حل السؤال الأول :(40 درجة)

1. وضح بشكل **مختصر ودقيق** كيف يمكن أن يكون لمكان تركيب **الحساسات الدورانية والخطية** ضمن السلسة الكينماتيكية للمحور أو ميكانيزم آلة تشغيل مبرمج تأثيراً مباشراً في التغلب على **بعض** الأخطاء الهندسية الممكن تواجدها في الميكانيزم والتي تعد بمثابة مشوش لقراءة الحساس.

تبعا لمكان تثبيت حساس الموضع ضمن السلسلة الكينيماتيكية للمحور أو الميكانيزم , فانه يمكننا التغلب على بعض الأخطاء الهندسية الممكن تواجدها في الميكانيزم و التي تعد بمثابة مشوش لقراءة الحساس.

- تموضع الحساس على محرك المحور :

في حالة القياس يتم انطلاقا من محور المحرك, فانه لا يأخذ في هذه الحالة بعين الاعتبار :

- الخلوص (اللعب) في مخفض السرعة.
- أخطاء المخفض.
- خطأ خطوة اللولب الكروي (لولب القوة) و الناتج عن التصنيع.
- الخطأ الناتج عن تشوه لولب القوة عند التحميل.
- خطأ صامولة اللولب.

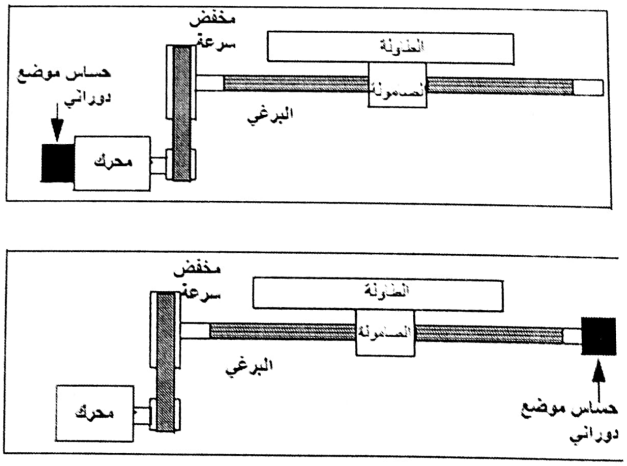
- تموضع الحساس على محور اللولب :

في حال تثبيت الحساس الدوراني على محور اللولب تماما, فان الحساس لن يأخذ بعين الاعتبار :

- خطأ خطوة اللولب.
- خطأ تشوه اللولب.
- خطأ صامولة اللولب.

وأخيراً تموضع الحساس على الجزء المتحرك (طاولة التشغيل) :

يعد هذا الحل مثاليا من الناحية الهندسية, و لكنه يعد باهظ الثمن.

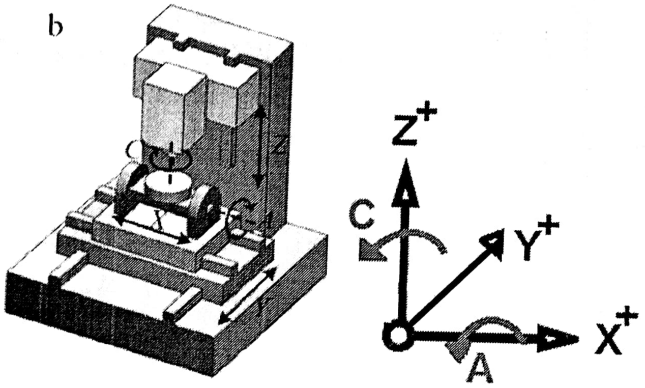


مكان تثبيت حساس الموضع

2. من أجل الفارزة المُبرمجة الموضحة **بالشكل(1)**,يُطلب تحديد **نوعها, وعدد الأجسام** الصلبة الأساسية للآلة و**عدد الاحداثيات** المُعممة.
تحديد **نوعها** من حيث التركيب الهندسيRRTTT**وعدد الأجسام** الصلبة الأساسية للآلة 6 و**عدد الاحداثيات** المعممة 5 .

$$DOF = q_i = 5$$
$$S = (DOF + 1) = (q_i + 1) = 6$$

3. اعتماداً على المعيار ISO841 **حدد منحى المحاور** الإحداثية (**الانسحابية والدورانية**).



لدينا: دوران C حول المحور Z +دوران A حول المحور X +ثلاث انتقالات $RRTTT \Leftrightarrow CAYXZ$

4. حساب **النموذج الحركي المباشر** للآلة $\left(\overrightarrow{O_0O_5}\right)_0$ ، **اعتبر** أن المسافة من النقطة O0 مركز جملة الاحداثيات(R0) حتى المركز O1 هي (d_z) مع الانتباه للاتجاه.

$$\left.\begin{matrix} S_0 \\ S_1 \end{matrix}\right] \rightarrow q_1 \xrightarrow{R,C^z} C$$
$$\left.\begin{matrix} S_1 \\ S_2 \end{matrix}\right] \rightarrow q_2 \xrightarrow{R,A^x} A$$
$$\left.\begin{matrix} S_2 \\ S_3 \end{matrix}\right] \rightarrow q_3 \xrightarrow{T,y} Y$$
$$\left.\begin{matrix} S_3 \\ S_4 \end{matrix}\right] \rightarrow q_4 \xrightarrow{T,x} X$$
$$\left.\begin{matrix} S_4 \\ S_5 \end{matrix}\right] \rightarrow q_5 \xrightarrow{T,z} Z$$

$$(0,1) = \begin{bmatrix} \cos(C_{ref} + q_1) & -\sin(C_{ref} + q_1) & 0 \\ \sin(C_{ref} + q_1) & \cos(C_{ref} + q_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(1,2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(A_{ref} + q_2) & -\sin(A_{ref} + q_2) \\ 0 & \sin(A_{ref} + q_2) & \cos(A_{ref} + q_2) \end{bmatrix} \& \cos(C_{ref} + q_1) = c_1; \sin(C_{ref} + q_1) = s_1$$

$$\cos(A_{ref} + q_1) = c_2; \sin(A_{ref} + q_1) = s_2$$

$$(0,2)=(0,1)\times(1,2)=\begin{bmatrix} c_1 & -s_1.c_2 & s_1.s_2 \\ s_1 & c_1.c_2 & -c_1.s_2 \\ 0 & s_2 & c_2 \end{bmatrix}$$

$$\left(\overrightarrow{z_5}\right)_{(0)}=\begin{bmatrix} \sin\left(C_{ref}+q_1\right).\sin\left(A_{ref}+q_2\right) \\ -\cos\left(C_{ref}+q_1\right).\sin\left(A_{ref}+q_2\right) \\ \cos\left(A_{ref}+q_2\right) \end{bmatrix}$$

$$\overrightarrow{O_0O_1}=L.\overrightarrow{z_0}$$

$$\left(\overrightarrow{O_2O_5}\right)_{(2)}=\begin{bmatrix} X_{ref}+q_4 \\ Y_{ref}+q_3 \\ Z_{ref}+q_5 \end{bmatrix}$$

$$\left(\overrightarrow{O_0O_5}\right)_{(0)}=\left(\overrightarrow{O_0O_1}\right)_{(0)}+(0,2)\times\left(\overrightarrow{O_2O_5}\right)_{(2)}$$

$$\boxed{\left(\overrightarrow{O_0O_5}\right)_{(0)}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -d_z \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} c_1 & -s_1.c_2 & s_1.s_2 \\ s_1 & c_1.c_2 & -c_1.s_2 \\ 0 & s_2 & c_2 \end{bmatrix}\times\begin{bmatrix} X_{ref}+q_4 \\ Y_{ref}+q_3 \\ Z_{ref}+q_5 \end{bmatrix}}$$

5. حساب النموذج الحركي **العكسي** للآلة **مُعتبراً** $\left(\overrightarrow{O_0O_5}\right)_{(0)}=(d_1,d_2,d_3)$ **ومُفترضاً** $\left(\overrightarrow{Z_5}\right)_{(0)}$ بشكل مشابه.

$$\left(\overrightarrow{z_5}\right)_{(0)}=\begin{bmatrix} \sin\left(C_{ref}+q_1\right).\sin\left(A_{ref}+q_2\right) \\ -\cos\left(C_{ref}+q_1\right).\sin\left(A_{ref}+q_2\right) \\ \cos\left(A_{ref}+q_2\right) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{\begin{aligned} q_1 &= \operatorname{asin}\left[\frac{d4}{\sin(A_{ref}+q_2)}\right]-C_{ref} \\ q_1 &= \operatorname{acos}\left[\frac{-d5}{\sin(A_{ref}+q_2)}\right]-C_{ref} \\ q_2 &= \operatorname{acos}(d6)-A_{ref} \end{aligned}}$$

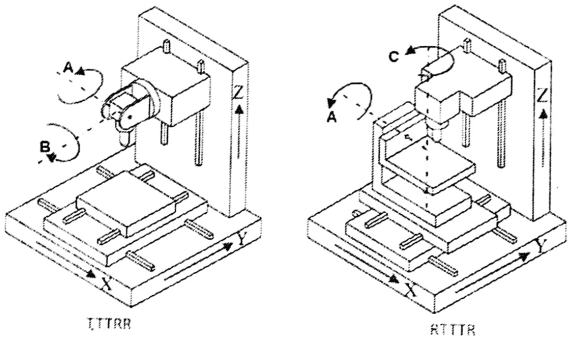
$$\boxed{\left(\overrightarrow{O_0O_5}\right)_{(0)}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -d_z \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} c_1 & -s_1.c_2 & s_1.s_2 \\ s_1 & c_1.c_2 & -c_1.s_2 \\ 0 & s_2 & c_2 \end{bmatrix}\times\begin{bmatrix} X_{ref}+q_4 \\ Y_{ref}+q_3 \\ Z_{ref}+q_5 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} c_1 & -s_1 c_2 & s_1 s_2 \\ s_1 & c_1 c_2 & -c_1 s_2 \\ 0 & s_2 & c_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_{ref} + q_4 \\ Y_{ref} + q_3 \\ Z_{ref} + q_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d3 + d_z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{ref} + q_4 \\ Y_{ref} + q_3 \\ Z_{ref} + q_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 \\ s_1 c_2 & c_1 c_2 & -s_2 \\ s_1 s_2 & c_1 s_2 & c_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d3 + d_z \end{bmatrix}$$

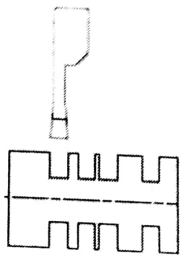
$$\boxed{\begin{bmatrix} q_4 \\ q_3 \\ q_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 \\ s_1 c_2 & c_1 c_2 & -s_2 \\ s_1 s_2 & c_1 s_2 & c_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d3 + d_z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_{ref} \\ Y_{ref} \\ Z_{ref} \end{bmatrix}}$$

في الشكل (2) وضح بشكل مبسط الفرق من حيث النوع بين هاتين الفارزتين :



حل السؤال الثاني :(20 درجة)

تستخدم الحلقات Cycles في عمليات التشغيل المبرمج بهدف تسهيل عمليات البرمجة للمهام التكرارية و خاصة في عمليات الخراطة المبرمجة, **و المطلوب : اشرح مستعيناً** بالرسم و الأمثلة البرمجية البسيطة و الواضحة طريقة برمجة:■ عمليات فتح المجرى (الأخاديد) ■ و عمليات فتح القلووظ الاحترافية بالخراطة.



■ **حلقة فتح الأخاديد G75** :

G75 GROOVING CYCLES

الصيغة البرمجية : $N_G75 \quad X_Z_F_\cancel{D}_I_K_$

يستخدم الأمر G75 لتشغيل الأخاديد في عملية الخراطة كما هو موضح بالشكل 15, حيث أن :

X : قطر الأخدود. (البرمجة باستخدام القطر).

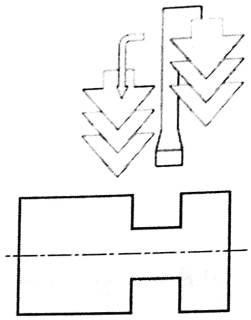
Z : بعد حافة الأخدود اليسارية على المحور Z.

F : مقدار التراجع النسبي (على المحور X).

~~D : العمق (offset X).~~

K : الحركة (الخطوة) بالاتجاه Z.

I : الحركة (الخطوة) بالاتجاه X. و تدل على عمق القطع للشوط الواحد قبل تنفيذ التراجع.



الشكل, حلقة فتح المجرى بالخراطة G75

مثال :

N25 G75 X0,25 Z-0,75 F0,125 I0,125 K0,125

ملاحظة : كما هو موضح في المثال السابق فان الرمز F محجوز لتحديد مقدار الارتداد أو التراجع النسبي, و بالتالي فان التغذية في هذه الحلقة يتم تحديده اعتمادا على آخر تغذية تم اعتمادها في البرنامج.

مثال : يبين استخدام الأمر G75, اسم المثال G75EX75

Workpiece Size : Length 4", Diameter 1"

Tool : Tool #5, Grooving Tool

Tool Start Position : X2, Z3

%

: 1075

N5 G90 G20

N10 T0505 F0.015

N15 M03

N20 G00 Z-0.5 M08

N25 X1.2

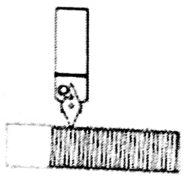
N30 G75 X0.5 Z-0.75 F0.125 D0 I0.125 K0.125 (Grooving cycle)

N35 G00 X4

N40 Z3 M09

N45 T0500 M05

N50 M30



- **حلقة قطع القلووظ G76 :**

G76 THREADING CYCLES

الصيغة البرمجية : $N_G76\ \ X_Z_D_K_A_F_$

يقوم الامر G76 بتنفيذ جميع عمليات قطع القلووظ و يكون على شكل حلقة Cycle, يتم فيها تغيير عمق القطع آليا و كذلك توليد مسارات التشغيل بشكل آلي. يتم توصيف الأمر G76 باستخدام عدة أحرف للعنونة هي :

X : القطر الأصغري للسن.

Z : الموضع عند نهاية السن.

D : عمق القطع للشوط الأول مقدرا بأجزاء الالوف (يقوم المتحكم بحساب عدد الأشواط بناء على عمق الشوط الأول).

K : عمق السن.

عنان
صحيحون درجة
٢٠٢٤/١/٢٣
٢٠٢٤-

P : خطوة السن (خطوة السن تساوي مقلوب عدد الأسنان بالانش الواحد في حالة الأسنان الانشية و تساوي المسافة بين قمتي سنين متتاليين في حالة الأسنان المليمترية).

A : زاوية الحد القاطع للاداة. (في حالة ادخال زاوية الحد القاطع, فان الأداة ستستمر بالقطع باستخدام الحافة القاطعة الرئيسية للأداة Leading Edge of the Tool. و في حالة عدم ادخالها فان الحد القاطع سيقوم بالقطع من الجهتين).

مثال :

N25 G76 X0,5 Z-1.0 D625 K0,25 A55 F0,1

في هذا المثال, تقوم الأداة بعملية قطع للسن, و ذلك انطلاقا من الاحداثي حيث الاداة في موضعها النهائي و انتهاء في النقطة المحددة بالاحداثي X,Z بالأمر G76. ان قيمة D تحدد عمق القطع لكل شوط, و تحدد القيمة K عمق القطع الكلي. ان القيمة A تحدد زاوية الحد القاطع, و تحدد قيمة F الخطوة الانشية.

مثال : يبين استخدام الأمر G76, اسم المثال G76EX76

Workpiece Size : Length 4", Diameter 1"

Tool : Tool #6, Neutral Tool

Tool Start Position : X2, Z3

%

: 1076

N5 G90 G20

N10 T0606 M08

N15 M03

N20 G00 X1

N25 Z0.1

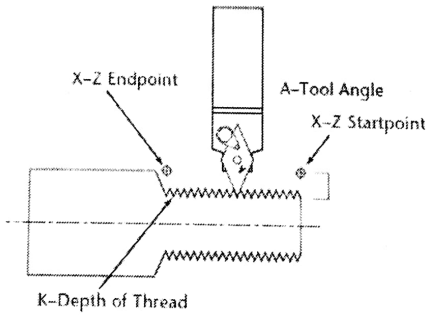
N25 G76 X0.96 Z-2 D625 K0.125 A55 F0.1 (Threading cycle)

N30 G00 X4

N35 Z3 M09

N35 T0600 M05

N40 M30



الشكل, نقطة البدء Startpoint و نقطة الانتهاء Endpoint في حلقة قطع السن G76

حل السؤال الثالث :(20 درجة)

يُراد انجاز عملية خراطة مبرمجة للمحور المتدرج الموضح **بالشكل (3).** فاذا علمت أن عملية الخراطة المبرمجة تتم على **مرحلتين :** الأولى **تخشينية** تهدف الى إزالة أكبر كمية من المعدن بأقل زمن ممكن و تتم على الغفل ذو القطر $\phi_{1)} = 4"$ بحيث يتم ترك سماكة للإنهاء بمقدار $U = W = 0.05"$ و الثانية **تنعيمية** حيث يتم فيها انجاز عملية الانهاء بالخراطة باستخدام أداة قطع مخصصة للإنهاء T02. **و المطلوب :**

1. جدول الاحداثيات :

#	X	Z
1	0	0
2	0.6	0
3	1	-0.2
4	1	-0.7
5	1.6	-1
6	1.8	-1
7	2	-1.1
8	2	-1.9
9	2.2	-2
10	2.6	-2
11	3	-2.6
12	3	-3
13	3.4	-3
14	3.4	-3.05
15	3.5	-4
16	4	-4

2. برنامج التشغيل:

Workpiece Size: 4" Diameter by 5" Length
Tools: Tool #1, Right-hand Turning Tool
Tool #2, Right-hand Finishing Tool
Tool Start Position: X4, Z3 نقطة بدء اختيارية للأداة خارج المادة

%
:1088
N5 G90 G20 G40
N10 T0101 M07
N15 M03S1000
N20 G00 Z0.2 M08

N25 G71 P30 Q105 U0.05 W0.05 D833 F0.011

N30 G01 X0 Z0
N35 X0.6
N40 X1 Z-0.2
N45 Z-0.7
N50 G02 X1.6 Z-1 I0.3 K0

N55 G01 X1.8
N60 X2 Z-1.1
N65 Z-1.9
N70 G02 X2.2 Z-2 I0.1 K0
N75 G01 X2.6
N80 X3 Z-2.6
N85 Z-3
N90 X3.4
N95 G03 X3.5 Z-3.05 I0 K-0.05
N100 G01 Z-4
N105 X4

N110 G00 Z5 T0100
N115 T0202
N120 G00 Z0.2
N121 M03S1750

N125 G70 P30 Q105 F0.011

N130 G00 Z3 M09
N135 T0200 M05
N140 M30

3. يعد التباعد بالقياس ما بين الأبعاد المحددة في برنامج التشغيل المبرمج و الأبعاد المقاسة من الأمور الشائعة في عمليات التشغيل المبرمج. ان ضبط هذه التباعدات و حصرها ضمن مجال التفاوتات الهندسية المسموحة يتطلب التحقق من الأمور التالية و التي تعد المنشأ الأساسي لهذه التباعدات و هي :
   - المعايرة الغير دقيقة للأداة, و الذي من شأنه التسبب باختلاف الأقطار و لكن بشكل متساو لأجل جميع الأقطار.
   - تآكل أداة القطع و بالتحديد أنف الحد القاطع. و هنا فانه يجب الإشارة الى استخدام أداة قطع مخصصة للإنهاء.
   - ضعف في جساءة آلة التشغيل المبرمج. و هنا فانه يتوجب علينا الاقلال من عمق القطع لشوط الانهاء و رفع سرعة الدوران و خفض معدل التغذية.
   - ان استخدام أدوات قطع للإنهاء ذات أنف مستدير يزيد من الضغط النوعي على السطح المشغل حتى تتم عملية القطع, و بالتالي ان الاقلال لحد كبير من عمق القطع بالإنهاء يؤدي لعدم دقة في الأسطح المشغلة.

-انتهت السلم-

د.م.معتز الحصريه& د.م. المهند مكي

2024/8/5