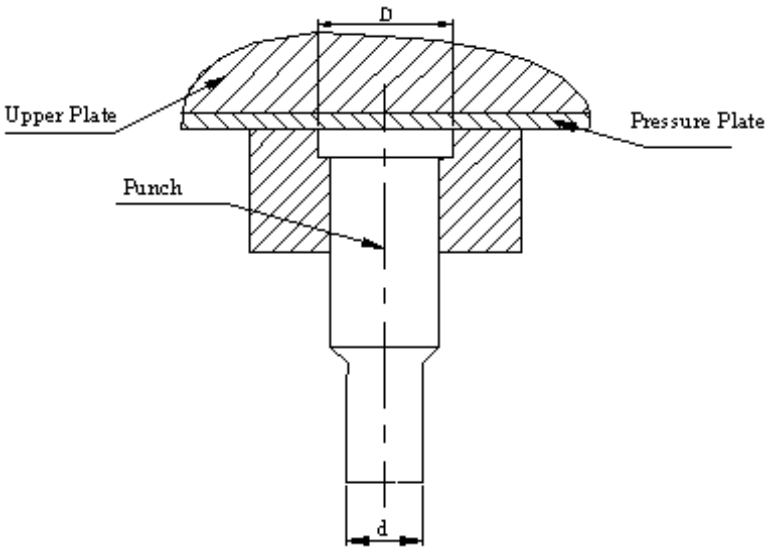


شكل رقم (13) تصميم لوحة القالب

3-3 لوحة الضغط (pressure plate):

تستخدم لوحة الضغط الصلدة لغرض امتصاص الضغط المتولد على السطح العلوي لعدة القطع Punch من تأثير قوة القطع اللازمة لقطع المعدن وللمحافظة على عدم حصول تشوهات على سطح اللوحة العليا Upper Plate الملامس لأداة القطع والذي يؤدي بعد ذلك إلى حصول حركة لعدة القطع بالاتجاه الطولي وهذا غير مرغوب فيه أثناء عمل القالب حيث يؤدي إلى تقليل عمر عدة القطع وكسرها .

لذلك يستخدم مصمم القالب لوحة ضغط ذات صلادة متوسطة HRC (40 – 45) توضع فوق عدة القطع Punch وحسب ما موضح في الشكل رقم (14). يتراوح سمك هذه اللوحة بين(8-10)ملم .



شكل رقم (14) موقع لوحة الضغط في القالب [13]

ويتم حساب لوحة الضغط بما يتعلق باستخدامها في تصميم القالب أو عدم استخدامها حسب مايلي :-

حساب إجهاد الضغط المتولد على سطح عدة القطع Punch :

$\sigma c = Fc / A$ . . . (22)

$A = \pi D^2 / 4$

$Fc = \pi . d . t . \tau$ . . . (23)

$\sigma c = (\pi . d . t . \tau) / (\pi . D^2 / 4)$

$= 4.t . \tau . d / D^2$

عندما تكون قيمة إجهاد الضغط اقل من *5 Kg* يفضل عدم استخدام لوحة الضغط وفي الحالة التي يكون فيها إجهاد الضغط (5-10) kg/mm² يكون استخدام لوحة الضغط Pressure Plate حسب قناعة المصمم ولزيادة الأمان وفي الحالة التي يكون فيها إجهاد الضغط $\sigma_{c\geq 10}$ يتوجب على المصمم استخدام لوحة الضغط .

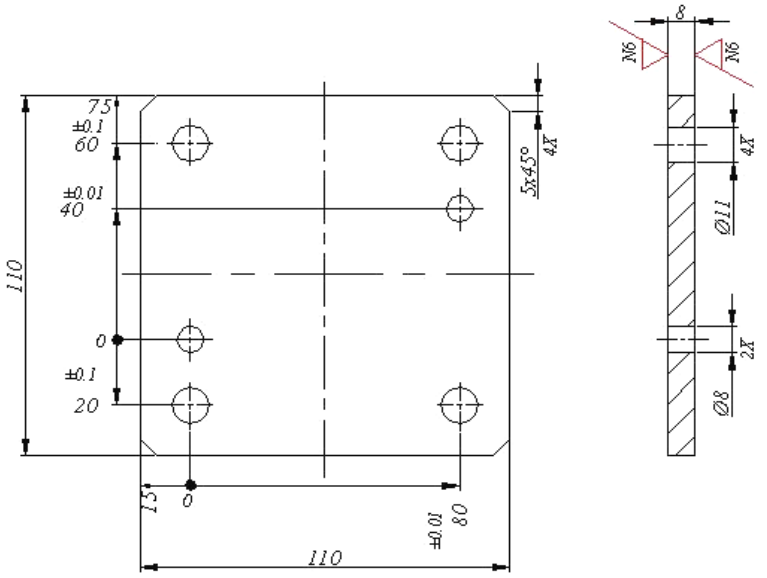
يمكن حساب قيمة إجهاد الضغط المسلط من قبل اصغر قطر لعدة القطع للنموذج موضوع الدراسة كما يلي:

$\sigma c = (4*0.5*56*4.5)/(10)^2$

$=5.04$ kg/mm²

من هذا نقترح ولزيادة الأمان ولزيادة عمر القالب استخدام لوحة ضغط في هذه الحالة.

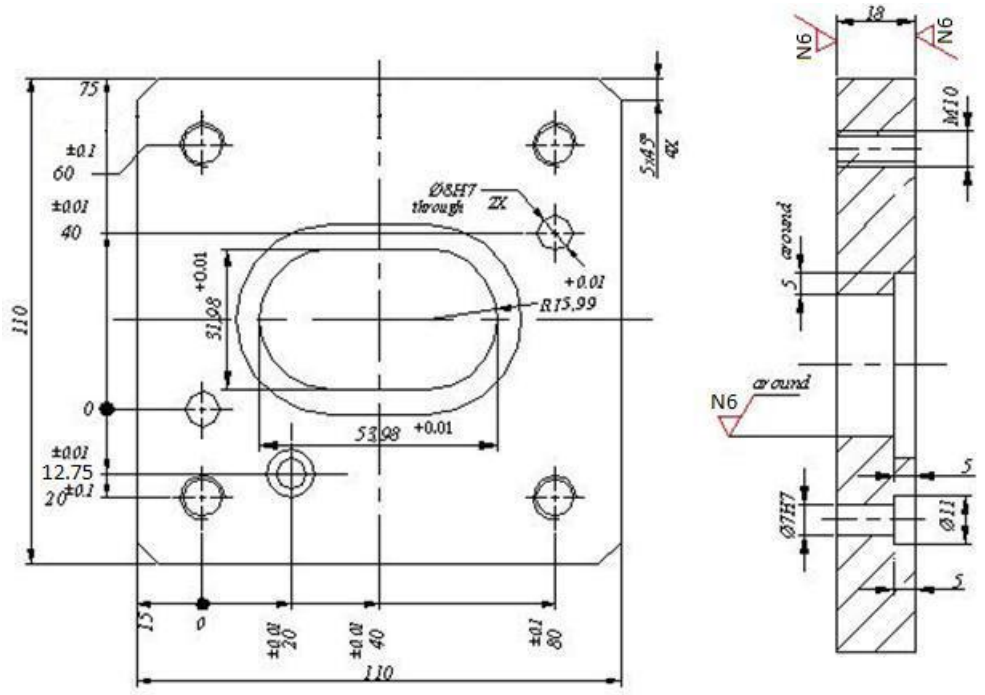
في أكثر الأحيان تكون الأبعاد الخارجية للوحة الضغط بقدر الأبعاد الخارجية للوحة القالب ماعدا السمك.



شكل رقم (15) لوحة الضغط

4-3 حامل عدة القطع (Punch Holder):

يهدف وجود حامل لعدة القطع هو مسك العدة وتحديد الموقع المضبوط لها وفي بعض الحالات تقوية عدة القطع.يكون سمك حامل لعدة القطع بحدود (1.5)مرة بقدر قطر عدة التثقيب أما الأبعاد الخارجية فغالبا ما تأخذ من أبعاد لوحة القالب.تعطى الأماكن المخصصة لمواقع عدد القطع أبعاد عدة القطع نفسها أو استخدام تداخل خفيف لتقليل انحراف عدة القطع عن لوحة القالب إلى اقل قدر ممكن.[14],[15]



شكل رقم (16)حامل عدة القطع.

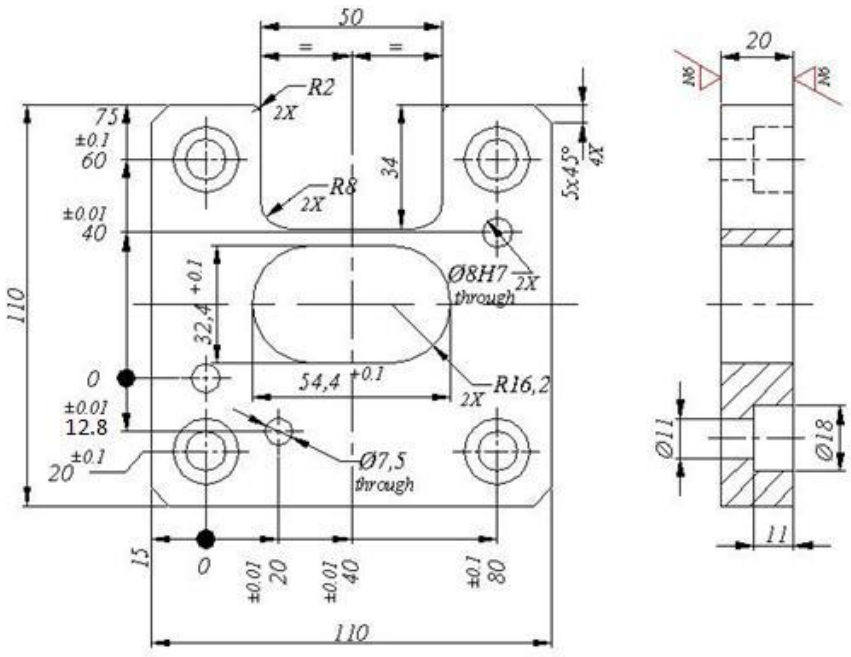
5-3 نازع المعدن الفائض (Stripper Plate):

الوظيفة الرئيسية للنازع في القالب هو التخلص من فضلة معدن الشريط بعد عملية القطع والذي يكون محيط بعدة القطع,ويوجد نوعان رئيسيان للنازع هما النازع الثابت الذي يؤدي وظيفة النزع وأحيانا وظيفة توجيه الشريط والنوع الآخر هو النازع المتحرك الذي يؤدي وظيفة مسك المعدن قبل عملية القطع وبعدها يقوم بعملية النزع. يستعمل النازع المتحرك عندما يكون سمك المعدن قليل واحتمال حصول تجعدات في المعدن أثناء عملية القطع أما في الغالب فيتم استخدام النازع الثابت لسهولة التصميم. يجب أن يكون سمك النازع كافيا حتى يسمح بربط البر غي فيه وإعطاءه المتانة المطلوبة. ارتفاع قناة النازع التي تستخدم لتوجيه شريط المعدن قبل القطع يجب أن لا يقل عن (1.5) مرة بقدر سمك المعدن المقطوع مالم يتم رفع الشريط عند وجود موقف محوري ثابت على سطح لوحة القالب.[7],[15]

القناة الموجودة في النازع تكون بقدر عرض الشريط المستخدم ويضاف له خلوص كافي للسماح بوجود اختلاف في عرض الشريط يتراوح مقدار هذا الخلوص بين (2.5-0.5)ملم اعتمادا على عرض وسمك الشريط المستخدم للقطع. [3]

طول هذه القناة يجب أن لا يقل عن ضعف عرضها أحيانا يمتد هذا الطول لأكثر من طول لوحة القالب .عندما تكون لوحة النازع كبيرة يفضل استخدام موجهات للشريط منفصلة عن النازع لتقليل عمليات التشغيل الميكانيكي وتقليل صرف المواد الأولية.الأبعاد الخارجية للنازع في اغلب الأحيان تأخذ أبعاد لوحة القالب ما عدا السمك. يوجد خلوص بين عدة القطع وفتحة النازع لا يقل مقداره عن نصف سمك المعدن المقطوع.

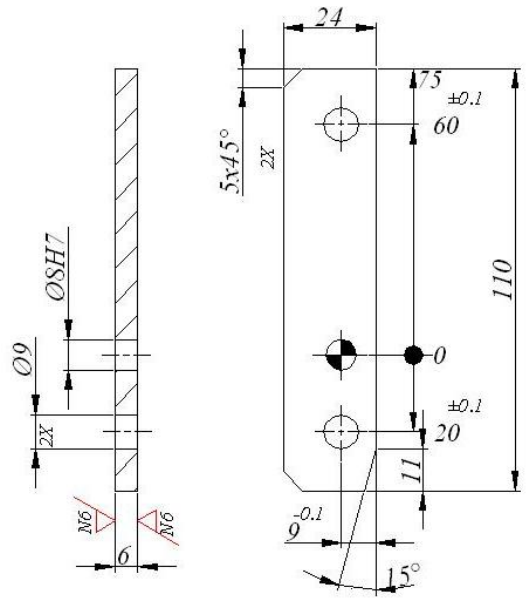
في النموذج موضوع الدراسة تم استخدام موجهات للشريط منفصلة عن لوحة النازع والشكل رقم (17) يوضح تصميم هذا الجزء.



شكل رقم (17) لوحة النازع

حساب سمك موجهات الشريط $H\ mm$

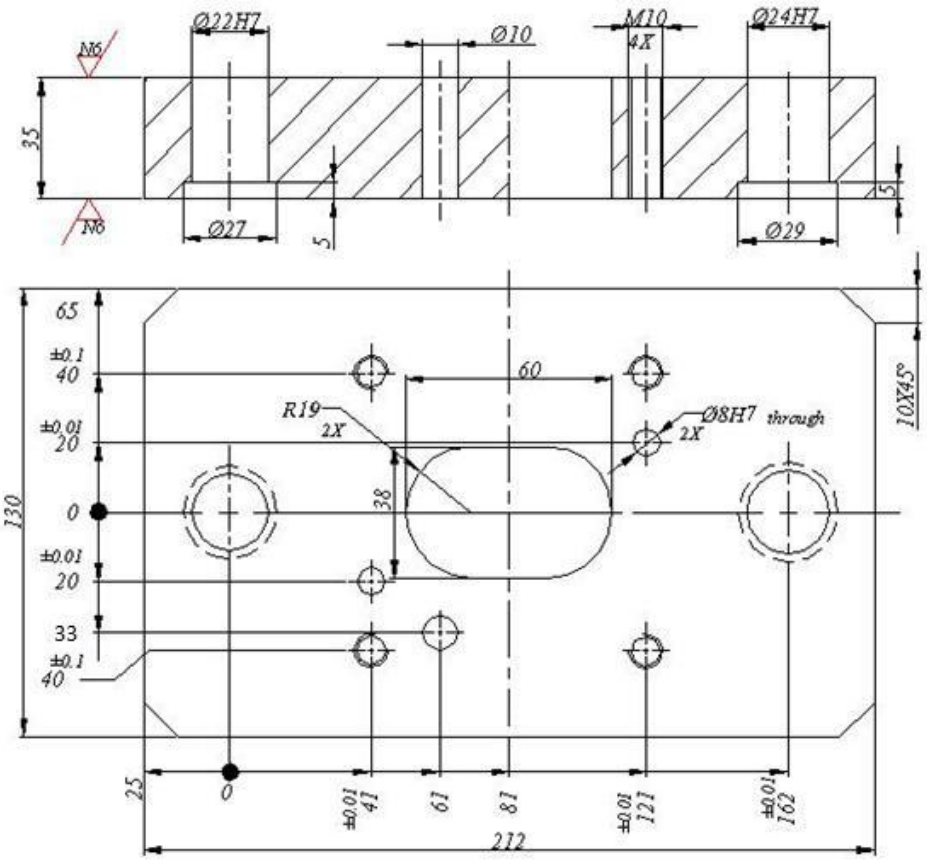
يكون سمك الوجهات H = 6 mm وبعدد 2 للقالب. وعليه يكون شكل موجهات الشريط *Guide Strip* للنموذج موضوع الدراسة كآلاتي :



شكل رقم (18) موجه الشريط المعدني

6-3 اللوحة السفلى (Lower Plate):

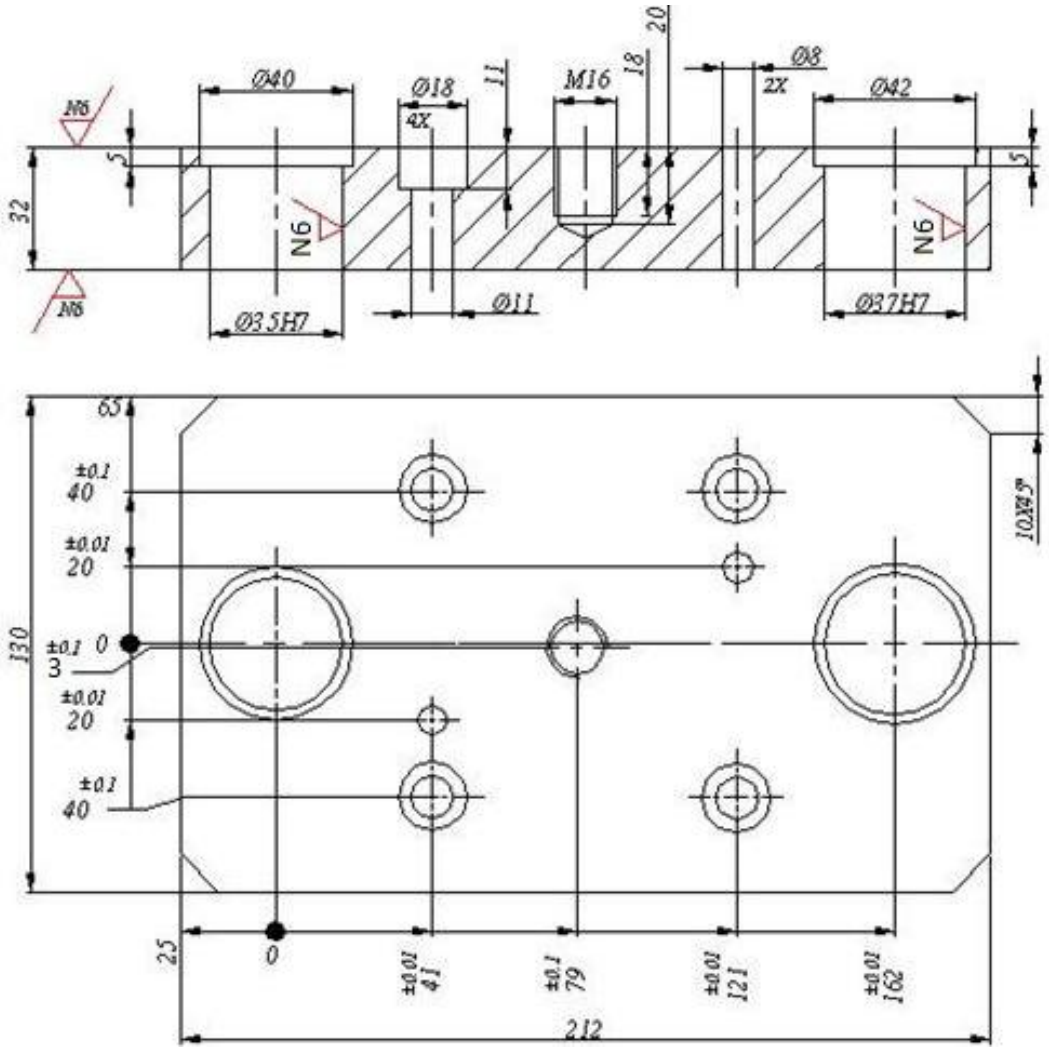
وهي اللوحة التي يتم عن طريقها تثبيت المجموعة السفلى من القالب بها والتي هي غالبا ما تكون لوحتي القالب والنازع ويتم تثبيتها بمنضدة المكبس وتحتوي على أماكن تثبيت أعمدة التمركز للقالب وأيضا تحتوي اللوحة السفلى للقالب على فتحات لخروج المنتج أو فضلات المعدن المقطوعة وأحيانا تحتوي على مجرى لإخراج هذه المواد المقطوعة في حالة عدم وجود فتحة في منضدة المكبس لإخراجها أو إن الفتحة الموجودة لا تكفي لخروج هذه المواد. يجب إن يكون سمك اللوحة السفلى كافيا لمنع حصول انحراف أو انحناء في استواء السطح في حالة وجود فتحة كبيرة في منضدة المكبس أو استخدام لوحات إسناد أسفل منها لزيادة ارتفاع القالب لتحقيق الارتفاع المغلق.والشكل رقم (19) يوضح تصميم اللوحة السفلى لقالب النموذج موضوع الدراسة.



الشكل رقم (19) اللوحة السفلى للقالب

7-3 اللوحة العليا (Upper Plate):

تم ربط اللوحة العليا للقالب باللوحة العليا للمكبس وهي تحمل المجموعة العليا من القالب وهي في أكثر الحيان لوحة الضغط وحامل عدة القطع وعدة القطع .يتم ربط حامل القالب (shank)في الموقع الذي تم تحديده مسبقا لنقطة الضغط في القالب . يكون سمك اللوحة العليا في اغلب الأحيان بقدر سمك اللوحة العليا أو اقل منها بقليل. الشكل رقم (20) يوضح تصميم اللوحة العليا لقالب النموذج موضوع الدراسة.



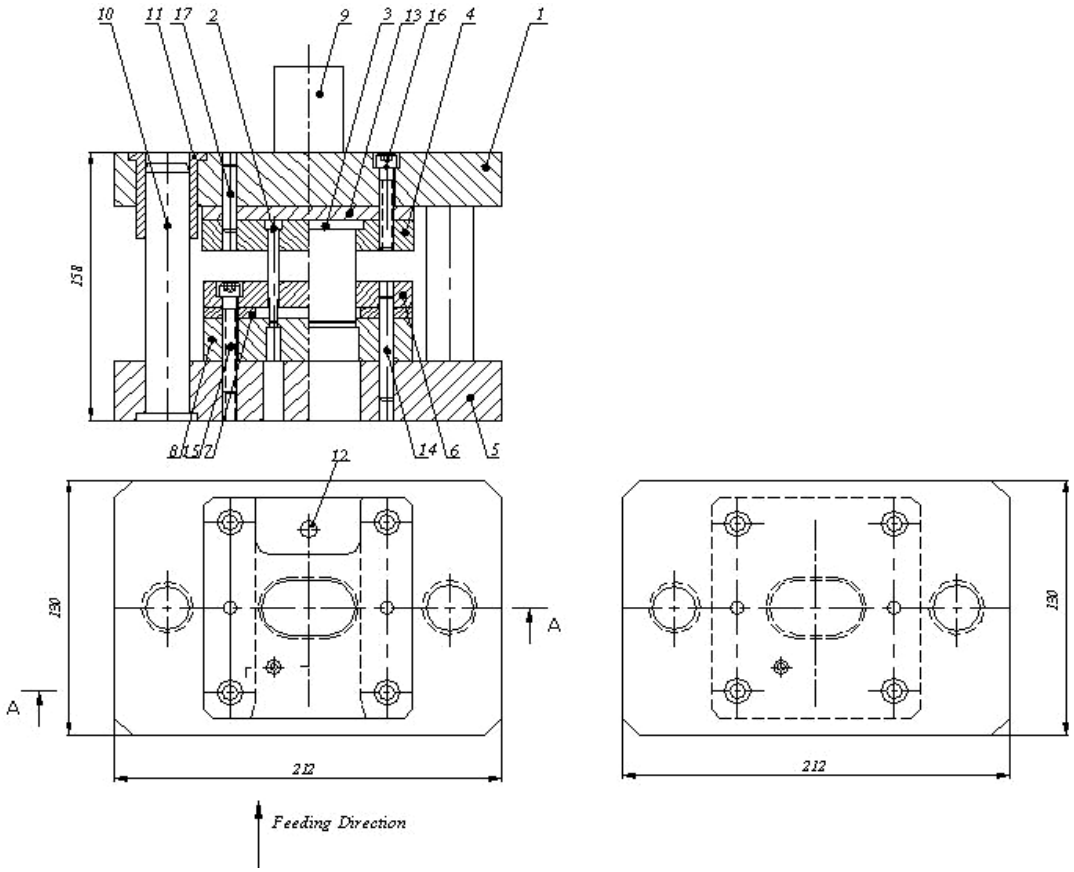
الشكل رقم (20) اللوحة العليا للقالب

4 - بعض عيوب قوالب القطع :

تعاني اغلب منتجات قوالب القطع من عيوب التصحن (Dishing) والتقبب (Doming) وميلان الحافة المقطوعة (Edge Taper) وبلامكان معالجة كل عيب على حدة بإجراء تغيرات في تصميم القالب الذي قد يستوجب إضافة أجزاء أخرى للقالب وحسب تأثير العيب على عمل المنتج داخل المنظومة .

5-الشكل النهائي للقالب:

وبناءا" على ما جاء في تصميم أجزاء القالب أعلاه يمثل الشكل رقم (21) أدناه المخطط التجميعي للقالب موضوع الدراسة (وهو لإغراض البحث فقط ولا يمنع ذلك من تصنيعه).



شكل رقم (21) المخطط التجميعي للقالب (تعريف الأرقام المؤشرة في قائمة الأجزاء)

يبين الجدول رقم (8) قائمة أجزاء القالب والتي تحتوي على رقم الجزء والكمية المطلوبة منه واسم الجزء ونوع معدن الجزء حسب النظام الألماني لجميع أجزاء القالب .

الجدول رقم (8) قائمة أجزاء القالب

Pos.	Qty.	Designation of the item	Material
1	1	Upper Plate	St 37
2	1	Punching tool	X210Cr12
3	1	Blanking Punch	X210Cr12
4	1	Punch Holder	CK45
5	1	Lower Plate	St 37
6	1	Stripper plate	CK45
7	2	Guide Strip	CK45
8	1	Die plate	X210Cr12
9	1	Shank	St 37
10	2	Guiding posts	16MnCr5
11	2	Bushing	16MnCr5
12	1	Limit Pin	CK45
13	1	Pressure Plate	CK15
14	2	Pin dS,L60	
15	4	Screw M 10, L 65	
16	4	Screw M 10, L 50	
17	2	Pin dS,L40	
Rrmarks:- Progressive Tool			

6- النتائج والمناقشة:

- من ملاحظة مخططات أجزاء القالب نلاحظ أن دقة البعد لثقوب مسامير التمركز (pin) والثقوب التي توضع فيها الأجزاء (guide &bush) هي ±0.01 بينما دقة الأبعاد للثقوب الأخرى اقل من ذلك لان هذه الثقوب هي المسئولة عن نقل الدقة بين قطعة وأخرى وبين المجموعة العليا والسفلى للقالب حيث يستخدم ال(pin) للمحافظة على الموقع الدقيق لكل جزء من أجزاء أي من المجموعتين بالنسبة إلى الأجزاء الأخرى ضمن مجموعته , بينما تتم المحافظة على دقة موقع الأجزاء المتداخلة بين المجموعتين عن طريق استخدام guide و bush وبالتالي المحافظة على قيمة الخلوص الموجود بين عدة القطع (punch)ولوحة القالب (die plate)
- نلاحظ الدقة الموجودة على أبعاد حافة القطع بالنسبة لعدة القطع (punch) هي($^{0}_{-0.01}$)بينما للوحة القالب (die plate) هي ($^{+0.01}_{0}$)وذلك لضمان عم التجاوز على مقدار الخلوص من قبل المشغل كونه الأساس في عملية القطع حيث لا يسمح بنقصان المقدار بينا يمكن اعطاء سماح تشغيلي بالزيادة (+0.02) كحد أقصى بين الجزئين لان نقصان مقدار الخلوص يسبب زيادة في قوة القطع ونقصان في عمر الأجزاء الفعالة في القالب.
- على مصمم القالب أن يختار ارتفاع المنطقة المستقيمة لحافة القطع قي لوحة القالب (die plate) حيث عند زيادة ارتفاع هذه المنطقة في لوحة القالب يؤدي إلى تراكم عدد القطع المقطوعة في هذه المنطقة مما يؤدي إلى زيادة قوة القطع بسبب الحاجة إلى قوة إضافية لدفع هذه القطع أثناء عملية القطع , أما عند اختيار ارتفاع قليل لهذه المنطقة يسبب ذلك نقصان في عمر القالب بسبب الحاجة إلى شحذ سطح لوحة القالب بين فترة وأخرى للمحافظة على الحافة الحادة عند السطح لذلك تعتبر هذه المنطقة محدد لعمر القالب الإنتاجي. وقد تم اختيار ارتفاع هذه المنطقة لدينا بمقدار (5) ملم شكل رقم (13) وهذا سيؤدي إلى بقاء (10) قطع داخل لوحة القالب حيث تم تفضيل زيادة عمر القالب على المحافظة على عدم زيادة قوة القطع لان قوة القطع في مثالنا لا تتجاوز 5 طن ولا توجد مشكلة عند زيادتها لان المكبس المستخدم هو (16)طن.

7-الاستنتاجات:

- تعتمد عملية تصميم قالب القطع على شكل المنتج حيث تتم عملية بناء القالب من خلاله.
- دقة الأبعاد المستخدمة لغرض تحقيق شكل عدة القطع وفتحة القطع في لوحة القالب هي أعلى من الدقة المستخدمة لغرض تحقيق الأبعاد في أنواع أخرى من القوالب بسبب الحاجة إلى ضبط الخلوص بين عدة القطع ولوحة القالب لذلك يتطلب استخدام مكائن عالية الدقة في تصنيع قوالب القطع.
- الخواص الميكانيكية للأجزاء المنتجة بقوالب القطع لا تختلف كثيرا عن خواص المعدن الأصلي قبل القطع للمحدودبة المنطقة المعرضة للتشوه اللدن التي تقع عند خط فصل المنتج عن المعدن الأصلي.
- إتباع الخطوات التكنولوجية المذكورة بشكل دقيق يعطي منتج وقالب جيد وكفوء لكونها تستند على أساس علمي.

المصـــادر:

1. S.Kumar, R.Singh"A Knowledge-based system for selection for progressive die components" Journal of Achievements in materials and Manufacturing Engineering, Volume 20, Issues 1-2, January- February 2007.
2. Radford J. D, & Richardson D.B,:" Production Engineering Technology", 2nd edition, the Macmillan press ltd., ch.(6), 1974.
3. ГосуДарстВеННМЙ КОМВТеl СТВНДаРТоа (РТМ 34-65).:" РukoВоДЯЩИЙ ТЕХНЙЧЕСКНЙ МАТЕРНАЛ", ПРМБоВоа, СССР, 1986. –Governmental books series (RTM 34-65)"Recommendation and Techniques of Material",USSR,1986.
4. David Alkire Smith "cutting Force Reduction and Snap Through Energy Reduction Principles and Technique"530 Hollywood Dr, Monroe, MI 48162 ,July 22,2006.
5. Gohsh A. & Mallik A. K. "Manufacturing Science" New Delhi, 1995.
6. العاني, تحسين فاضل عباس,"تصميم وتصنيع القوالب وبعض السطوح المعقدة بمساعدة الحاسوب "رسالة دكتوراه,قسم الإنتاج المعادن,الجامعة التكنولوجية,حزيران 1999م.
7. P.C. Pandy, C.K. Singh: "Production Engineering Science", Standard Publishers Distributors, chapter (19), 1995.
8. Meriam J.L &Krage L.G."Engineering Mechanics" John Wiley & Sons, Inc. 2007.
9. Adan M. & Gupta A.B. "Manufacturing Technology", New Age International (P) limited publishers, chapter (11), 1996.
10. Michell P. Groover," Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems". Prentice Hall, Inc, chapter (22), 1999.
11. ASTME: " Fundamentals of Tool Design". F. W. Wilson, Prentice Hall of India, Private Limited, chapter (3), 1987.
12. ASTME: "Die Design Handbook", F.W. Wilson (ed.) McGraw- Hill, New York, 1965.
13. Ridha A. Ahmed رضا علوان احمد"Stress Analysis for Cutting Dies by Using Finite Element Technique" ,M.Sc Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Military College of Engineering, 2002.
14. Paquin J. R.:" Die Design Fundamentals", Industrial press, New York, 1962.
15. Donaldson, Lecain, Goold. :"Tool Design", 7th reprint, TMH, Delhi, 1983.