دراسة طرق إنتاج عمود دوّار يتعرض لظروف عمل صعبة

د. محمد نادر زيدان[1]

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة السبل التي تمكن من إنتاج عمود متدرج أملس يتعرض لظروف عمل قاسية وعند اختيار طريقة معينة معرفة تفاصيل أكثر عن هذه الطريقة. يمكن إنتاج هذا العمود بثلاث طرق رئيسة بالتشغيل الميكانيكي أو بالسباكة أو بعملية الحدادة، تم اختيار الطريقة الأخيرة ومقارنتها بالطرائق الأخرى.

تمت دراسة تفاصيل عملية الحدادة على الساخن بما فيها تصميم القالب المفتوح المستخدم، والذي يتألف من ثلاث فجوات، اثنتان مساعدتان، تجويف التطويل وتجويف التوزيع والثالثة الشكل النهائي للمنتج ،والذي يتوضع في وسط القالب، تم استخدام أفران اللهب للتسخين على مرحلتين: بطيئة، وسريعة، تم اختيار مطرقة هوائية مزدوجة التأثير ومن ثم اختيار الآلة، تم إجراء جميع الحسابات اللازمة بالإضافة لرسم القالب النهائي والذي يبين التجاويف الثلاثة.

الكلمات المفتاحية: عمود– التشغيل الميكانيكي – السباكة– الحدادة– مطرقة هوائية

[1] أستاذ مساعد، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، قسم التصميم الميكانيكي، جامعة دمشق، سورية

Study the ways of producing a rotary shaft, which works in difficult condition

Dr. Mohammad Nader Zeidan[(1)]

Abstract

The research aims to study the ways in which it can produce a smooth shaft that is exposed to hard working conditions, and when choosing a specific method, learn more details about this method. The Shaft can be produced in three main ways by a machining operation, casting, forging.

The details of the hot forging including the design of the open die forging were studied. The third dimensions of forging die were calculated, flush, metal shrinkage increases were calculated, the parting line is positioned.

The open forging die is including of the cavity length, the distribution cavity and the cavity of the finished product.

Heating is in a slow and fast stages. It was chosen a pneumatic double acting hammer.

Keywords: shaft, machining operation, casting, forging, pneumatic hammer

[(1)]Assistant teacher at Mechanical and Electrical Engineering Faculty, Department of Mechanical design, Damascus University, Syria.

الدراسات المرجعية:

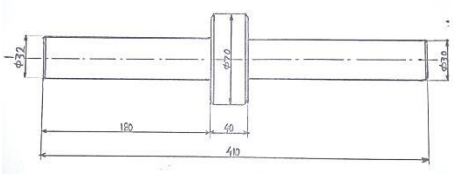
بالمقالة الأولى [1] تم دراسة أثر البارامترات التكنولوجية في بنية المطروقات على شكل أقراص، وخُلِصَ إلى نتيجة مفادها لإيجاد الحلول المثالية لتصميم المطروقات يمكن استخدام الحاسوب للوصول إلى البنية المناسبة، وذلك من واقع قالب الحدادة ،ومن ثمَّ التصميم الأفضل للقالب المدروس.

بالمقالة الثانية [2] تمت الدراسة النظرية والعملية للقوالب ومتانة القطع المصنعة وخلص المؤلفون إلى أن القطع المدروسة والمصنعة بالكبس افضل من المصنعة بالطرق الأخرى وبخاصة للقطع التي تتعرض لظروف عمل قاسية.

بالمقالة الثالثة [3] تمت دراسة التشوهات المرنة للمساحيق بالضغط وذلك عند زيادة درجة الحرارة، حدد الباحث درجات الحرارة المثلى لتناسب قالباً معيناً وانعكاساته على بنية القطع المشكلة بالضغط.

بالمقالة الرابعة [4] تمت دراسة تأثيرات قالب الحدادة في الأوعية الأفقية (ذات المساحة الأفقية الأكبر بالمقارنة مع المساحات الاخرى) المصنعة بالحدادة والعوامل المؤدية لتحسين بنية المطروقات من خلال ربطها بالأجزاء التصميمية لقالب الحدادة المستخدم.

المسألة قيد البحث: يبين الشكل (1) عمود دوّار يتعرض لإجهادات مركبة، أي لظروف عمل معقدة والمطلوب دراسة الطرق الممكنة لإنتاجه مع المقارنة بين هذه الطرق وإمكانية تحمل كل طريقة مع العلم أن معدن العمود فولاذ متوسط الكربون (C=0.3%).



الشكل (1) عمود دوّار يتعرض لإجهادات مركبة أثناء استثماره

1-إنتاج القطعة بطريقة الحدادة[5,6]:

مقدمه: تعدُّ طرائق تشكيل المعادن بالحدادة من الطرق المهمة في عمليات التصنيع، وتمتاز بالإنتاجية العالية، فمثلا يمكن لمكبس آلي إنتاج حلقات المدارج على البارد ما تنتجه ست مخارط آلية، وإنتاج براغي بالتشكيل على البارد ما تنتجه أكثر من عشر مخارط آلية وبجودة عالية عدا عن مفاقيد المعدن على شكل رايش عند التشغيل على آلات القطع.

يعتمد استخدام هذه الطريقة أو تلك على مجموعة من العوامل: وزن القطعة ،وتعقيدات شكلها ،ودقة أبعادها ،وجودة سطوحها. إذ يمكن بطرائق الحدادة تشكيل قطع بوزن من عدة غرامات إلى أكثر من 200 ton.

يؤدي التشكيل بالحدادة إلى تحسين في الخواص الميكانيكية للمعدن، لذلك فإن أجزاء الآلات المجهدة كالمحاور والأعمدة المرفقية وأذرع التوصيل لمحركات الاحتراق الداخلي والأجزاء الرئيسة في العربات وخطاف الرافعة وبعض المسننات تصنع بالحدادة، علماً أن جودة السطوح بالحدادة لا تقل عن جودة القطع المشغلة على آلات التشغيل. لذا فإن التشكيل بعمليات الحدادة يلقى اهتماما مستمراً كغيره من الطرائق الأخرى. وتتم عملية الحدادة على البارد أو على الساخن.

تستخدم الكتل المصبوبة لإنتاج المنتجات الثقيلة بالحدادة بينما تستخدم الأجزاء المدرفلة لعمليات الحدادة الخفيفة.

تسمى القطع المشكلة بالحدادة والتي تخضع لعمليات تشغيل لاحقة، بنصف المصنعة، أما تلك التي لا تخضع لعمليات تشغيل لاحقة فتدعى بالقطع الجاهزة.

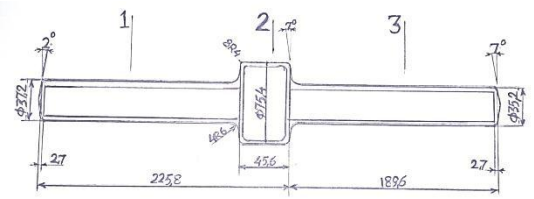
يمكن أن تتم عمليات الحدادة في قالب مغلق أو في قالب مفتوح.

تستخدم في القالب الواحد عادة عدة تجاويف كلها عمليات مساعدة ما عدا فجوة المنتج النهائي، والتي عادة ما تكون بوسط القالب.

لحل المسألة المطروحة [7,8]: ننطلق من شكل القطعة، وهي عمود متدرج الأقطار أملس، المطروقة الناتجة سوف يكون لها شكل العمود نفسه، لكن بأقطار أكبر من الأبعاد الاسمية لتلبي عمليات التشغيل اللاحقة، معدن المطروقة قابل للتشكيل على الساخن، يتم تصميم القالب المفتوح على الساخن وبعدد من التجاويف، والذي يُحدد لاحقاً، ويتضمن مطروقة واحدة فقط يركب على مطرقة هوائية.

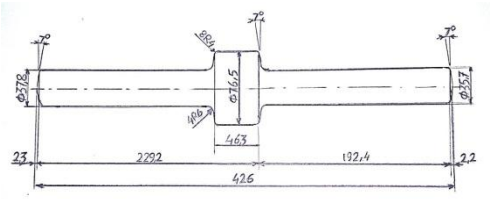
يتم تسخين الخامة لدرجة حرارة (1200درجة مئوية) وتكون بداية عملية التشكيل، ويجب ألا تنخفض درجة حرارة نهاية عملية التشكيل عن (800 درجة مئوية)، يمكن استخدام أفران اللهب في عملية التسخين، والتي تصل حرارتها حتى (1300 درجة مئوية) زمن التسخين (30 دقيقة) على مرحلتين، المرحلة الاولى: تسخين بطيء مدتها (20 دقيقة)، بينما المرحلة الثانية: مدتها (10 دقائق) سريعة.

يبين الشكل (2) المطروقة، بحيث يكون سطح الفصل أفقياً ويقسمها إلى جزأين متناظرين، وأيضا يبين أنصاف الأقطار وتسامحات التشغيل.



الشكل (2) كيفية اختيار المقطع العرضي للمادة الخام لإعداد المطروقة

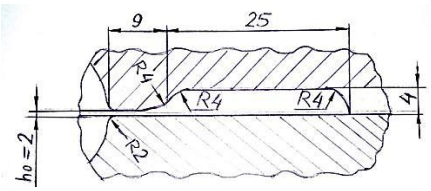
يجب أخذ تقلصات المعدن بالحسبان، لذلك يجب أن تضرب جميع الأبعاد السابقة بمقدار 1,5% ليعطي مخطط التجويف النهائي للمطروقة على الساخن، الشكل (3).



الشكل (3) مخطط التجويف النهائي للمطروقة

يبن الشكل (4) رسماً توضيحياً لقناة الزعانف مع العلم أن محيط المطروقة (973mm) والمساحة المطروقة المسقطة على المستوي الأفقي ($17505mm^2$) وحجم المطروقة ($592600mm^3$).

$$h_0 = 0{,}015\sqrt{17505}$$
$$h_0 = 1.98 \approx 2mm$$



الشكل (4) رسم توضيحي لقناة الزعانف

اختيار المقطع العرضي للمادة الخام [8,9]: من الشكل (2) نختار ثلاثة مقاطع مختلفة 1,2,3متباعدة، ونحسب في كلٍّ منها المقطع العرضي مع الزعانف :

$$S_1 = 1086{,}3 + 2(0{,}5x136) = 1222{,}3mm2$$
$$S_2 = 4462{,}9 + 2(0{,}5x136) = 4598{,}9mm^2$$
$$S_3 = 972{,}6 + 2(0{,}5x136) = 1108{,}6mm^2$$

نختار المقطع العرضي للمادة الأولية على شكل مربع مساحته $s=4598{,}9mm^2$ ، ومن ثمَّ ضلعه A=70mm

حساب كتلة المادة الخام وأبعادها [5]:

بناءً على الشكل (1)، تُحسب كتلة المطروقة وفقاً لما يأتي:

$$G = Vx\rho = \frac{4.33x7{,}85}{1000}$$

$$G = 3.4kg$$

أما كتلة المادة الخام واللازمة للتطريق، تحسب وفقاً للعلاقة الآتية:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

كتلة المطروقة:

$$Q_1 = \frac{592,6x7,85}{1000} = 4,65kg$$

كتلة الزعانف باعتبار نسبة الملء 50%:

$$Q_2 = \frac{0,5x1,36x97,3x7.85}{1000} = 0,52kg$$

كتلة المسك:

$$Q_3 = \frac{11,086x1,25\sqrt{11,86}}{1000} x7,85 = 0,362KG$$

كتلة الضياعات:

$$Q_4 = 0,02(4,65 + 0,52 + 0,362) = 0,11Kg$$

ومن ثمَّ الكتلة الكلية:

$$Q = 5,642Kg$$

طول المادة الأولية اللازمة:

$$L=\frac{5642}{7x7x7,85}$$

ومن ثمَّ: L=147mm

وأبعاد المادة الخام:

70x70x147mm

تصميم تجاويف القالب [6]: يَفْرِض شكل المطروقة علينا توزيع المعدن من الأقطار الكبيرة إلى الأقطار الصغيرة وبشكل معاكس ولذلك لابد من تطويل المادة الخام لذلك يلزم:

–تجويف التطويل.

–تجويف التوزيع.

– تجويف نهائي.

1–تجويف التطويل:

يُعدُّ مقطع المادة الأولية 70*70 من المقاطع الكبيرة، لذلك نخصص مساحة من سطح القالب في الجهة الأمامية اليسارية للحصول على الجزأين الأول والثاني بالترتيب الشكل (5) من خلال عملية التطويل:

الجزء الأول: $\phi 35,8x192,4$

الجزء الثاني: $\phi 37,8x182,9$

حيث: 182,9=229,2-46,3mm

L`=192,4+42≈235mm

حيث طول الماسك= 42 mm

B≈1,5x70=105mm

نأخذ طول التجويف L=245mm وعرض التجويف B=110mm

2–تجويف التوزيع:

L`=192,4+229,2+X

X=14x2=28mm

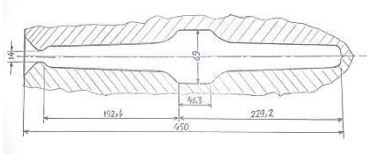
L`=421,6+28=449,6mm

H`=68,9mm

أي:

H=69mm,L=450mm,B=105mm

ويبين الشكل (5) رسماً تفصيلياً لتجويف التوزيع.



الشكل (5) رسم تفصيلي لتجويف التوزيع

تحديد المطرقة والآلة اللازمة لعملية التطريق[7]

نختار مطرقة هوائية مزدوجة التأثير، وهناك مطارق تسقط بشكل حر، ومطارق تعمل بسرعة ابتدائية من مستوي السقوط:

$$G = 10x175.05 = 1750,5\ Kg$$

وبناءً على أكبر قطر للمطروقة قيد الدراسة ومن الجداول نجد أن معدل الاستطاعة الاسمية لآلة الحدادة تقدر 8000KN، ومتوسط عدد الأشواط يقدر35 شوطادقيقة، تحدد استطاعة آلة الحدادة بناءً على أكبر

قطـر للقطعــة والتــي تســتطيع أن تتعامــل معــه مقــدراً بالسنتمتر.

تصميم أبعاد للقالب[5,6]:

$$B`min = (\frac{76,5}{2} + x_1 + 100)$$

=138,25+45=183,25mm

$$Bmin = 2x183,25 = 366,5 \approx 370mm$$

$$L_{min.} = 426 + X_2 + X_3$$

=426+45+35=506mm

عادة ينصح ألا تقل X3 عن 35mm

$$H_{min.} = 7x38.25 = 267,75 \approx 270mm$$

مســاحة الصــدم حســب أبعــاد القالــب الاصــغرية $S=1306Cm^3$ ، وهي آمنة لأن:

$S_{min}=(955\text{-}970)Cm^2$

حيث: $S=\frac{G}{6}$

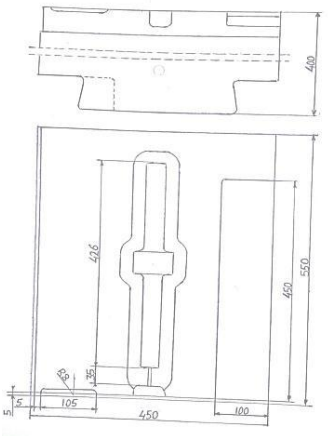
مـع العلـم أنَّ الإجهـاد المسـموح بـه للقوالـب المتوسـطة

б=(0,325-0,330) MPa

ومن ثمَّ تكون أبعاد القالب النظامية:

L=550mm,B=450mm,H=400mm

يبـين الشـكل (6) التجـاويف الثلاثـة للقالـب المصـمم والذي يعطي الشكل النهائي للمطروقة المطلوبة.



الشكل (6) التجاويف الثلاثة للقالب المصمم، والذي يعطي الشكل النهائي للمطروقة المطلوبة.

مركز ثقل كل من التجاويف الثلاثة ومركز ثقل القالب: بمــا أن القطعــة الحداديــة فــي مراحلهــا الــثلاث متجانسة،ومركز ثقلها في وسطها كون الكتلة الأبرز في الوسط فإن مراكز ثقلها كلها قريبة إلى وسط القطعة في كل مراحلها، ومن ثمَّ فإن جميعها قريبة من مركز ثقل القالب، ومن ثمَّ فإن الصدم الآمن سوف يتركز على هذه المنطقة، ومن ثمَّ سيكون الانفعال أعظمياً خلال شوط العمل للمطرقة، وعمر القالب سيكون أعظمياً، والعيوب المتوقعة في حدها الأدنى.

2- تصنيع القطعة عن طريق تشغيلها:

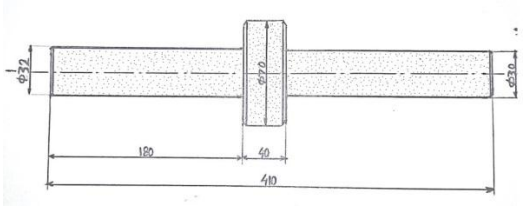
للحصـول علـى القطـرين Φ30 و Φ32 لابـد مـن أن نبدأ من القطر Φ70 على طول العمود 180 وعلى طول 190(يسار ويمين الكتلة الوسطى)، أي ستكون نسبة الهدر فـي المعـدن كبيـرة ،بالإضـافة إلـى أن الالياف سـتكون مقطوعة بسبب التشغيل، ومن ثمَّ ستكون ضعيفة تصميماً من حيث إمكانيتها للتحمل. يبين الشكل(8) شكل الألياف المقطوعة واتجاهها، وهذه إشارة سيئة جداً مؤكدة لظروف العمل القاسية، مما يستدعي عدم إكمال الدراسة بالتشغيل.

3- تصنيع القطعة عن طريق السباكة:

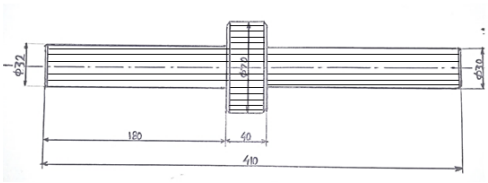
لا يمكن التوصل لسطوح نظيفة أو الحصول على السلاسل القياسـية بالإضـافة إلـى كـون القطعـة قليلـة المتانـة. يبـين الشكل(7) بنية العمود المصنع بطريقة السباكة وهي على شكل نقاط وليست أليافاً ،وهذه أيضاً إشارة سيئة جدا لظروف عمل الأعمدة المجهدة مما يستدعي ايضاً عدم إكمال الدراسة بهذه الطريقة.

بالحدادة فقط سوف تكون القطعة متينة وتتحمل ظروف العمل القاسية وعمليات التشغيل محدودة، والهدر بالمعدن يكون

بحـده الادنــى وان شـكل القطعــة سـيكون ســهلاً لاختيــار آلــة الحدادة المناسبة.



الشكل(7) بنية العمود الذي تم إنتاجه بالسباكة.



الشكل (8) بنية العمود المشغل بالخراطة.

الخاتمة

1- بما أنَّ العمود مجهد ويعمل في ظروف عمل قاسية يُنصح اعتمادُ طريقة الحدادة في التصنيع.

تناسب الطرق الأخرى الحالات التي تعمل فيها القطعة في ظروف عمل اعتيادية ،وتكلفة صناعتها لن تكون مرتفعة بالمقارنة مع عملية التصنيع بعملية الحدادة.

2- مركز ثقل القالب ومركز ثقل التجاويف الثلاثة قريبة من بعضها بعضاً، ومساحة الصدم آمنة، ومن ثمَّ عمر القالب سيكون أعظمياً تبعاً لظروف العمل والعيوب المتوقعة في حدها الأدنى.

3- عدد التجاويف ثلاثة، وهو الحد الأدنى تبعاً لشكل القطعة.

4- السيئة البارزة لعملية الحدادة تشكل الأكاسيد عند الحدادة على الساخن مع أنه يمكن معالجة ذلك بأساليب مختلفة إذا كان ذلك اقتصادياً.

References المراجع

1- Фомичев А.Ф,Кривицкий Б.А,Юргеносон Э.Е ,Салиенко А,Е "Исследовоние влиания технологическиих параметров структуру поковок", Журнал Метаппообработка 4(34) 2016.

2- Кучкин В.В,Рыбин В.В,Паршиков Р.А,Рыбин Ю.И, "Расчетно-экспериментальное РКУ-прессования", Журнал Металлообработка 6(42)2018,

3- Рябичева Л.А,Цыркин А.Т,Никитн Ю.Н, "Пластическое деформирование пористых поршковых заготовок при повышенных температурах", Журнал Металлообработка 8(36)2017,

4- "К расчету горизонтальных сосудов давления", Журнал Современное Машиностроение Серия Б N4 2015.Москва.

5- Семёнов Е.И,Овчинников А.Г.и др.-"Теория ковки и штамповки", М-Машиностроение.2010.384с

6-"Технология и оборудование ковки и горячей штамповки",М-Машиностроение 2008-720с

7- P.C.SHARMA "A textbook of production engineering", New Delhi 2012

8-"Dies-moulds and jigs" Vladimirov-Moscow1990

9-"Forming-SNTL",Hasek-Praha-1990

Received	2020/5/13	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2020/7/15	قبول البحث للنشر