QUALIFICATION CINÉMATIQUE

et

PRÉCISION D’un GUIDAGE

1. **– GUIDAGE ARBRE-MOYEU PAR CONTACT DIRECT**
   1. **– Paramétrage**

Le rotulage, une conséquence cinématique de l’existence d’un jeu fonctionnel « J »:

D

d

L

J

D

d

α

L

Le rotulage s’évalue par un angle α en rd

* 1. **– Définitions**

⮚ Guidage : Dispositif matériel encadrant des mouvements relatifs entre pièces

⮚ Liaison : Modélisation cinématique d’un guidage

⮚ Arbre : Pièce contenue du guidage de section constante mais de géométrie variable

⮚ Moyeu : Pièce contenante du guidage de section constante mais de géométrie variable

⮚ Jeu fonctionnel « J » : Espace entre pièces nécessaire à leur mouvement relatif

⮚ Longueur de guidage « L »: Dimension axiale entre extrémités d’un guidage

⮚ Dimension transversale d’arbre « d »: Dimension radiale de l’arbre

⮚ Dimension transversale du moyeu « D »: Dimension radiale du moyeu

⮚ **Rotulage « α »** : Débattement angulaire radial entre moyeu et arbre

* 1. **- Problématiques**

**⮚ Faut-il prendre en compte le rotulage dans la qualification cinématique d’un guidage?**

**⮚ Comment dimensionner un guidage au regard d’un ISO ou HYPER STATISME escompté?**

* 1. **- Paramètres modifiables**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Paramètres dimensionnels du guidage | | |
| Dimension | Transversale  « d » | Jeu  fonctionnel  « J » | Longueur de guidage  « L » |
| Définie  d’après | Des critères dynamiques et de rdm | Les conditions fonctionnelles du guidage | Des critères souvent subjectifs de précision de guidage |
| MODIFIABLE ? | NON | NON | OUI |

* 1. **- Feuille de route de l’étude**

**L’Étude sera établie sur la base d’une relation :** **α = f(L)**

L’angle de rotulage « α » ne s’exprime ici qu’en fonction de la longueur de guidage « L », pour un jeu fonctionnel « J » et un diamètre « d » invariants.

L’illustration de l’étude sera établie sur la base de l’ajustement **∅**10H11e8

1. **– ÉQUATION FONCTIONNELLE DU ROTULAGE**
   1. **– Rapport de guidage**

⇒ ⇒ =

⇒ (5)

Introduction du jeu J :

⇒ ⇒ (1)

* 1. **– Expression de « α » en fonction de la longueur de guidage « L »**

Changement de variable :

Posons t= (2)

⇒ et ⇒ =

1. ⇒ ⇒

⇒

⇒ ⇒ (Eq. du second degré)

⇒ (3)

(3)+ (2)⇒ ⇒

⇒ ⇒

⇒ ⇒

* 1. **– Angle de rotulage**

Introduisons les changements d’appellations pour le logiciel Graphmaths :

⇒ (4)

**Avec :** ⮚ α : Variable de sortie (rd), L: Variable d’entrée (mm) , d et J étant des constantes.

⮚ et : Paramètres

* 1. **– Exemple**

Évolution de l’angle α de rotulage pour le jeu maxi de l’ajustement 10H11e8 :

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

Jmaxi=0,137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

0.3

* 1. **– Limite de débattement angulaire**

D

d

L≈0mm

Quelle est la valeur limite de l’angle α lorsque la longueur de guidage tend vers 0mm ?

⇒ ⇒

(5) ⇒

Or, Impossible ⇒

⇒ ⇒

⇒ (6)

**Exemple :** Ajustement **∅**10H11e8 :

1. **– MODÉLISATION DE LA COURBE**
   1. **– Modélisation par segments**

2 tangentes et une asymptote modélisent la courbe :

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

Tangente intermédiaire

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

Tangente première

Asymptote

0.329

1. **3 segments modélisent la courbe**

⮚ La tangente première est caractérisée par le rotulage maxi. (Tangente horizontale au point de rotulage maxi)

⮚ La tangente intermédiaire est une droite de pente non nulle (Tangente à la courbe au point d’inflexion).

⮚ L’asymptote est caractérisée par un rotulage nul. (Tangente horizontale au point de rotulage nul) d’équation :

1. **Construction mathématique des tangentes**

La construction des droites-tangentes nécessite :

⮚ Pente de la droite : dérivée première de la courbe

⮚ Point d’inflexion (dans le cas de la tangente intermédiaire): dérivée seconde de la courbe

* 1. **– Dérivées première et seconde de la fonction rotulage**

1. **Dérivée première**

On pose : ⇒

⇒

⇒

⇒

1. **Dérivée seconde**

⇒

Avec :

* 1. **– Construction de la tangente intermédiaire**

Courbes autorisant la construction du point d’inflexion :

0,01

0,1

1

10

100

-0.1

-0.05

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Longueur de guidage L (mm)

Angle de rotulage α (rd)

Point d’inflexion :

(L infl, α infl)

Courbe de rotulage :

α = f(L)

Courbe de dérivée première :

=g(L)

Courbe de dérivée seconde :

=h(L)

L infl

α infl

Tangente intermédiaire

0,001

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

1. **Point d’inflexion**

La tangente intermédiaire passe par le point d’inflexion de la courbe de rotulage:

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Longueur de guidage L (mm)

Point d’inflexion

Tangente intermédiaire

Angle de rotulage α (rd)

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

L’abscisse du point d’inflexion (Linfl) se détermine par la résolution de l’équation suivante :

⇒

1. **Équation tangente intermédiaire**

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

Point d’inflexion

Tangente intermédiaire

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

L’équation de l’asymptote intermédiaire est de type : +d

Avec :

* 1. **- Équation tangente première**

(6) ⇒

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

Tangente première

0.329

* 1. **– Équation asymptote**

(4) ⇒

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

Asymptote

0.329

1. **– GRAPHE ASYMPTOTIQUE et INTERPRÉTATION**

L autorisant un

**Rotulage négligeable**

L autorisant un

**Rotulage non négligeable**

0.01

0.1

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Jmaxi=0.137mm

Angle de rotulage α (rd)

Longueur de guidage L (mm)

**6.5**

**Longueur de guidage critique**

Rotulage de jeu maxi pour ajustement

**∅**10H11e8

Tangentes

1. **– MODÉLISATION CINÉMATIQUE DE GUIDAGES ET TRANSFORMATIONS DE LIAISONS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Modélisation de guidage **sans** butées axiales | | Modélisation de guidage **avec** butées axiales | |
| **Graphe asymptotique** | **Longueur de guidage critique**  0  Angle de rotulage α (rd)  Graphe pour un ajustement donné  Longueur de guidage L (mm) | | 0  Angle de rotulage α (rd)  Longueur de guidage L (mm)  Graphe pour un ajustement donné  **Longueur de guidage critique** | |
| **Qualification cinématique** | LINÉAIRE-ANNULAIRE | PIVOT-GLISSANT | ROTULE | PIVOT |
| **Technologie mise en œuvre** | ∅d  ∅d  **L**  **L** |  | **L**  ∅d | **L**  ∅d |
| **Paramètre d’action pour transformer une liaison** | **L** | **L** | **L** | **L** |
| **Action sur la longueur de guidage « L »**  à diamètre « d » et jeu fonctionnel « J» invariants | | **Action sur la longueur de guidage « L »**  à diamètre « d » et jeu fonctionnel « J » invariants | |

1. **– MODÉLISATION D’UNE LIAISON**

**Donnée :** Les jeux maxi et mini sont cette fois pris en compte

Courbes d’évaluation des amplitudes de rotulage :

0.01

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Rotulage pour ajustement

**∅**10H11e8

Jmini=0,025mm

Jmaxi=0.137mm

Longueur de guidage L (mm)

Angle de rotulage α (rd)

L autorisant un guidage précis

L autorisant un Rotulage

6,5

Graphe asymptotique de modélisation des liaisons :

0.01

1

10

100

0

0.05

0.1

0.15

0.2

0.25

0.3

Rotulage pour ajustement

**∅**10H11e8

Jmini=0,025mm

Jmaxi=0.137mm

Longueur de guidage L (mm)

Angle de rotulage α (rd)

L autorisant un Rotulage négligeable

L autorisant un Rotulage relatif

L autorisant un Rotulage maxi

0,1

6,5