دراسة تأثير نوع المزيت على القدرة اللازمة للتشكيل في قوالب البثق باستخدام نظرية الحد الأعلى (Upper Bounded)

نجم عبد الأمير سعيد أحمد عودة جاسم عبد الرحيم كاظم عبد علي
كلية الهندسة- جامعة بابل

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى إيجاد العلاقة بين القدرة اللازمة للتشكيل ونوع المزيت المستخدم وذلك باستخدام نظرية الحد الأعلى (Upper Bounded). تم تحديد نوع واحد من القوالب بالأبعاد المثالية بالمجرى العملي ، حيث تم حساب الضغط الكلي المطلوب للتشكيل(p/y) على داخل القالب ابتداءاً من منطقة دخول المعدن في القالب (X=0) وحساب مركبات أجزاء الطاقة الأجمالية ودراسة تأثير زيادة الطاقة الناتجة من الاحتكاك مع جدران القالب .تم كتابة برنامج باللغة بيسك السريع وذلك لغرض الاسراع في حساب الحد الأعلى التي تتطلب وقتاً كبيراً بدونه .

وكانت النتائج هي تقصان الطاقة اللازمة للتشكيل والحفاظ معامل الاحتكاك مع جدران القالب وذلك باستخدام الزيت الهيدروليكي وارتفاع مقدار الطاقة وزيادة معامل الاحتكاك عند استخدام الزيوت المختلفة.

المقدمة

ان الحلول الدقيقة لمسائل تتعلق بعمليات التشكيل المعدني أمر شبه في بعض الحالات الخاصة وضع بافتراضات وتبسيطات عديدة بغية تحقيق حلول تقريبية لتلك المسائل ومن بين هذه التقريبات طريقتي الحد الأعلى Upper and Lower Bounds حيث يمكن من خلال هذه التقريبات الحصول على مقدار التشكيل اللازمة ، تحديد قوى العدة وأنماط الانسياب والتصميم الأمثل للقالب ومعلومات أخرى مكانيكية العملية ،كما يمكن تشبيه بعيوب العملية المحتملة وطرائق تلافيها [1].

أن حساب القدرة الكلية اللازمة لأنسياب معدن داخل قالب معين باستخدام نظرية الحد الأعلى يتطلب أحتساب أجزاء هذه القدرة وهي :

1- القدرة الداخلية اللازمة للتشكيل Internal Power of Deformation (w_i) [2-1-8]

وتحتسب من العلاقة التالية:

$$= \int \bar{\sigma}\, \bar{\varepsilon}\, dv$$

حيث أن $\bar{\sigma}$ هو أجهاد الأنسياب المكافئ Equivalent Flow Stress أو الأجهاد المعتمد على الأنفعال Effective Strain

2-القدرة اللازمة للتغلب على القص(w_s)

$$W_s = \int_A |s| dA$$

حيث s هي Velocity Discontinuity

A مساحة الخروج أو الدخول حسب القدرة المراد حسابيا .

3- القدرة اللازمة للتغلب على الأحتكاك (W_f) [3,5,6]

$$W_f = m \int k |s| dA$$

حيث (m) هو معامل الأحتكاك بين المعدن وجدار القالب و k هو اجهاد القص.

4- القدرة الكلية اللازمة للتشكيل تساوي مجموع هذه الأجزاء [3,5]

$$P_{total} = W_i + W_s + W_f$$

الدراسات السابقة

هناك العديد من البحوث في مجال دراسة السيلان في مجال دراسة أنسياب المعدن خلال القوالب بالأشكال المختلفة تمت باستخدام نظريات اللدونة المرنية Visio Plasticity في تحليل النتائج كذلك هناك بحوث أستخدمت فيها نظريتي الحد الأدنى والأعلى في تحليل النتائج [1] وهناك دراسات أستخدمت فيها نظرية خط حقل الأنزلاق Slip Line Field Theory كذلك هناك دراسات أستخدمت فيها نظرية التوازن Equilibrium Method ونظريات الفروقات المحددة Finite Deference .

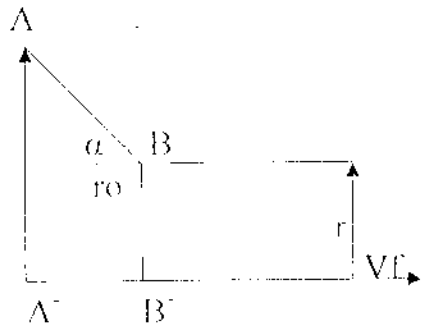
من هذه الدراسات (جمال حسن محمد) والسيد سهيل الياس[6] (دراسة أنسيابية المعدن خلال عملية درفلة الحلقات بطريقة اللدونة المرنية) حيث أجريت تجارب عملية درفلة حلقات من الرصاص النقي وباستخدام دولاب مصمم لهذا الغرض وتحت ظروف أنفعال مستوي ، تمت دراسة تأثير نصف القطر والسرعة الدورانية للدرفيل المشغل على الأنفعال الكلي (ε_T) ومعامل أنفعال الثالثس(ϕ) لقيم مختلفة من الأنفعال المتجانس(ε_1) حيث تراوحت بين (0.25 1) ومن خلال هذه الدراسة تم التعرف على تأثير المتغيرات أعلاه على عملية أنتاج الحلقات المدرفلة.

أما الباحثان (L.E.Farmer)[1] و (P.L.Oxley) فقاما بحساب توزيع معدل الأنفعال والأنفعال بأستخدام نظرية اللدونة المرنية Visio Plasticity وبمساعدة الكومبيوتر حيث تمت طباعة شبكة (Printed Grids) على شكل مربعات بطول ضلع 0.002 أنج ، وتم تحليلها بأدخالها الى برنامج معد لهذا الغرض يعين نقاط التقاطع للشبكة مع سرعة العكس.

الحسابات والجزء العملي

تم حساب القدرة المصروفة في عملية التشكيل بطريقة تقريب الحد الأعلى لعملية البثق في قالب دائري المقطع وكما يلي:

1-Shear Power of Inlet w_{si}



$$w_s = k\int|\Delta V d'ds$$

$$ds = 2\pi dr$$

$$from\ hedograph(1)$$

$$\tan\alpha \frac{V_{ro}}{V_r} = \frac{V_{ro}}{V_o}$$

$$V_{ro} = V_o \tan\alpha$$

$$from\ hedograph(2)$$

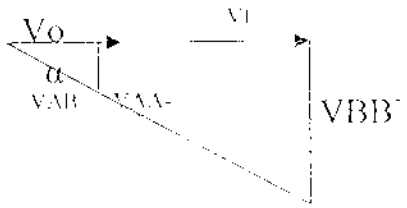
$$\frac{V_{ro}}{r_o} = \frac{V_r}{r}$$

$$\therefore V_r = \frac{V_{ro} * r}{r_o}$$

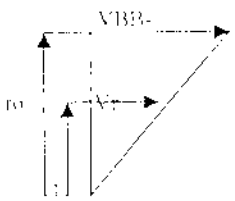
$$V_r = \frac{V_o \tan\alpha}{r_o} * r$$

$$w_s = 2k\int_0^{r_o} \frac{V_o \tan\alpha}{r_o} * r\pi r dr$$

$$\therefore w_s = \frac{2kV_o \tan\alpha\pi}{3} r_o^3$$



(1)



(2)

وبنفس الطريقة يتم حساب قيمة W_s للخروج :

$$w_{so} = \frac{2kV_o r_o^3 \tan\alpha\pi}{3}$$

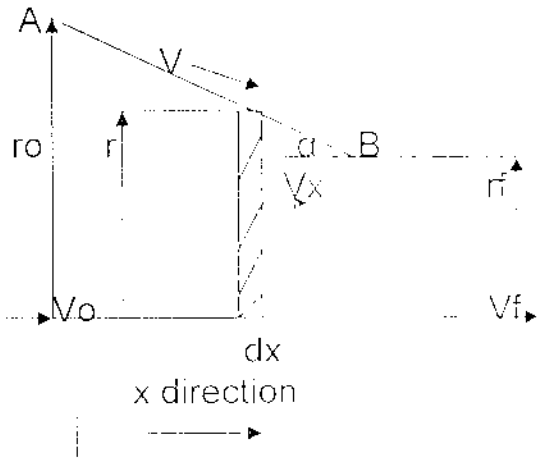
2-Friction Power along the die-interference (w_f)

$$w_f = mk\int|\Delta v|d\ dA$$

$$dA = 2Ar.ds$$

مساحة نصف القالب

$$dA = \pi r.ds$$

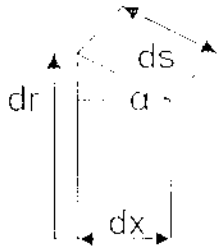


$$\sin\alpha = \frac{dr}{ds}$$

$$ds = \frac{dr}{\sin\alpha}$$

$$dA = \frac{\pi r.dr}{\sin\alpha}$$

$$V_o\pi r_o^2 = V_x\pi r^2 \ldots\ldots\ldots\therefore V_x = \frac{V_o r_o^2}{r^2}$$



$$\cos\alpha = \frac{V_x}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots\therefore V = \frac{V_x}{\cos\alpha}$$

$$V = \frac{V_o r_o^2}{r^2\cos\alpha}$$

$$w_f = 2mk\int_{r_o}^{r_f}\frac{V_o r_o^2}{r^2\cos\alpha} * \frac{\pi r.dr}{\sin\alpha}$$

$$w_f = \frac{2mkV_o r_o^2\pi}{\cos\alpha\sin\alpha}\int_{r_o}^{r_f}\frac{dr}{r}$$

$$w_f = \frac{2mkV_o r_o^2\pi}{\cos\alpha\sin\alpha}\ln\left(\frac{r_f}{r_o}\right)$$

ولحساب قيمة (w_f)

$$w_f = \int\bar{\sigma}\bar{\varepsilon}d$$

$$\bar{\sigma} = y$$

$$\bar{\varepsilon}=\sqrt{\frac{2}{3}}\int(\dot{\varepsilon}x^2+\dot{\varepsilon}^2+\dot{\varepsilon}^2+\frac{1}{2}\left[\dot{\gamma}_{xy}+\dot{\gamma}_{yz}^2+\dot{\gamma}_{zx}^2\right])^{\frac{1}{2}}$$

$$W_i=Y\sqrt{\frac{2}{3}}\int\frac{4V_0r_0^2\tan\alpha}{r^6}+\frac{V_0^2r_0^2\tan\alpha}{r}+\frac{V_0^2r_0^2\tan\alpha}{r^6}$$

$$+\left[\frac{8V_0^2r_0^2}{r^6}(\tan\alpha+1)^2+\frac{16V_0^2r_0^4\tan^2\alpha}{r^6}\right]^{\frac{1}{2}}rdrdx$$

$$=Y\sqrt{\frac{2}{3}}\int\left[\frac{6V_0^2r_0^4\tan\alpha}{r^6}+\frac{1}{2}\left[\frac{8V_0r_0}{r}\left[(\tan\alpha+1)^2+2\tan^2\alpha\right]\right]\right]^{\frac{1}{2}}rdrdx$$

$$W_i=Y\sqrt{\frac{2}{3}}\int\frac{2V_0r_0^2}{r^2}\left[9\tan^2\alpha+4\tan\alpha+2\right]^{\frac{1}{2}}\pi r^2dx$$

$$r=r_0-x\tan\alpha$$

$$W_i=Y\sqrt{\frac{2}{3}}Vr\ (9\tan^2\alpha+4\tan\alpha+2)^{\frac{1}{2}}\int_{r_0}^{\ }\frac{dx}{x\tan\alpha}$$

$$W_i=Y\sqrt{\frac{2}{3}}V_0r_0^2(\tan^2\alpha+4\tan\alpha+2)^{\frac{1}{2}}\left[\frac{1}{-\tan\alpha}\left(\ln\left|\frac{r_0}{\tan\alpha}+x\right|-\ln\left|\frac{r_0}{-\tan\alpha}\right|\right)\right]$$

$$TotalPowe=PV_0(\pi r_0^2)$$

$$TotalPower=W_{surface}+W_{homo}+W_{shear}$$

$$=W_0+W_i+W_{shear}=S_1+S_2+S_3*S_4$$

$$W_0=\frac{4kV_0r_0^2\pi\tan\alpha}{3}=\frac{4yV_0r_0^2\pi\tan\alpha}{3}$$

$$W_i=\frac{2mkV_0r_0^2\pi}{\cos\alpha\sin\alpha}\ln\frac{r_0}{r_1}=\frac{myV_0r_0^2\pi}{\cos\alpha\sin\alpha}\ln\frac{r_0}{r_1}$$

$$W_s=\frac{2y}{\sqrt{3}}V_0r_0^2(9\tan^2\alpha+4\tan\alpha+2)^{\frac{1}{2}}\frac{1}{-\tan\alpha}\left\{\ln\left|\frac{r_0}{-\tan\alpha}+x\right|-\ln\left|\frac{r_0}{-\tan\alpha}\right|\right\}$$

$$\pi V_o r_o^2 \frac{p}{y} = \frac{2\tan\alpha(\pi V_o r_o^2)}{3} + \frac{\dot{m}\pi V_o r_o^2 \ln\frac{r_i}{r_o}}{\cos\alpha\sin\alpha} + \frac{2\pi V_o r_o^2}{\sqrt{3}}(9\tan^2\alpha +$$

$$4\tan\alpha + 2)^{\frac{1}{2}} * \frac{1}{-\tan\alpha}\left[\ln\left|\frac{r_i}{-\tan\alpha} + x\right| - \ln\left|\frac{r_o}{-\tan\alpha}\right|\right]$$

استخدم البرنامج المعد لأحساب قيمة p/y والتي تم الرمز لها Z(J) في البرنامج كذلك قيمة TAF والتي تم الحصول على جدول بالقيم ول20 قيمة كذلك تم رسم العلاقة بين قيم y/p مع قيم x وكما مبين في الشكل (٢).

جدول رقم(1) يمثل قيم مخرجات البرنامج المستخدم

r_o	r_i	x	$Z_{(J)}$

ان (x) هنا تمثل قيمة L أي البعد من مدخل القالب

نفترض أن :

$$s_1 = \frac{2\tan\alpha}{3}$$

$$s_2 = \frac{m}{\cos\alpha\sin\alpha}\ln\frac{r_i}{r_o}$$

$$s_4 = \frac{1}{-\tan\alpha}\left\{\ln\left|\frac{r_o}{-\tan\alpha} + x\right| - \ln\left|\frac{r_o}{-\tan\alpha}\right|\right\}$$

$$s_3 = \frac{2}{\sqrt{3}}(9\tan^2\alpha + 4\tan\alpha + 2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore w_1 = s_3 * s_4$$

جدول رقم (3) يبين أجزاء القدرة اللازمة للتشكيل التي تم احتسابها من خلال البرنامج المعد.

r_0	r_f	Step x	tanα	S	S_4	S_3	S_2	P/y	P/y Acc.	Acc.x mm
15	14.944	0.5	0.112	0.0746	-0.0338	1.84784	0.0333	0.1701	0.1701	0.5
14.994	14.877	0.5	0.134	0.0893	-0.0341	1.8965	0.0335	0.3869	0.357	1.0
14.887	14.798	0.5	0.158	0.105	-0.0345	1.951	0.0336	0.205	0.562	1.5
14.798	14.7039	0.5	0.1882	0.1254	-0.0350	2.0237	0.0338	0.2288	0.7908	2.0
14.7039	14.4311	0.5	0.5456	0.3637	-0.0445	3.2345	0.0343	0.5192	1.31	2.5
14.4311	14.136	0.5	0.5902	0.3938	-0.0472	3.1613	0.035	0.5516	1.8616	3.0
14.136	13.820	0.5	0.6310	0.4206	-0.05	3.2878	0.035	0.5856	2.4472	3.5
13.8201	13.479	0.5	0.6804	0.4536	-0.0535	3.4424	0.036	0.6332	3.0804	4.0
13.497	12.8371	0.5	1.2856	0.8570	-0.1008	5.418	0.038	1.1638	4.244	4.5
12.8371	12.225	0.5	1.2242	0.8161	-0.099	5.213	0.040	1.1234	5.3683	5.0
12.225	11.6421	0.5	1.1658	0.7772	-0.0988	5.0192	0.041	1.0863	6.4546	5.5
11.6421	11.086	0.5	1.1122	0.7414	-0.0984	4.841	0.044	1.0528	7.5074	6.0
11.086	10.2515	0.5	1.469	0.9793	-0.1473	6.032	0.047	1.410	8.9174	6.5
10.3515	9.7315	0.5	1.24	0.8266	-0.1264	5.226	0.0488	1.2152	10.1326	7.0
9.7315	9.2053	0.5	1.052	0.7016	-0.0766	4.643	0.0528	1.0234	11.156	7.5
9.2053	8.7561	0.5	0.8984	0.5989	-0.1006	4.146	0.050	0.9066	12.0626	8.0
8.7561	8.308	0.5	0.8962	0.5974	-0.1057	4.133	0.0586	0.9453	13.0079	8.5
8.308	7.967	0.5	0.682	0.4546	-0.09	3.447	0.0614	0.756	13.7639	9.0
7.967	7.704	0.5	0.526	0.3506	-0.081	2.452	0.0638	0.588	14.3519	9.5
7.704	7.5	0.5	0408	0.272	-0.076	2.615	0.0657	0.5205	14.8724	10.0

النتائج

تم تطبيق البرنامج الذي تم إعداده لهذا الغرض بلغة بيسك للقالب المثبت مقطعه بالشكل رقم (1) وبالأبعاد المثبتة بالجدول رقم (2) وعلى مقاطع مختلفة .كذلك تم اختبار معاملات احتكاك مختلفة (m)وحسب نوع المزيت وعند تنفيذ هذا البرنامج تم احتساب جميع أجزاء الطاقة المصروفة أثناء التشكيل ولكل قيمة من قيم معامل الاحتكاك والجدول رقم (3)يبين قيم أجزاء الطاقة عند معامل احتكاك مقداره(1)وهي حالة الإلتصاق التام وكذلك حساب مركبات الطاقة اللازمة للاحتكاك عند قيم معاملات احتكاك(0.2-0.6)و التي تمثل معاملات الاحتكاك في اكثر المزيتات شيوعا كما مبين بالشكل (2). تم احتساب القدرة الكلية لحالة واحده وهي معامل احتكاك (1) مع ثابت مركبات القدرة وكانت النتائج كما في الشكل رقم (3).

برنامج بلغة بيسك لأحتساب قيمة p/y مع تغيير قيمة RF , RO

```
10  DIM RO(20),RF(20),X(20),M(20)
20  FOR I=1 TO 20
30  INPUT "give RO";RO(I)
40  INPUT "give RF";RF(I)
50  INPUT "give  X";X(I)
60  INPUT "give  M";M(I)
70  NEXT I
80  FOR J= 1 TO 20
90  TAF(J)  (RO(J)- RF(J)/X(J)
100 ALFA  ATN (TAF(J))
110       Z(J) = 2TAF/3*(M/COS(ALFA)SIN(ALFA))LN
          RF/RO  12/√3(-TAF)*(9TAF2 +9TAF+2)1/2*{LN RO +
          TAF+x -LN RO/-TAF  }
120 NEXT J
130 CLS
140 Print TAB (2); "RO";TAB (15); "RF"; TAB
(27);"TAF";TAB(37);"X";TAB(44);"Z"
150 Print TAB(2) ;"- -"; TAB (15);"- -"; TAB (27);"- -"; TAB (37);"- -";
TAB(44);"- -"
160 FOR J  1 TO 20
170 Print RO(J) ; TAB (13) ; RF (J);TAB (5);TAF (J);TAB
(35);X(J),TAB(42);Z(J);
180 Print
190 NEXT J
200 END
```

X(mm)	Z_n		$R_{N(mm)}$	
0.5	Z_1	1.007453	R_1	14.944
1	Z_2	1.0164707	R_2	14.8779
1.5	Z_3	1.027398	R_3	14.798
2	Z_4	1.040666	R_4	14.7039
2.5	Z_5	1.03816303	R_5	14.4311
3	Z_6	1.0818266	R_6	14.136
3.5	Z_7	1.1319806	R_7	13.8201
4	Z_8	1.1898397	R_8	13.47995
4.5	Z_9	1.1026503	R_9	12.8371
5	Z_{10}	1.2158378	R_{10}	12.2250
5.5	Z_{11}	1.340644	R_{11}	11.6421
6	Z_{12}	1.478261	R_{12}	11.08696327
6.5	Z_{13}	1.147124	R_{13}	10.3515
7	Z_{14}	1.297957	R_{14}	9.73155
7.5	Z_{15}	1.4505913	R_{15}	9.205344
8	Z_{16}	1.603250	R_{16}	8.7561
8.5	Z_{17}	1.1106109	R_{17}	8.30863
9	Z_{18}	1.207845	R_{18}	7.96718
9.5	Z_{19}	1.291726	R_{19}	7.704
10	Z_{20}	1.3630095	R_{20}	7.5

جدول رقم (2) يمثل قيم الابعاد الخاصة للقالب المصمم

المناقشة

نلاحظ من خلال الشكل (3) والذي يبين العلاقة بين p/y و x من بداية القالب إن قيمة p/y تبدا بالزيادة كلما ابتعدنا من فتحة القالب وهذا يرجع إلى ان القدرة المبذولة تزداد كلما تزداد x حيث ان القدرة المبذولة لتحريك المعدن خلال القالب بشكل كامل اكبر من الطاقة المصروفة لتحريك المعدن خلال مقطع معين من القالب ذلك لزيادة قيمة طاقة التغلب على الأحتكاك وزيادة طاقة التقس كذلك زيادة الطاقة الداخلية لتشويه المعدن (w1). كذلك نلاحظ ان قيمة p/y هي محسوبة لقيمة معينة الى (m)وتم اعتبار قيمة m مساوية لـ(1) كاقصى قيمة مطلوبة لقدرة الأحتكاك وبتكرار المنحنى لقيم mالمختلفة نشكل (2) ان منحنى القدرة يتغير موقعه الى الأسفل وهذا مايؤيد ان نقصان قيم معامل الأحتكاك تزيد من قابلية التشكيل للمعادن او تقلل من القدرة لتشكيلها .

ايضا فان شكل القالب له تاثير مهم على قيمة القدرة فمثلا عندما يكون ميل القالب غير حاد تكون القدرة المصروفة قليلة كما موضح في المنطقة المحصورة بين قيمة 0 x الى x 4.5mm اما عندما يكون القالب حاد الميل فان الطاقة المبذولة تزداد كما هو واضح بجزء المنحنى المحصور بين النقطة 4.5 x الى نهاية القالب كما هو موضح في الشكل رقم (3).

الاستنتاجات

1. زيادة جزء الطاقة اللازمة للتغلب على الأحتكاك مع زيادة معامل الأحتكاك .
2. زيادة القدرة الكلية اللازمة للتشكيل مع زيادة مركبة الطاقة اللازمة لمقاومة الأحتكاك.
3. تزداد القدرة الكلية عندما يكون الميل حاد وبالعكس.
4. استخدام برنامج حاسوب للمساعدة في احتساب القدرة بطريقة (Upper bounded theory .) تقلل الوقت المصروف في الحسابات بشكل كبير ويجعل من الطريقة فعالة جدا.

المصادر

1- فاروق منصور مهدي (حساب الطاقة اللازمة للسحق باستخدام نظرية الحد الأعلى) رسالة دكتوراه ،الجامعة التكنولوجية، قسم الانتاج والمعادن 1999.

2- P.B. Miller, W. Johnson,(Engineering plasticity),van co , LONDON 1973.

3- د.جمال حسن محمد ،منذر محمد اليمني (دراسة انسيابية المعدن خلال عملية سحق انبوبة الحلقات بطريقة الحدود العليا) ، مجلة التقنية ، التكنولوجيا ، العدد(4) سنة 1997.

4- L.E. Farmer, P.L. Oxley,(A computer aided method for calculating the distribution of strain i... an experimental flow field, J. strain analysis.vol.11,NO.1.1976.

5- A., Dieter(Mechanical metallurgy) 3rd edition, McGraw-Hill co,1986.

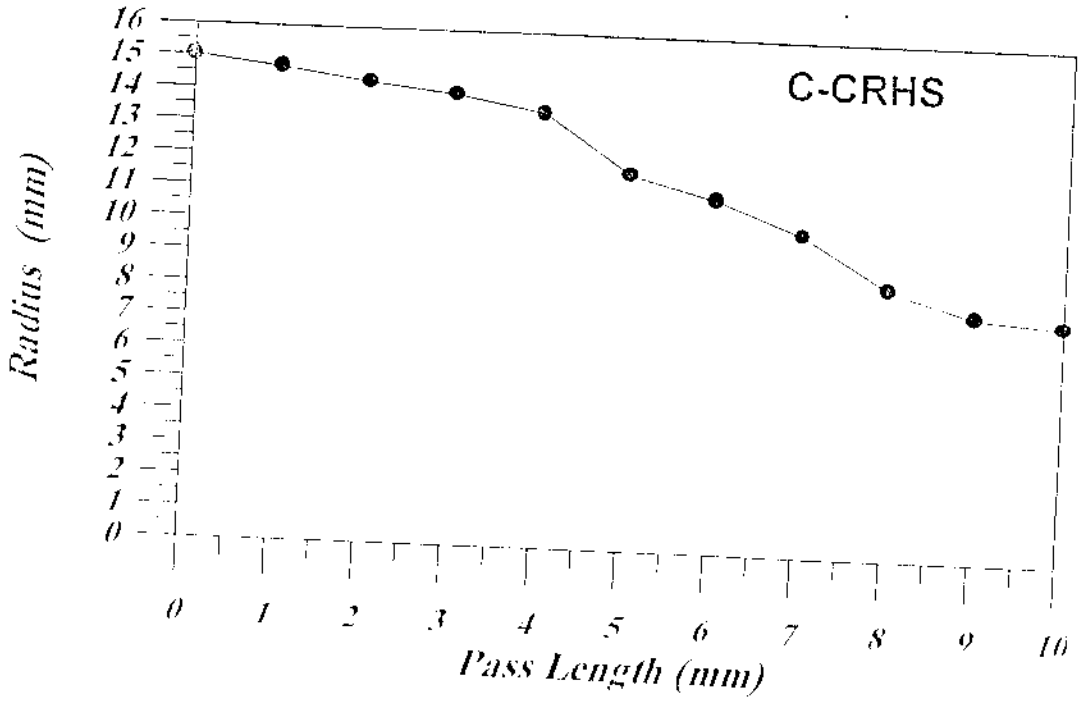
6- صلاح رسول حمزة ، البرمجة بلغة بيسك ، جامعة بغداد 1990.

7- GW basic, Microsoft co. 1988.

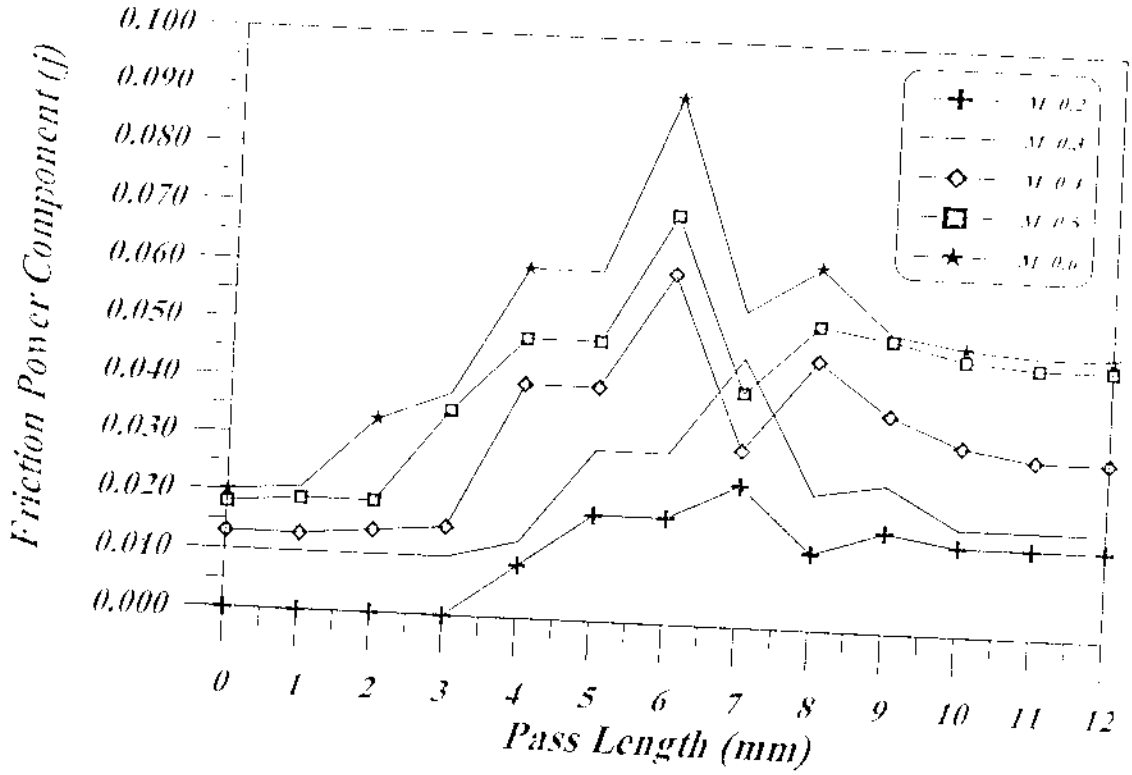
8- Sinha, Theory of metal forming and metal cutting ,Delhi,1986

9-Gupta ,(Theory of plasticity .),New Delhi ,1987.

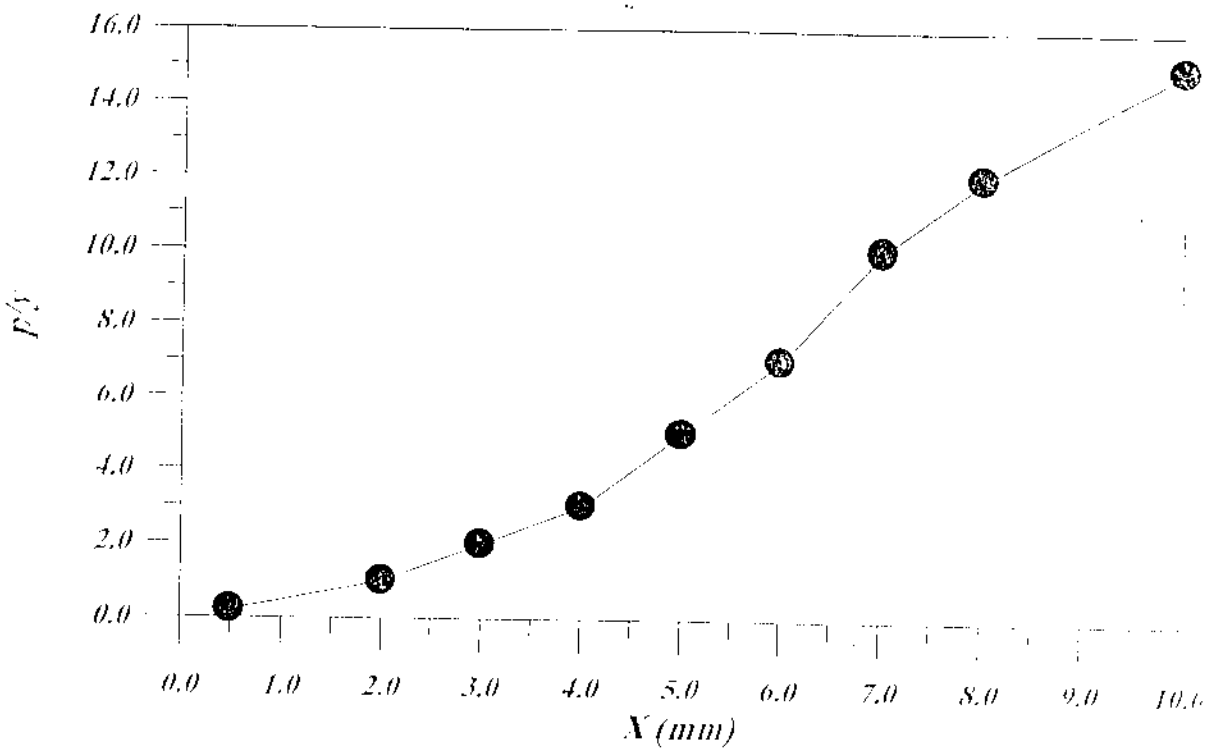
10-Doyle,(manufacturing processes and materials for engineers), Mc-Graw Hill company , 1984.



شكل رقم (1) يمثل الشكل الهندسي لقالب من نوع (C-CRHS).



شكل رقم (2) يوضح العلاقة بين مركبات قدرة الاحتكاك و طول المسار للقالب.



شكل رقم (3) يبين العلاقة بين p/y و X

Abstract

The aim of this paper is to obtain the relationship between the required power of deformation and the type of lubricant by using the upper bounded theory which is applied for one type of dies. The total pressure required to deform (p/y) through the die length is calculated. Also, energy components and the effect of increasing energy due to friction force between walls of die studied. Computer program in Basic language is written to reduce required operation time for calculating of upper bounded theory.

From the obtain result, decreasing of total require energy to deformation is occurred with reducing friction coefficient due to use hydraulic oil.