



TECHNISCHE DATEN - STIRNRÄDER UND ZAHNSTANGEN

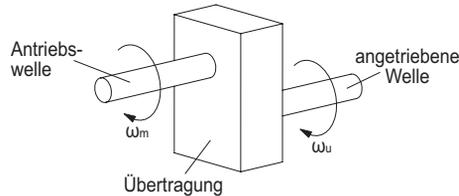
	Seite
1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN	997
2. STIRNRÄDER UND ZAHNSTANGEN	997
2.1 Verzahnung	998
2.2 Stirnräder	999
2.3 Zahnstangen	999
3. TECHNISCHE INFORMATIONEN	999
3.1 Zahnradpaarung	999
3.2 Arbeitsabstand	1000
3.3 Schmierung	1000
3.4 Werkstoffe	1000
4. BEARBEITUNG VON ELESA STIRNZAHNRÄDERN	1001
5. ANWENDUNGEN	1001
GLOSSAR	1002

1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Die Übertragungselemente ermöglichen die von einer zentralen Energiequelle zur Verfügung gestellten Energie auf mechanische Systeme zu verteilen:



Die Übertragung dieser Energie von der Maschine zum Getriebe passiert über das Antriebszahnrad. Das Ausgangszahnrad wiederum ermöglicht die Übertragung dieser Kraft vom Getriebe zum Anwender.



Die Kraft, die beim Anwender ankommt ist nie so hoch, wie jene die von der Maschine ausgeht. Während der Übertragung wird Teil der Kraft durch Reibung und Hitze abgebaut. Der Wert (η) wird zum Vergleich der aufgewendeten Kraft mit jener, die zur Verwendung kommt, herangezogen:

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

wobei:

- Antriebsleistung (P_m) = nutzbare Leistung (P_u) + Verlustleistung (P_d)
- M_m und M_r , sind Antriebs- und Widerstandsmoment.
- ω_m und ω_u , ist die Winkelgeschwindigkeit der treibenden und der angetriebenen Welle.

Die Antriebsleistung wird wie folgt ausgedrückt:

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

Wobei n_m die Anzahl der Umdrehungen der treibenden Welle pro Minute (U/min) und 9,55 der Umrechnungsfaktor von Radiant pro Sekunde in U/min ist.

Die ausschlaggebenden Parameter für die Übertragung sind das **Übersetzungsverhältnis** (τ), das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeit der treibenden und der angetriebenen Welle:

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

- $\tau > 1$: Übersetzung ins Langsame
- $\tau = 1$: Übersetzung ohne Veränderung
- $\tau < 1$: Übersetzung ins Schnelle

2. STIRNRÄDER UND ZAHNSTANGEN

Ein Getriebe überträgt das mechanische Moment von der Antriebswelle zur Abtriebswelle. Grundsätzlich besteht dieses aus zwei oder mehr Zahnrädern, die die selbe oder aber auch unterschiedliche Größe haben. Eines der beiden Zahnräder überträgt die Bewegung (Antriebszahnrad) und das anderen empfängt diese (Ausgangszahnrad). Das Ausgangszahnrad dreht sich in die entgegengesetzte Richtung des Antriebszahnrad. Das kleinste Zahnrad wird Ritzel genannt, das größte einfach nur Zahnrad.

Es gibt unterschiedliche Arten von Zahnrädern - die gängigsten Formen sind: Stirnräder, Schrägstirnräder, Kegelzahnräder, Zahnstangen, Antriebszahnräder und Schneckengetriebe. Jede dieser Formen ermöglicht die Übertragung von Bewegung zwischen unterschiedlich positionierten Achsen.



2.1 Verzahnung



Bei Stirnradgetrieben kommt es zur Kraftübertragung durch starre Bauteile z.B. über Zahnräder. Als **Teilkreisdurchmesser** bezeichnet man Kreisumfang an dem der Eingriffspunkt zweier ineinandergreifender Zähne liegt. Der **Arbeitsabstand** ist der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Achsen auf dem die Zahnräder montiert sind.

Die Zähne können unterschiedliche Formen haben. Die **Evolventenverzahnung** ist die bedeutendste Verzahnungsart im Maschinenbau.

Generell, bewegt sich der Zahn in radialer Richtung fort. Der Kopf des Zahnes ist jener Teil des Zahnes, der über den Teilkreis hinausgeht. Als Fuß des Zahnes bezeichnet man jenen Teil unterhalb des Teilkreises. Die Zahnform wird, vom Teilkreis ausgehend, in zwei Bereich geteilt: der externe Bereich wird **Kopfflanke** genannt, der innere Bereich **Zahnflanke**.

Die Form eines Zahnes (Abb. 1) kann in zwei Bereich unterteilt werden: Als **Zahnkopfhöhe** (h_a) wird der radiale Abstand zwischen dem **Teilkreis** (d) und dem **Kopfkreis** (d_a) bezeichnet; als **Zahnfußhöhe** (h_f) bezeichnet man den radialen Abstand zwischen dem **Teilkreis** und dem **Fußkreis** (d_f). Die Summe beider ergibt die **Höhe des Zahnes** (h).

Als **Teilkreisteilung** (p) bezeichnet man die Bogenlänge auf dem Teilkreis zwischen zwei Zähnen. Die **Lückenweite** (e) ist der Bereich zwischen zwei Zähnen. Die **Zahndicke** (s) ist die Dicke des Zahnes auf Höhe des Teilkreises. Die **Zahnbreite** (b) bezeichnet die axiale Länge eines Zahnes.

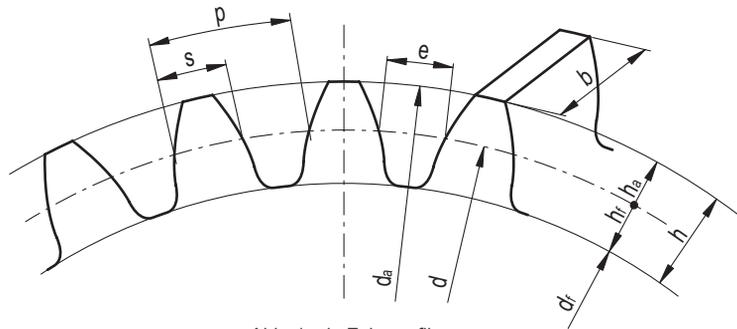


Abb. 1: ein Zahnprofil

Damit zwei Zahnräder richtig ineinander greifen können (mit einem Radius des Teilkreises von r_1 und r_2), haben beide die gleiche Teilung p . Die Teilkreisteilung steht daher mit dem Teilkreis in folgender Relation:

$$2\pi \cdot r_1 = p \cdot z_1 \quad \text{und} \quad 2\pi \cdot r_2 = p \cdot z_2$$

wobei z die Anzahl der Zähne eines Zahnrades ist. Daraus ergeben sich weitere wichtige Werte, wie z.B. das **Modul m**:

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

Um korrekt ineinander zu greifen, müssen zwei Zahnräder über die selbe Zahnradteilung p verfügen; somit müssen sie auch den selben Modulwert m haben.

Die Anzahl der Zähne hängt auch mit dem Übersetzungsverhältnis τ gemäß der folgenden Formel zusammen:

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

Damit zwei Zahnräder ineinander greifen, müssen diese den selben Neigungswinkel haben. Die Zähne des Antriebszahnrades übertragen auf die Zähne des Ausgangszahnrades die Kraft F . Dadurch ergibt sich ein Eingriffswinkel α der tangential zum Wälzkreis verläuft. Der Wert des Eingriffswinkels α bestimmt die Mindestanzahl der Zähne, die ein Zahnrad haben muss, damit dieses eine Evolventenform hat. Die Übertragungselemente von ELESA verfügen über einen Eingriffswinkel von 20° .

3.2 Arbeitsabstand

Der Arbeitsabstand (I) ist jener Abstand zwischen den Mittelpunkten der Achsen auf dem die Zahnräder montiert sind und ergibt sich wie folgt:

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

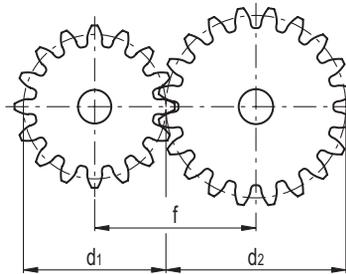
wobei d1 und d2 die Teilkreisdurchmesser der Zahnräder sind.

Damit zwei Zahnräder optimal ineinander greifen können, benötigt man ein positives Flankenspiel zwischen den Mittelpunkten der beiden Achsen: Der effektive Abstand (f) zwischen den beiden Mittelpunkten der Achsen ist etwas länger als jener des Arbeitsabstandes I.

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

Das ineinander Greifen ohne bzw. mit negativem Flankenspiel würde die Reibung zwischen den Zähnen erhöhen und dadurch die Betriebstemperatur und Verschleiß erhöhen. Um dies zu vermeiden empfiehlt ELESa die folgenden Toleranzen:

- (+0.03 +0.1) für Module 0.5 – 1.0 – 1.5
- (+0.08 +0.3) für größere Module



3.3 Schmierung

Dank der selbstschmierenden Eigenschaften von Polymeren, können grundsätzlich Thermoplast Zahnräder auch ohne Schmieröl verwendet werden. Die Verwendung von Schmierölen wird jedoch empfohlen, um Reibung und Abnutzung zu vermeiden und damit die Lebensdauer des Produkts zu verlängern. Für Zahnräder von Elesa empfehlen wir Schmierfette auf Basis von Lithium-Seifen und synthetischem Öl.

Bei gleichen Bedingungen (Umdrehungen pro Minute, Drehmoment) erhöht die Verwendung von Schmiermittel die Lebensdauer erheblich.

3.4 Werkstoffe

Stirnzahnräder und Zahnstangen von Elesa sind aus glasfaserverstärkten Thermoplast (PA) gemacht. Die Hauptmerkmale des Materials sind:

- hohe Widerstandsfähigkeit bei Torsion sowie hohe Festigkeitswerte (dreimal höher als bei Thermoplast - Polyacetal POM);
- Beständigkeit bei hohen Temperaturen;
- geringer Reibungskoeffizient, speziell im Vergleich zu Stahl. Zahnräder aus Thermoplast finden v.a. dann Verwendung, wenn Schmiermittel nicht verwendet werden dürfen;
- geringes Gewicht, v.a. im Vergleich zu Zahnräder aus Metall;
- hohe Formstabilität, hohe Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß und chemische Substanzen.

Die ZCP Stirnzahnräder werden aus Thermoplast (POM) mit den folgenden mechanischen Eigenschaften hergestellt:

- sehr niedriger Reibungskoeffizient (etwa halb so hoch wie bei einem Thermoplast mit Glasfasern), der einen Einsatz selbst dort ermöglicht, wo Schmiermittel vermieden werden müssen.
- hohe Verschleißfestigkeit, die sowohl eine hohe Drehzahl als auch eine lange Lebensdauer des Getriebes garantiert.
- geringe Hygroskopizität, was die Verwendung in feuchten Umgebungen ermöglicht.
- physiologisch unbedenklich, daher auch für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet.
- hohe Beständigkeit gegen Chemikalien und Lösungsmittel.



4. BEARBEITUNG VON ELESÄ STIRNZÄHRÄDERN

Möchte man am Zahnrad nachträglich eine Bohrung oder Keilnut anbringen müssen Greifer verwendet werden, die sich an den Durchmesser des Zahnrades anpassen um diese von außen zu fixieren (siehe Abb. 3).

Die Spannfläche muss möglichst breit gewählt werden (z.B. für Modul 3 müssen 3-4 Zähne, bei Modul 1 zumindest 7 Zähne geklemmt werden).

Die Bearbeitung der Stirnzahnräder kann trocken erfolgen. Es empfiehlt sich jedoch eine Kühlung durch Luft.

Beim Zerspanen keine zu hohe Geschwindigkeit verwenden und auf eine rasche Bearbeitung achten, damit die Späne aufgrund der Hitze nicht schmelzen und an der zu bearbeitenden Oberfläche kleben bleiben.

Um Risse beim Erstellen von Keilnuten zu vermeiden verwenden Sie einen hohen Vorschub (2,000 – 2,500mm/min) und geringe Schneidtiefen (0.3-0.5mm).

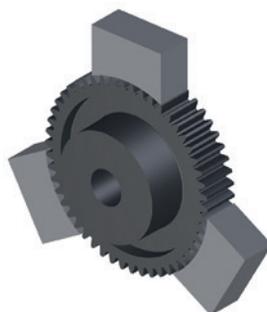


Abb.3: Zahnradbearbeitung

5. ANWENDUNGEN

Die Übertragungseinheiten aus Thermoplast (PA) sind eine gute Alternative zu Übertragungseinheiten aus Metall. Sie werden v.a. überall dort verwendet wo eine Geräuschreduktion oder die Vermeidung von Schmiermittel gefordert ist. Auch das geringe Gewicht kann für Anwendungen von Vorteil sein. Zusätzlich verringert die hohe Beständigkeit gegenüber chemischen Substanzen die Korrosion in aggressiven Umgebungen.

Die Metall-Zahnräder sind oft überdimensioniert und können daher sehr gut durch Thermoplast-Zahnräder ersetzt werden.

Anwendungsbereiche für Zahnräder aus Thermoplast sind:

- Verpackungsmaschinen und Förderbänder
- Industrielle Reinigungsmaschinen
- Maschinen für die Verarbeitung von Glas und Keramik
- Catering Equipment
- Typographische Industrie
- Landwirtschaftliche Maschinen
- Chemische und pharmazeutische Industrie
- Haushaltsgeräte





Abnutzung

Materialverschleiß durch Abrieb.

Antriebswelle

Zylindrisches Übertragungselement unterschiedlicher Länge und Stärke; auf dieses wird die Antriebskraft mittels Maschine übertragen.

angetriebene Welle

Zylindrisches Übertragungselement unterschiedlicher Länge und Stärke; hier wird Bewegung mittels getriebener Welle oder Triebwerk übertragen.

Arbeitsabstand

Der Arbeitsabstand ist der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Achsen auf dem die Zahnräder montiert sind.

Eingriffswinkel

Der Eingriffswinkel ist jener Winkel, den die Eingriffsgerade zur Kreistangente des Wälzkreises am Wälzpunkt hat. Dies ist auch der Flankenwinkel des Bezugsprofils (Eingriffsgerade steht ja genau senkrecht auf die Flanke). 20° sind hier ein Standardwert. Nur Zahnräder mit dem selben Eingriffswinkel können gepaart werden.

Flankenspiel

Ein Flankenspiel ist bei gepaarten Zahnrädern notwendig, um etwaige Wärmedehnungen auszugleichen, Schmiermittel einbringen zu können und mögliche Toleranzen durch Einbauungenauigkeiten auszugleichen. Dabei wird der Abstand (das Spiel) zwischen den Rückflanken eines Zahnpaars als Flankenspiel bezeichnet. Er entsteht, während sich die Arbeitsflanken berühren. Verzahnungen haben immer eine Spielpassung. Absolut spielfreie Verzahnungen können leicht klemmen. Zudem würden unkontrollierbare Kräfte an den Wellen auftreten. Andererseits führt ein kleineres Spiel zu einem ruhigeren Betriebsverhalten.

Fußflanke

laterale Oberfläche des Zahnes unterhalb des Teilkreises

Fußkreis

Kreis, der die Basis des Zahnes abgrenzt.

Getriebe

Mechanismus zu Übertragung von Bewegung mittels Zahnräder. Es besteht grundsätzlich aus zwei oder mehreren Zahnräder gleicher oder unterschiedlicher Größe.

Kopfflanke

laterale Oberfläche des Zahnes über dem Teilkreis

Kopfkreis

Kreis der den Kopf des Zahnes begrenzt.

Lückenweite

Bereich zwischen zwei Zähnen.

Modul

Modul ist ein Maß für die Größe der Zähne von Zahnrädern. Es ist definiert als der Quotient aus der Zahnradteilung (dem Abstand zweier benachbarter Zähne) und der Kreiszahl. Damit zwei Zahnräder ineinandergreifen können, müssen sie über dasselbe Modul verfügen.

Reibung

Reibungskraft entsteht wenn zwei Körper aufeinander gepresst werden und dadurch Bewegung verhindert wird. Die führt zu einem Verlust an mechanischer Energie in Form von Hitze.

Ritzel

Bei einer Paarverzahnung ist das Ritzel das Rad mit dem geringeren Durchmesser. Es übersetzt die translatorische in eine lineare Bewegung bzw. vice versa.

Schmiermittel

eine flüssige Substanz, die die Reibung zwischen zwei Oberflächen minimiert und sie dadurch vor Abnutzung schützt. Für Elesa Zahnräder werden Schmieröle auf Basis von Lithium-Seife oder synthetischem Öl empfohlen.

Stirnrad

Zahnräder parallel zur Zylinderachse; diese erlauben eine Übertragung der Bewegung auf parallele Achsen.

Teilkreisdurchmesser

entlang dieses Kreises liegt der Eingriffspunkt zweier ineinandergreifender Zahnräder.

Teilkreisteilung

Ist die Bogenlänge auf dem Teilkreis zwischen zwei Zähnen.

Verzahnung

Vom Fußkreis vorstehendes Element, dass bei Kontakt mit einem zweiten Zahn, eines zweiten Übertragungselements, die Übertragung von Kraft zwischen zwei Übertragungseinheiten ermöglicht.

Zahnbreite

Axiale Länge eines Zahnes

Zahndicke

Die Dicke des Zahnes auf Höhe des Teilkreises

Zahnfuß

Bereich des Zahnes der unterhalb des Teilkreises liegt.

Zahnfußhöhe

Höhe des Zahnes im Bereich zwischen Fuß- und Teilkreis

Zahnkopf

Teil des Zahnes, der über den Teilkreis hinausgeht.

Zahnkopfhöhe

Höhe des Zahnes im Bereich zwischen Teil- und Kopfkreis

Zahnstange

Ist ein lineares Getriebe, das zusammen mit einem Zahnrad, Antriebszahnrad, die Rotationsbewegung in eine lineare bzw. vice versa umwandelt