

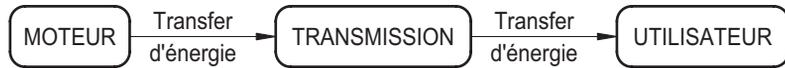


Index données techniques éléments de transmission

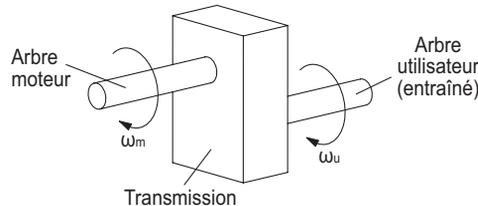
	pag.
1. INTRODUCTION AUX TRANSMISSIONS	997
2. ELEMENTS DE TRANSMISSION	997
2.1 La denture	998
2.2 Les engrenages cylindriques	999
2.3 Les crémaillères	999
3. NOTES TECHNIQUES	999
3.1 Couplage	999
3.2 Distance de fonctionnement	1000
3.3 Lubrification	1000
3.4 Matières	1000
4. INSTRUCTIONS POUR L'USINAGE DES ENGRENAGES EN PLASTIQUE	1001
5. APPLICATIONS	1001
GLOSSAIRE	1002

1. INTRODUCTION AUX TRANSMISSIONS

Une transmission mécanique est constituée par l'addition de plusieurs éléments servant à transmettre la puissance dans un système mécanique, transférant ainsi l'énergie d'un moteur à un utilisateur pendant une certaine période de temps:



Le transfert de la puissance du moteur à la transmission s'effectue généralement via l'arbre de transmission. Un arbre utilisateur (également appelé arbre entraîné) permet au contraire le transfert de cette puissance de la transmission à l'utilisateur.



La puissance transmise à l'utilisateur ne peut jamais être égale à celle qui sort du moteur. En effet, lors de la transmission, une partie de cette puissance sera dissipée par les frottements ou par la chaleur. Pour évaluer la quantité de puissance effectivement utilisée par rapport à celle générée, un coefficient (η) est utilisé:

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{M_r \cdot \omega_u}{M_m \cdot \omega_m} < 1$$

où:

- Puissance motrice (P_m) = Puissance utile (P_u) + Puissance dissipée (P_d)
- M_m et M_r sont, respectivement, le couple moteur et le couple résistant
- ω_m et ω_u sont, respectivement, la vitesse angulaire de l'arbre moteur et de l'arbre utilisateur

La puissance motrice est généralement exprimée sous la forme:

$$P_m [W] = M_m [Nm] \cdot \omega_m \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] = \frac{M_m [Nm] \cdot n_m [\text{rpm}]}{9,55} \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

Où n_m est le nombre de tours de l'arbre moteur exprimé en tours par minute (rpm) et 9.55 est le facteur de conversion des radians par seconde en rpm.

Le paramètre caractéristique de la transmission est le **rapport de transmission (τ)** qui est le rapport entre la vitesse angulaire de l'arbre moteur et celle de l'arbre entraîné:

$$\tau = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u}$$

$\tau > 1$: transmission avec réduction
 $\tau = 1$: transmission sans changement
 $\tau < 1$: transmission avec multiplication

2. ELEMENTS DE TRANSMISSION

Pour permettre la transmission d'un mouvement comme évoqué dans le paragraphe précédent, des éléments mécaniques spéciaux sont nécessaires. Un engrenage est un élément mécanique utilisé pour transmettre un mouvement et / ou un moment mécanique d'un objet à un autre. Généralement, il se compose de deux ou plusieurs roues dentées, qui peuvent être de taille identique ou différente. L'une des deux roues transmet le mouvement (engrenage moteur) et l'autre la reçoit (engrenage entraîné). L'engrenage entraîné tourne dans le sens opposé à l'engrenage moteur. Le plus petit engrenage est communément appelé un pignon, tandis que le plus grand est également appelé une couronne.

Il existe différents types d'engrenages dentés, les plus courantes sont: les engrenages cylindriques à denture droite, les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale, les engrenages coniques à denture droite, les couples pignon /crémaillère et le couple vis sans fin/engrenage hélicoïdal. Chacun de ces types d'engrenages dentés permet la transmission de mouvement entre des axes positionnés différemment.





Les engrenages réalisent la transmission de puissance entre des corps rigides grâce à l'interaction des dents progressivement en contact. La circonférence sur laquelle le couple d'engrenages dentés est mis en contact est appelée **circonférence primitive**. La distance entre les centres des cercles primitifs qui composent un couple d'engrenages s'appelle **distance de fonctionnement**.

Les dents peuvent avoir différents types de profils. Les profils les plus répandus ont la forme d'une **développante**, une courbe obtenue comme une trajectoire d'un point appartenant à une ligne qui roule sans glisser sur une circonférence.

Généralement, les dents se développent dans une direction radiale en suivant la surface primitive. La tête de la dent est définie comme la partie faisant saillie de la surface primitive et comprise entre la circonférence primaire et la circonférence de la tête. La partie qui tombe entre la circonférence primaire et la circonférence de base s'appelle la base de la dent. Chacune des surfaces latérales de la dent est appelée profil. Il est divisé en deux parties de la circonférence primitif: l'une extérieure à elle est appelée la **côte**, celle qui est placée à l'intérieur est appelée le **côté**.

Le profil d'une dent (Fig.1) peut être divisé en deux parties: l'**addendum** (h_a) qui est défini comme la distance prise dans la direction radiale entre la **circonférence primaire** (d) et la **circonférence de la tête** (d_a); le **dedendum** (h_f) qui est défini comme la distance, également radiale, entre la circonférence primitive et la **circonférence de base** (d_f), qui délimite la dent inférieure. La somme de ces deux grandeurs constitue la **hauteur de la dent** (h).

Le **pas des dents** (p) ou module est défini comme la distance entre deux points homologues de deux dents consécutives, mesurée le long de la circonférence primaire. L'**espace des dents** (e) est la longueur de l'arc d'une circonférence primaire entre deux dents consécutives. L'**épaisseur de la dent** (s) est la longueur de l'arc de circonférence primaire limitée par une dent. Enfin, la **largeur de la dent** (b) est définie comme la dimension axiale de la dent.

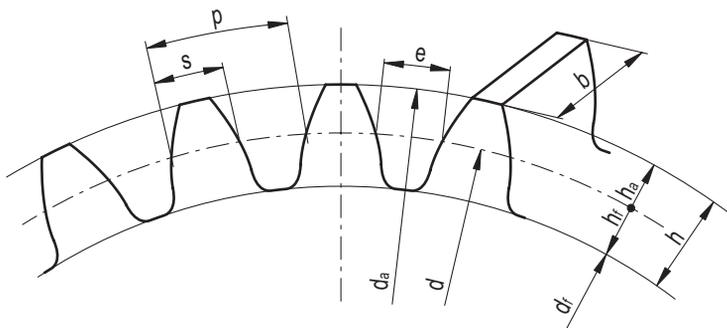


Fig.1: Profil d'une dent

Pour que deux engrenages dentés, dont le rayon de la primitive est égal à r_1 et r_2 , soient correctement maillés, ils doivent avoir le même pas p . Le pas des dents est donc lié à la circonférence primaire par la relation suivante:

$$2\pi \cdot r_1 = p \cdot z_1 \qquad e \qquad 2\pi \cdot r_2 = p \cdot z_2$$

où z est le nombre de dents présentes sur l'engrenage. A partir de là, une dimension fondamentale peut être obtenue dans l'utilisation des engrenages dentés, c'est-à-dire le **module de la denture** (m):

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2}$$

Pour que deux engrenages puissent s'entraîner correctement, ils doivent avoir le même pas (p), il en résulte qu'ils doivent également avoir le même module (m).

Le nombre de dents peut être lié au rapport de transmission (τ) par la formule suivante:

$$\tau = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

Une autre condition nécessaire est qu'ils aient le même angle d'inclinaison de l'hélice. Les dents de l'engrenage moteur transmettent aux dents de l'engrenage entraîné une poussée (F) qui a une direction propre à former un angle de pression (α) avec la tangente commune aux deux circonférences primitives. La valeur de l'angle de pression α influe sur le nombre minimum de dents qu'un engrenage peut avoir de sorte que le profil de la dent entière ait une forme en développante. Les éléments de transmission ELESA ont des angles de pression de 20° .

2.2 Les engrenages cylindriques

Les engrenages dentés les plus courants sont les engrenages cylindriques, qui ont leurs dents radialement sur la surface extérieure (ou interne). En particulier, les engrenages à denture droite sont utilisés pour transmettre le mouvement de rotation entre deux axes parallèles (ou arbres).

Les données du couple maximal indiquées dans les tableaux de la fiche technique résultent d'un croisement entre les calculs théoriques et les données expérimentales obtenues en laboratoire.

Les calculs théoriques sont basés sur la formule de Lewis. Selon cette formule la dent (Fig.2), considérée comme encastrée sur la couronne, ne cède pas sous l'action de la force (F) (considérée comme force statique) transmise par les engrenages. Cette théorie est basée sur les hypothèses suivantes:

- la contrainte de la force totale (F) sur la dent est considérée comme appliquée à la pointe de la dent elle-même
- la composante radiale de la force (F_r) qui exerce une contrainte de compression sur la dent est considérée comme négligeable; il s'ensuit que la composante de force (F) qui détermine la courbure de la dent est la seule considérée et, pour simplifier, aura la même valeur que la force tangentielle (F_t) sur la primitive
- pour le calcul, nous prenons la situation la plus défavorable mécaniquement avec seulement une paire de dents engagées

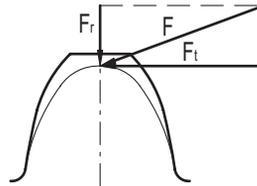


Fig.2: Application de forces sur la dent en utilisant la formule de Lewis

La force (F_t) est ensuite corrélée au couple (M) à travers le diamètre primitif:

$$M = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

Les données expérimentales ont été obtenues par des tests en laboratoire et vérifiées avec un logiciel prenant en compte la directive VDI 2736 pour la conception des engrenages dentés en technopolymère. Les essais ont été effectués en continu à des vitesses de 100-150 tr / min en l'absence de lubrification, pour atteindre les conditions les plus sévères.

Les couples indiqués dans les tableaux des fiches techniques donnent une indication générale et ne doivent pas être considérés comme valables pour chaque type d'application. Les conditions de fonctionnement (vitesse de rotation, présence de lubrifiants ou non, températures de fonctionnement, couplage avec des éléments de transmission de matériaux différents, facteur de service, etc.) ont un impact majeur sur les performances.

Le concepteur doit tenir compte des conditions réelles d'utilisation différentes de celles du laboratoire.

2.3 Les crémaillères

Une crémaillère (également connue sous le nom de denture) peut être considérée comme un engrenage avec un rayon infini. Elle est utilisée pour transformer le mouvement rotatif en mouvement de translation et vice versa. La roue dentée qui engrène avec la crémaillère s'appelle bobine ou pignon.

Contrairement aux engrenages cylindriques, la valeur mécanique la plus importante pour les crémaillères est la force maximale applicable sur une dent. Ceci est dû au fait qu'aucun couple n'est appliqué à cet élément de transmission particulier.

Les données de la force maximale indiquées dans les tableaux de la fiche technique sont le résultat d'essais en laboratoire au cours desquels une force croissante a été appliquée sur la dent de la crémaillère jusqu'à sa rupture. Il est à noter que la force maximale indiquée sur la fiche technique indique l'effort maximum tolérable dans le cas d'une seule dent engagée.

Une augmentation du nombre de dents n'augmentera pas linéairement la charge maximale applicable sur le produit car une seule dent fonctionnera toujours dans des conditions optimales.

3. NOTES TECHNIQUES

3.1 Couplage

Les éléments de transmission en technopolymère renforcé peuvent engrener à la fois avec des engrenages du même matériau que des engrenages en métal. En cas de couplage avec un engrenage métallique, grâce à la plus grande conductivité thermique du métal par rapport au technopolymère, il y a une meilleure élimination de la chaleur qui s'accumule pendant le fonctionnement. Dans le cas d'un couplage métal-technopolymère, la meilleure solution est lorsque le pignon est en métal et la couronne est en technopolymère, car l'usure de la roue dentée en technopolymère est plus faible.



3.2 Distance de fonctionnement

La distance de fonctionnement (I), c'est-à-dire la distance entre les centres des arbres sur lesquels sont montées les roues dentées, est donnée par la formule suivante:

$$I = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

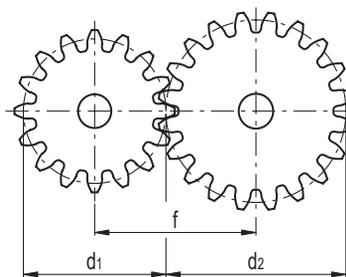
où d_1 et d_2 sont les diamètres primitifs des engrenages.

Afin d'obtenir un maillage optimal, il est nécessaire de prévoir un jeu de fonctionnement positif entre les deux centres des arbres, c'est-à-dire que la distance réelle (f) entre les centres des arbres sur lesquels les roues sont montées est légèrement supérieure à l'entraxe (I).

$$f = \frac{d_1 + d_2}{2} + t$$

Même avec un jeu négatif, le frottement entre les dents augmente, élevant la température de fonctionnement et réduisant par conséquent la résistance à l'usure et à la fatigue. Pour éviter ces problèmes, pour les engrenages ELESA, il est recommandé d'adopter les jeux de fonctionnement (t) suivants:

- (+0.03 +0.1) pour les modules entre 0.5 et 1.5
- (+0.08 +0.3) pour les modules plus grands



3.3 Lubrification

L'un des principaux avantages des engrenages en technopolymère renforcé est la possibilité de les utiliser même sans lubrification, en raison de la nature intrinsèque des polymères. Dans le cas c'est possible, il est cependant préférable d'utiliser un lubrifiant pour réduire la friction et l'usure, augmentant ainsi la durée de vie du produit. Pour les engrenages Elesa, il est recommandé d'utiliser des graisses lubrifiantes à base de savon au lithium et d'huile synthétique.

Avec le même nombre de tours, de couple et de conditions d'utilisation, l'utilisation de lubrifiants augmente considérablement la durée de vie de l'engrenage par rapport au fonctionnement à sec.

3.4 Matières

Les engrenages cylindriques et les crémaillères ELESA sont en technopolymère à base de polyamide renforcé de fibre de verre. Ce type de matière a parmi ses principales caractéristiques mécaniques:

- haute résistance à la torsion et à la traction (environ 3 fois plus élevée qu'à la résine acétalique)
- bonne résistance aux hautes températures
- un coefficient de frottement faible, surtout par rapport à l'acier, d'où il résulte que les engrenages en technopolymère peuvent également être utilisés dans les cas où la lubrification est impossible
- un faible poids spécifique, ce qui se traduit par une plus grande légèreté du produit par rapport aux alternatives métalliques
- Grande stabilité dimensionnelle, résistance à l'usure et résistance aux agents chimiques

Les engrenages cylindriques ZCP sont en revanche fabriqués en technopolymère à base acétalique, disposant notamment des principales caractéristiques mécaniques suivantes:

- un coefficient de friction très bas (environ la moitié de celui du technopolymère avec fibre de verre), qui permet une utilisation lorsqu'il est nécessaire d'éviter l'emploi de lubrifiants
- une haute résistance à l'usure, qui garantit une vitesse de rotation élevée ainsi qu'une longue durée de vie de l'engrenage.
- une faible hygroscopicité, qui permet une utilisation dans des environnements humides.
- il est physiologiquement inerte et convient donc pour le contact avec les aliments.
- haute résistance aux agents chimiques et aux solvants.



4. INSTRUCTIONS POUR L'USINAGE DES ENGRENAGES EN PLASTIQUE

Pour garantir la concentricité du trou, la prise de l'engrenage doit être faite avec la mâchoire directement sur les dents et non sur le moyeu, comme indiqué sur la Fig.3.

La surface de préhension avec les mâchoires doit être aussi grande que possible pour ne pas écraser la dent. Par exemple, pour le module 3 il est nécessaire de prendre au moins 3 à 4 dents, pour le module 1 au minimum 7 dents, et le diamètre de la mâchoire tournée doit être 1-2 mm plus grand que le diamètre de l'engrenage.

L'usinage de l'engrenage peut être effectué à sec, mais il serait plus approprié d'utiliser le soufflage d'air pour refroidir la pièce, en particulier pour l'usinage en profondeur, le perçage et le taraudage.

Les vitesses de coupes doivent être faibles (respecter les spécifications des outillages) et l'avancement rapide pour éviter la surchauffe des copeaux et leurs ré-encollage sur la surface travaillée. Il faut utiliser une profondeur d'ébauche élevée et pas trop faible pour la finition.

Pour l'exécution des clavettes, utilisez des vitesses d'avances assez élevées (2000-2500 mm / 1 ') et de



Fig.3: Usinage des engrenages

5. APPLICATIONS

faibles profondeurs de passe (0,3 / 0,5 mm) pour éviter la déchirure de la matière sortant de la pièce.

Pour le perçage, traînez les vitesses de coupe et les avances pas à pas élevées dans les composants de transition pour métaux et pour être utilisés dans des cas les applications de diamètre de pointe plus grande car le trou est plus précis que dans la partie plus fine qui est le diamètre. La plus grande légèreté par rapport aux produits métalliques augmente également le champ d'application aux secteurs des laques. Dans de tels cas, il est préférable d'utiliser des machines à commande numérique pour éviter les erreurs de fabrication. Les engrenages en technopolymère sont souvent utilisés en raison de leur rapport à leur utilisation pour les courbes, les engrenages.

Les engrenages en technopolymère s'avèrent être d'excellentes solutions, garantissant une résistance mécanique élevée combinée à des économies d'un point de vue économique.

Les domaines d'utilisation des technopolymères sont nombreux:

- Machines d'emballage
- Machines de nettoyage industriel
- Machines de traitement de la céramique et du verre
- Industrie alimentaire
- Industrie typographique
- Machines pour l'agriculture
- Industrie chimique et pharmaceutique
- Appareils ménagers



	Addendum Hauteur de la tête de la dent, c'est-à-dire la partie comprise entre la circonférence primaire et la circonférence de la tête.
	Angle de pression Angle entre la tangente à la circonférence primitive et la normale à la surface de la dent, tous deux prises au point où la circonférence primaire entre en contact avec la surface de la dent. C'est une caractéristique fondamentale de la denture: seuls les engrenages ayant le même angle de pression peuvent être couplés ensemble.
	Arbre de transmission Élément de transmission cylindrique, de longueur et d'épaisseurs différentes, qui reçoit un mouvement d'un arbre de transmission par une machine et qui transmet le mouvement et la puissance.
	Arbre entraîné Élément de transmission cylindrique, de longueur et d'épaisseurs différentes, qui reçoit un mouvement d'un arbre de transmission ou d'une roue d'entraînement.
	Base de la dent Partie de la dent située au-dessous de la circonférence primaire.
	Circonférence de base Circonférence qui délimite la base de la dent.
	Circonférence de la tête Circonférence qui délimite le sommet de la dent
	Circonférence primitive Circonférence le long de laquelle se produit le contact du couple denté.
	Côte (face d'une dent) Surface latérale de la dent située au-dessus de la circonférence primaire.
	Couronne (engrenage) Dans un système à deux engrenages dentés, la couronne est le plus grand engrenage de diamètre.
	Crémaillère Une crémaillère est un engrenage linéaire (un engrenage à rayon infini) qui, avec une roue dentée, appelée bobine ou pignon, est utilisé pour convertir le mouvement rotatif en mouvement linéaire continu ou vice versa.
	Dedendum Hauteur de la base de la dent, c'est-à-dire la partie comprise entre la circonférence de base et la circonférence primaire.
	Dent Élément saillant extérieurement ou intérieurement à partir de la circonférence de base et permettant, par contact avec une autre dent d'un deuxième élément de transmission, la transmission du couple ou de la force entre deux éléments de transmission différents.
	Distance de fonctionnement Distance théorique entre les centres des arbres sur lesquels les engrenages sont montés. Il est donné par la somme des rayons primitifs des deux engrenages dentés.
	Engrenage Mécanisme utilisé pour transmettre les mouvements d'un arbre à un autre, au moyen d'une paire des éléments dentés, principalement des engrenages. Il se compose généralement de deux ou plusieurs engrenages dentés, qui peuvent être de dimension égale ou différente.
	Engrenage cylindrique à denture droite (engrenage cylindrique) Engrenage à denture parallèle à l'axe du cylindre permettant la transmission du mouvement entre deux axes parallèles.
	Épaisseur de la dent Longueur de l'arc de la circonférence primaire délimitée par une dent.
	Espace dentaire Longueur de l'arc d'une circonférence primaire entre deux dents consécutives. Il représente l'espace vide entre deux dents.
	Flanc de la dent Surface latérale de la dent située en dessous de la circonférence primaire.
	Friction Force de friction qui se produit dans le contact entre deux corps pressés l'un contre l'autre, ce qui gêne leur mouvement relatif. La présence de frottement implique une perte d'énergie mécanique, dissipée en chaleur.

Jeu de fonctionnement

Distance entre les dents de deux engrenages couplés les uns aux autres. Le jeu de fonctionnement peut également être conçu comme la différence entre la distance réelle entre les centres des arbres sur lesquels les engrenages sont montés et l'entraxe mesuré comme la somme des rayons primitifs des deux engrenages dentés. Un jeu négatif (avec une distance réelle inférieure à l'entraxe) rapproche les dents des engrenages, ce qui se traduit par un plus grand contact entre les dents et donc une plus grande difficulté dans l'engrenage, avec risque de grippage. Un jeu de fonctionnement positif entraîne une réduction du risque de grippage mais, s'il est excessif, réduit le contact entre les dents limitant le couple transmis et diminuant l'efficacité de la transmission.

Largeur de la dent

Dimensions axiales de la dent.

Lubrifiant

Substance, généralement liquide, utilisée pour minimiser la friction entre deux surfaces qui se glissent l'une sur l'autre et qui sont utilisées pour protéger les pièces mécaniques sujettes à l'usure. Pour les engrenages Elesa, il est recommandé d'utiliser des graisses lubrifiantes à base de savon au lithium et d'huile synthétique.

Module de la denture

Rapport entre le diamètre primitif de l'engrenage et le nombre de dents de l'engrenage. C'est l'un des paramètres caractérisant les dents d'un engrenage: pour que deux engrenages dentés puissent engrener, ils doivent avoir le même module.

Pas d'engrenage (pas circulaire)

Distance entre deux points homologues de deux dents consécutives, mesurée le long de la circonférence primaire. Le pas de denture permet de calculer le module d'engrenage et est une mesure fondamentale pour évaluer si deux engrenages dentés peuvent être couplés: des engrenages dentés avec des pas différents ne peuvent pas engrener les uns avec les autres.

Pignon

Dans un système à deux engrenages dentés, le pignon représente l'engrenage de plus petit diamètre. C'est aussi l'engrenage denté qui s'adapte à une crémaillère (considérée comme un engrenage à rayon infini) pour transformer le mouvement de translation en linéaire ou vice versa.

Tête de la dent

Partie de la dent dépassant de la circonférence primitive.

Usure

Consommation d'une matière due au frottement avec d'autres matières.