

KMT - Kontrollfragen

2. Maschinenelemente

1. Wodurch unterscheiden sich Achsen und Wellen?

Achse kann umlaufend oder feststehend sein. Achsen übertragen kein Drehmoment.
Wellen stehen immer mit Wellen übertrag. Drehmoment.

2. Welle-Nabe-Verbindungen.

formschlüssig: Polygonprofil
reißschlüssig: Klauenverbindung
stoffschlüssig: Klebeverbindung

3. Handelt es sich um eine Achse oder eine Welle?



Es handelt sich um eine Achse. Diese ist feststehend.
Die Nabe der Rolle dreht sich um die Achse.
→ Die Achse überträgt kein Drehmoment.

4. Aufgaben von Lagern. Einteilung bezüglich der Richtung ihrer Lagerkraft.

Lager entlasten die Reibung zwischen zwei beweglichen Teilen. Sie lassen Bewegung nur in eine bestimmte Richtung zu (Drehen ohne Hohlendenken).

Radiallager: Aufnahme von Radialkräften (senkrecht zur Welle)

Axiallager: Aufnahme von Axialkräften (in Richtung der Welle)

Radial-Axial-Lager: Aufnahme von Radial- und Axialkräften

5. Einteilung von Wälzlager bezüglich der Form ihrer Wälzkörper.

Je nach Anwendungsfeld: Kugellager, Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager, Nadelrollenlager, Torxrollenlager

6. Vor- und Nachteile eines Gleit- bzw. Wälzlagers.

Gleitlager: ⓐ geringe Kosten, hohe Drehzahl, sehr geringer Verschleiß (Hydrodynamisches Lager), Geräuscharm, stoßempfindlich,
ⓑ hoher Verschleiß (festes Lager)

Wälzlager: ⓐ kein Schmiermittel, geringe Reibung → geringer Verschleiß
ⓑ höhere Kosten, niedrige Drehzahlen

7. Anwendungsgebiete für eine Scheibenkupplung, eine Kreuzschalkkupplung und eine Festkupplung.

Scheibenkupplung (los): Verbindung zweier Wellen in Flucht ohne Versatz → zeitliche Verbindung

Kreuzschalkkupplung (drehfest): Übertragung niedrigerer Antriebsleistungen → Ausgleich von axialem/rotatorischem Versatz

Festkupplung: Verbindung zweier Wellenenden mit Fluchtungsfehler → in beide Richtungen drehbar, Schwingungsdämpfer

8. Werden die Zähne von Zahnradpaaren in der Zeichnerischen Darstellung gestrichelt?

Nein, Zähne von Zahnradpaaren werden nicht gestrichelt!

9. Aufgabe von Getrieben. Verhältnis von Drehzahl und Drehmoment.

Getriebe übersetzen die Leistung in eine hohe Drehzahl (kleines Drehmoment) bzw. ein großes Drehmoment (geringe Drehzahl)

10. Funktion von Dichtungen.

Verhinderung oder Begrenzung des Stoffaustauschs zwischen zwei Räumen. (fest, flüssig oder gasförmig)

Voraussetzung zur Abdichtung nach außen, sodass kein Medium (z.B. Öl) nach außen gelangt und kein Schmutz nach innen.

11. Unterschied zwischen einer statischen und einer dynamischen Dichtung.

Dynamische Dichtungen (zu 2 bewegten Teilen) haben im Vergleich zu statischen Dichtungen (zu 2 ruhenden Bauteilen) eine Relativbewegung.

12. Vorteile von Tellerfedern gegenüber Schraubenfedern.

Schraubenfedern können als Zug- oder Druckfedern eingesetzt werden.

Tellerfedern können sehr modular und anwendungsspezifisch zu Kombinationen aus Tellerfedersätzen und Tellerfederspalen zusammengefasst werden. Durch diese Einflusnahme auf die Federhärte kann zum Beispiel eine Feder erstellt werden, die am Anfang der Belastung mehr nachgibt als am Ende.

13. Beispiele für Stabfedern.

Blattfeder (z.B. Achsfeder im Auto) → Biegebeanspruchung, geschichtet, flach, bogenförmig

Drehfeder (z.B. Wendeklammer, Einschaltschalter) → Biegebeanspruchung, erzeugt Drehmoment

14. Verwendung von Sicherungsringen.

Sicherungsringe werden verwendet um axiale Verschiebung zu verhindern.

Zu beachten ist, dass zur Montage benötigte Platz, der Sicherungsring nur von Hand mit einer Zange als montiert eingeklebt werden können. Außerdem entfällt durch die für das Anbringen des Sicherungsringes notwendige Nut eine hohe Kraftwirkung.

15. Vor- und Nachteile einer Schweißverbindung.

① - Stoffdicht (hermetisch dicht)

- sehr stabil

- stoffschlüssig → Übertragung von Kräften, Biege- und Torsionsmomenten

- bei hohen Temperaturen behaltbar

② unlösbar

relativ teuer

16. Lötverfahren bei 500°C

Hochlöten: Temperatur von über 450°C

(< 450°C → Weislöten, > 500°C → Hochtemperaturlöten)

3. Statik

1. Durch was ist eine Kraft definiert?

Betrag, Richtung, Wirkungsdauer, Angriffspunkt

2. Kann sich ein bewegter Körper im Kräftegleichgewicht befinden?

Ja, bei linearer Bewegung (Bewegung ohne Beschleunigung)

3. Unterschied zwischen inneren und äußeren Kräften.

Äußere Kräfte wirken von außen auf den Körper als Belastung ein.

Interne Kräfte entstehen als Reaktion auf die äußeren Kräfte innerhalb des Körpers und wirken den äußeren Kräften entgegen.

4. Reaktionsgesetz:

Wird von einem Körper eine Kraft auf einen anderen Körper ausgeübt, so entsteht in diesem eine der einwirkenden Kraft entsprechende, aber entgegengesetzte Kraft (an Betrag und Richtung) die auf den ersten Körper wirkt. (Newton'sches 3. Gesetz)

Im Kräftegleichgewicht gilt: $\vec{a}_{\text{K1}} = -\vec{a}_{\text{K2}}$

5. Einheit des Drehmoments

$[M] = \text{Nm}$ (Newton mal Meter)

6. Freiheitsgrade eines in der x-y-Ebene frei beweglichen Körpers

Translation in x- und y-Richtung, Rotation um z-Achse

7. Einseitiges, zweiseitiges und dreiseitiges Lager und Beispiele

Einseitiges Lager: Einschränkung eines Freiheitsgrades $\rightarrow$ 1 Lagerreaktion z.B. Auflagerlager 2

Zweiseitiges Lager: Einschränkung von zwei Freiheitsgraden $\rightarrow$ 2 Lagerreaktionen z.B. Bollenlager 2

Dreiseitiges Lager: Einschränkung von drei Freiheitsgraden $\rightarrow$ 3 Lagerreaktionen z.B. Festlager 3

8. Statische Bestimmtheit

Gleich viele Lagerreaktionen wie Freiheitsgrade z.B. Zylinder in 2D  $\rightarrow$ 3 Freiheitsgrade, 3 Lagerreaktionen

$f = 3p - (a + e)$ p = Anzahl Körper, a = Anzahl Auflagerreaktionen, e = Anzahl Zwischenreaktionen

$f < 0 \Rightarrow$ statisch unbestimmt

$f = 0 \Rightarrow$ statisch bestimmt

$f > 0 \Rightarrow$ statisch überbestimmt

9. Freiheitsgrade in 2D und 3D

2D: 3 Freiheitsgrade 2 Translations, 1 Rotation

3D: 6 Freiheitsgrade 3 Translations, 3 Rotationen

10. Erste Schritt zur Bestimmung der inneren Beanspruchungen

1. Bestimmung der Auflagerreaktionen

2. Schnitt in Teilstücke

11. Ort der Schnittstelle

Beliebiger Ort, in jedem Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Beanspruchungen oder Freiheitsgraden

12. Reibungsarten

Haftreibung: Reibungskraft, die für Gleichgewicht sorgt $F_R \leq F_N$, $F_R \leq \mu_s \cdot F_N$, $G \cdot \cos(\alpha)$

Gleitreibung: Tangentialkraft (Winkelreibungskraft) größer als Haftreibungskraft $\Rightarrow$ kein Haft, gleiten

Rollreibung: Entsteht beim Abrollen eines Rades oder Wälzlagers, ist der Bewegung entgegengerichtet

13. Gleichgewichtsbedingungen im Raum

Ein Körper befindet sich im Gleichgewicht, wenn er unter der Einwirkung der an ihm angreifenden Kräfte in Ruhe ist, oder in gleichförmiger Bewegung bleibt.

Summe aller Kräfte und Momente gleich 0 ($\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum F_z = 0$)

4. Ermittlung der Spannungen

1. Grundbelastungsfälle und Beispiele

Zug (Schraube), Druck (Pfeiler), Biegung (Achse), Schub (Gelenk), Torsion (Welle)

2. Satz von Steiner

Berechnung von Flächenträgheitsmomenten bezüglich Bezugachsen, die zu den Schwerpunktsachsen parallel verschoben sind.

$$I_{\bar{x}} = I_x + y_s^2 \cdot A \quad I_{\bar{y}} = I_y + z_s^2 \cdot A$$

3. Flächenträgheitsmomente

- 1) axiales Flächenträgheitsmoment bzgl. Biegung um z-Achse
- 2) axiales Flächenträgheitsmoment bzgl. Biegung um y-Achse
- 3) polares Flächenträgheitsmoment bzgl. Moment um x-Achse

4. Material mit Querkontraktionszahl $\nu = 0,5$

Gummi: keine Volumänderung bei Dehnung (konstantes Volumen)

$\nu < 0,5$ (z.B. Stahl: $\nu = 0,3$): Zugbelastung $\rightarrow$ Volumenzunahme, Druckbelastung $\rightarrow$ Volumensabnahme

5. Können Widerstandsmomente oder Flächenträgheitsmomente, die sich auf dieselbe Achse beziehen, addiert werden?

Axiale Flächenträgheitsmomente, die sich auf die gleiche Achse beziehen, können addiert werden, solche die sich auf verschiedene Achsen beziehen nicht.

Widerstandsmomente gegen Biegung können nicht addiert werden.

6. Gestaltung eines Trägerprofils, das auf Biegung belastet wird.

I-Profil: Langer Steg (senkrecht zur Achse und die getragen wird) $\rightarrow$ Flächenträgheitsmoment erhöht sich mit Abstand zur Mittelachse im Quadrat (Satz von Steiner)

7. Beispiele, bei denen die Schubspannungen aus Querkraft groß im Vergleich zu den Biegespannungen sind.

Bambus, dünner Holzstab, faserverstärkte Kunststoffe $\Rightarrow$ Delamination (reißt bei Biegung die Länge nach)

8. Ort der maximalen Spannung einer auf Torsion belasteten zylinderförmigen Probe.

Am Rand, in der Mitte ist die Spannung 0.

9. Lachtring. Beweise für gleichmäßige und ungleichmäßige Flächenpressung.

Zapfen in Lochbohrung $\Rightarrow$ Druck $p = \frac{F}{D \cdot l} = \frac{F}{A}$

- Spielpassung: Zapfen ist etwas kleiner als Loch (hat Spiel) $\rightarrow$ ungleichmäßig verteilte Flächenpressung
- Übergang-/Presspassung: Zapfen passt genau (kein Spiel) $\rightarrow$ gleichmäßig verteilte Flächenpressung

10. Gleichzeitige Spannungen

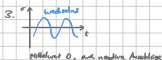
- Zug / Druck und Biegung
- Schub und Torsion

11. Zusammenfassung gleichzeitiger und ungleichzeitiger Spannungen

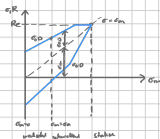
gleichzeitig: additiv, bei gleicher Wirkungslinie

ungleichzeitig: Vergleichsspannung: z.B. Gestaltänderungsenergiehypothese GEH: $\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$

12. Belastungsfall einer dynamischen Belastung



13 Dauerfestigkeitskriterium nach Smith



σ_m = Mittelspannung

σ_a = Oberspannung bei Dauerfestigkeit

σ_u = Unterspannung bei Dauerfestigkeit

σ_a = Fatiguegrenz Spannungsamplitude

σ_{aD} = Dauerfestigkeit bei N_r bzw. Dauerfestigkeitsfaktor

σ_k = Streckgrenze

14 Grundbeanspruchungsarten mit Formeln

Zug $\sigma_p = \frac{F}{A}$

Druck $\sigma_d = \frac{F}{A}$

Biegung $\sigma_b = \frac{M_y}{W_y}$

Schub $\tau = \frac{F}{A}$

Torsion $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$

5. Grundlagen der Gestaltung

1. Funktionsgerecht, fertigungsgerecht und fertigkeitssicher konstruieren

Funktionsgerecht: Erfüllung der Funktion(en)

Fertigungsgerecht: Kostenpunkt, Montagegerecht, passendes Fertigungsverfahren

Fertigkeitssicher: angemessene Lebensdauer, unvorhergesehene Beanspruchungen standhalten

2. Praktisches Vorgehen beim Konstruieren

Abmessungen (Normteile) → Skizze → Wahlstoffe, Fertigungsanwahl → Gefährdete Bereiche, initiale Beanspruchungen

→ Fertigkeitsbedingung, Dimensionierung (Abmessungen) → Überarbeitung Skizze → Ableitung Fertigung → Kritik

Endgültige Zeichnung Mit neuer Skizze anfragen

3. Gilt die Ritzlinie möglichst einfache Forme zu wählen auch für die additive Fertigung?

Nein, nur für konvexe Fertigungstechniken (z.B. Zerspanende Fertigung).

4. Korbwirkung und Folgen

Auße und innere Kanten stechen den Kraftfluss → Spannungserhöhung → geringere Festigkeit

5. Vermeidung der Korbwirkung

Außere Kanten: Abrundungen, Entlastungskehlen, Abstand zwischen Kanten

Innere Kanten: Winkelhalbierende ohne innere Kanten verwenden → Überprüfung durch Festigungsseite Winkelhalbierung

6. Verhalten der Beanspruchung, wenn der Kraftfluss umgelenkt wird

Der Kraftfluss bevorzugt die kürzeste Weg und lässt sich nur unfreiwillig verdrängen.

→ Bei einer Umlenkung des Kraftflusses erhöht sich die Beanspruchung.

↳ ungünstige Kraftfluss

↳ größere Dimensionierung des Bauteils notwendig

7. Umform-Prozesse

Gießen, Extrudieren, Drucken

8. Metallgussverfahren

Sandguss: • Guss mit verlorenem Modell in verlorener Form → Modell schmilzt, verwendet

• Guss mit wiederverwendbarem Modell in verlusster Form → Modell wird aufbewahrt und ist wiederverwendbar

Kohlguss: • Guss in wiederverwendbare Form, Kohle → Guss in beliebbiger Form

• Druckguss in wiederverwendbare Form → Werkstoff hat bei Druckguss zu der Form über die gleiche Temperatur.

9. Spritzgießen

Erhitzen des Kunststoffs → Flüssiger Kunststoff wird über Spritze zum Werkzeug transportiert → Spritzguss in Werkzeug (besteht aus 2 Hälften)

→ Abkühlen des Kunststoffs → Öffnen des Werkzeugs und Auswerfen des Werkstücks

10. Kleinst-erzielbare Wandstärken

Abhängig vom Fließverhalten des Werkstoffs, der Maßgenauigkeit der Form und des Schrumpfverhaltens des Werkstoffs

11. Zu beachten bei fertigungs- und kostengerechtem Spritzguss

Nachbearbeitung der Oberflächen, Verwendung einfacher Grundformen, Verzäunungen vermeiden, da sonst keine ein Einmal kommen muss, um die Kiste abzuheben, eine Auflage für Einsparung, rechte Oberflächen senkrecht zur Bearbeitungsrichtung, Scharte kanten und Hohlkehlen vermeiden, leicht kanten Gestaltung um Auswurf zu erleichtern (Form-schwingen)

12. Folgen ungleichmäßiger Erstarrungsprozesse

Lunker, Eigenspannungen, Rissbildung, Materialanhebung, ungleichmäßiges Gefüge

13. Technologie der additiven Fertigung und Zuordnung zu Kategorien

Aufbau durch Polymerschmelze:

• Stereolithographie (SL)

• Photopolymer Jetting (PJ)

Aufbau durch Verkleben:

• Binder Jetting (BJ)

Aufbau durch Verschmelzen:

• Laser Melting (LM)

• Elektronenstrahl Melting (EBM)

• Fused Deposition Modeling (FDM)

• Laser Sintering (LS)

• Material Jetting (MJ)

14. Konstruktionsgrundsätze beim FDM-Druck

Überhänge mit einem Winkel unter 45° müssen mit Stützstrukturen getragen werden

Ausrichtung so, dass Stützstrukturen an später nicht löslichen Flächen ansetzen

Möglichst große Kontaktflächen zum Drucker, da sonst die Bearbeitungszeit ansteigt

15. Stereolithographie (SL)

In einem Flüssigbad aus Photopolymer befindet sich eine Plattform. Durch einen UV-Laser wird das Photopolymer an den gewünschten Stellen ausgehärtet. Die Plattform fährt Schritt für Schritt nach unten.

16. Arten des Extrudierens

• Kolbenextrusion: Fest bis dickflüssiges Material wird durch den gleichmäßigen Druck eines Kolbens durch eine Matrize gepresst

• Schneckenextrusion: Das Material wird durch eine rotierende Schnecke befördert und extrudiert.

17. Blasform

Ein zuvor geschliffene Schlauch (Verformung) wird von zwei Halften eines Werkzeuges umschlossen. Durch Druckluft wird das Metall gegen die Kontur des Werkzeugpaars gepresst, um es abzutrennen. Es entsteht ein gefälliges Metallteil.

18. Konstruktivengrenzkriterien beim Blasformen

Geometrie: Alle Strukturen verformbar, keine Materialaufteilung, Schwindung, definierte Aufrichte, Fließeckung, Spalte, Abkanten, beenden
Entformung: Hinterkante vermeiden, Entformungsrichtungen, Auswerfhilfe
Einlegehilfe: Nur bei Bedarf möglich

19. Umformprozesse

Druck-, Zugdruck-, Zug-, Biege-, Schubumformung

↳ Umformung durch Druckbelastung: Vorziehen → Umformung durch Druck, da die Gelenke auf das Vorziehen ausweichen.

20. Faktoren, die die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit des Fräsen beeinflussen.

- Schnittbreite: Wie breit greift das Werkzeug an
- Schnittgeschwindigkeit: Materialabhängig
- Schnitttiefe: radiale Einstellung
- Vorschub: Je größer, desto größer die Spannschicht und die Schnittkräfte
- Eingriffswinkel: Winkel zwischen Ein- und Austritt des Werkzeugs
↳ bestimmt Anzahl der eingelegten Schneide → Je mehr, desto ruhiger der Fräselauf
- Zerspanungskoeffizient: Volumen des abgetragenen Werkstücks pro Minute

21. Einteilung der Drehverfahren

- Runddrehen: kreisförmige Formen
- Pfandrehen: ebene Flächen
- Schraubendrehen: Gewinde (→ feste Kopplung von Vorschub und Umdrehung)
- Profildrehen: beliebige Formen mit Profilkonturen
- Formdrehen: beliebige Form mit gestrichelter Werkzeugbewegung
- Wälzdrehen: Wälzfläche (Verzahnungen)

22. Funktionsweise des Laserschneides

Präzises Trennverfahren mittels Fokussierung von Gas- oder Lichtstrahlen (hohe Energiedichte)

hohe Schnittgeschwindigkeit, keine Nachbearbeitung nötig

Laserschneidstrahl: Schneidgas versetzt mit Ölflüssigkeit

Laserschneidstrahl: Schneidgas verbrannt Schneidgut → kinetische Energie für Schnitt

Laserschneidstrahlstrahl: Druck schneidet Schneidgut aus Fuge, Prozessgas schützt vor Oxidation

23. Unterschiede Abrasiv-Wasserstrahlstrahlstrahlstrahl und Rein-Wasserstrahlstrahlstrahlstrahl

Rein-Wasserstrahlstrahlstrahlstrahl: präziser Schnitt mit gefülltem Wasser → weiche Materialien

Abrasiv-Wasserstrahlstrahlstrahlstrahl: Beimischung eines Schleifmittels → härtere Materialien

6. Antriebstechnik

1. Elektromagnetische Induktion

Induktion einer Spannung bei Änderung des magnetischen Flusses Φ in einer Spule mit N Windungen.

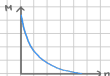
$$U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

2 Aufbau und Funktionsprinzip eines bürstebetriebenen Gleichstrommotors

Aufbau: Der Stator, ein Permanent- oder Elektromagnet, ist außen. Darin ist der aus Elektroblechblechen bestehende Rotor. Die Wicklungen des Rotors sind über die Kommutator mit bürstentragigen Schleifkontakten mit der Stromquelle verbunden.

Funktionsprinzip: Die Ankerspule wird mit Strom durchflossen, wodurch ein Magnetfeld entsteht, welches diese in Richtung des Stator-Magnetfelds bogenf. Durch das abwechselnde Umpolen des Kommutators durch die Schleifkontakte wird die Wicklungsfeldrichtung jeweils nach 180° umgepolt. Dadurch kommt es zu einer vollständigen Drehbewegung. Für eine gleichmäßige Drehbewegung sind mehrere Schleifkontakte notwendig.

3 Drehfeld-Drehmoment-Kennlinie eines Rektorschlussmotors, Unterschied zwischen Rekt- und Nebenschluss.



Rekt- und Nebenschlussmotoren sind Grundtypen Gleichstrommotoren, was bedeutet, dass es sich beim Stator um einen Elektromotor handelt.

Beim Rektorschlussmotor entspricht die Anker- dem Erregerstrom, da die Wicklungen in Reihe geschaltet sind. Beim Nebenschlussmotor ist der magnetische Fluss unabhängig vom Ankerstrom, da die Wicklungen parallel geschaltet sind.

4 Ansteuerung im 2. Quadranten, bürst.

Durch Umgehung der Klemmenspannung können der Motor in zwei Richtungen betrieben werden. Drehmoment und Drehzahl sind dabei jeweils gleichsinnig.

4 Aufbau und Funktionsprinzip eines bürstlosen Gleichstrommotors

Aufbau: Mehrere Statorspulen um einen Rotor bzw. rotorförmiger Rotor um Statorspulen (Aufsteller). Der Rotor ist magnetisch.

Funktionsprinzip: Die Statorspulen werden so angesteuert, dass ein rotierendes Magnetfeld entsteht. Der magnetische Rotor, folgt dem Statormagnetfeld und rotiert. Der BLDC-Motor muss durch eigene Schaltung angesteuert werden.

5 Hall-Sensor

Hall-Sensoren erfassen die Lage des Rotors, für die Umstellung der Statorspulen.

Sie beruhen auf dem Hall-Effekt, welcher die Verstärkung von Elektronen in einer strömeförmigen Mehrzahl, wenn ein Magnetfeld eingebracht wird, beschreibt.

6 Drehstrom

Drehstrom wird durch eine rotierende Magneten, die in drei Spulen Wechselspannungen erzeugt.

Dadurch sind die Wechselspannungen um 120° phasenverschoben.

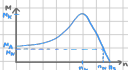
Drehstrommaschinen besitzen einen guten Wirkungsgrad.

Drehstrom erzeugt eine schnelle und verlustarme Energiehaupst und besitzt keine zeitlich pulsierende Leistung.

7 Funktionsprinzip eines Asynchronmotors

Drei Wicklungstränge erzeugen durch Anstrom ein rotierendes Magnetfeld. Der Rotor ist ein System aus kurzgeschlossenen Leitern. Durch das rotierende Magnetfeld wird im Rotor eine elektromotorische Spannung induziert, welche einen Stromfluss hervorruft. Auf die Leiter im Rotor wirkt die Lorentzkraft, welche diesen in eine Drehbewegung versetzt.

8 Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eines Asynchronmotors



M_K Kippmoment

n_K Kippdrehzahl

M_N Abzugsmoment

n_N Nenn-drehzahl

M_S Nulldrehmoment

n_S Synchron-drehzahl

9 Je höher der Betrag der anliegenden Spannung, desto größer ist das Kippmoment.

10. Vor- und Nachteile eines Schrittmotors

Vorteile: - Precisewerk

- Zuverlässig, da keine Kontaktbürste
- Breite Drehzahlbereich möglich
- Hohe Wiederholgenauigkeit
- Einfach regelbar
- Kein Magnetkontakt

Nachteile: - Laufzeitkurve

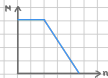
- Kein Festhalt über fehlende Schritte
- Wärmeverlust
- Ansteuerungskomplexität notwendig

11. Funktionsprinzip eines Schrittmotors

Stromdurchflossene Statorkupla erzeugen ein Magnetfeld. Der Rotor folgt der magnetischen Anziehung der Statorkupla und dreht sich.

Elektrische Impulse werden direkt in mechanische Schritte umgesetzt.

12. Drehzahl-Drehmoment-Charakteristika eines Schrittmotors. Verhalten des Moments bei steigender Drehzahl.



Bei steigender Drehzahl sinkt das Drehmoment linear bis auf 0 ab.

13. Einteilung von Schrittmotoren

Bei exakter Positionierung und bei hoher Wiederholgenauigkeit. Zum Beispiel in CNC-Fräsmaschinen, 3D-Drucker, Laseranwendung, Mikroskopie.

14. Weitere Antriebsformen. Vergleich von zwei.

Vier-Takt-Motor, Hydraulikantrieb, Pneumatiktrieb, Piezoelektrik.

Vergleich: Hydraulik (Flüssigkeit) und Pneumatik (luft oder Gas)

	Hydraulikantrieb	Pneumatiktrieb
Energiedichte (Leistungsgewicht)	Sehr hoch	Hoch
Energiespeicherung (Gefahrenpotenzial)	Keine	Ausgeprägt, da Medium kompressibel (in Tank und Leitung)
Rückleitung	Notwendig	Nicht notwendig
Leckage-Dichtungen	Sehr wichtig (Verschmutzung)	Nur wegen Geräusch und Energieverlust
Preis der Aktoren	Relativ hoch	Günstig
Preis der Ventile	Sehr hoch	Mittel
Sterilisierbarkeit	Machbar	Problemlos
Einfluss von Reibung	Gering	hoch
Regelbarkeit der Position	Einfach möglich	Nahezu unmöglich
Regelbarkeit der Geschwindigkeit	Einfach möglich	Unmöglich
Erzielbare Geschwindigkeit	Gering bis mittel (abh. von der Leistungsfähigkeit der Pumpe)	Hoch (aber nicht regelbar)
Erzielbare Frequenzen	Begrenzt zur die Massenträgheit der Ventile und des Fluids in der Leitung	Begrenzt durch die Schallgeschwindigkeit in der Leitung

15. Direkter und Inverser piezoelektrischer Effekt

Direkter piezoelektrischer Effekt: Durch Ausüben einer mechanischen Spannung auf das Kristallgitter verschieben sich die Ladungsschwerpunkte, wodurch eine Spannung entsteht.

Inverser piezoelektrischer Effekt: Durch eine angelegte Spannung entsteht eine mechanische Spannung, die das Kristallgitter verformt.

16. Aufbau eines hydraulischen Antriebs

Die Flüssigkeit wird aus einem Vorratsbehälter über ein Stauventil in den Hydraulikzylinder gesaugt. Dieser verdrängt die relativ geringe Kraft, die auf die Fläche des Zylinders wirkt und wandelt die Druckerhöhung der Flüssigkeit in mechanische Energie um.

7. Umwandlung von Bewegungsformen

1. Umwandlungen von Bewegungsformen mit Beispielen

1. Rotation zu Rotation: Zahnradgetriebe, Zupfmittelgetriebe
2. Linearbewegung zu Rotation: Kurbeltrieb
3. Rotation zu Linearbewegung: Nockentrieb, Spiralfedergetriebe, Kurbeltrieb
4. Linearbewegung zu Linearbewegung: hydraulische Systeme

2. Einteilung von Getriebe



3. Wozu werden Getriebe benötigt?

Zur Umwandlung einer Bewegungsform in eine andere und um Drehmoment und Drehzahl zu variieren.

4. Getriebearten der Natur

Ungleichförmig überstrahlte Getriebe

5. Koppelgetriebe

Koppelgetriebe bestehen aus kinematisch miteinander verbundenen Gliedern.
Beispiele: Schalenwischer (Umwandlung einer Rotation in eine Schwingbewegung)
Horizontale Kette } Rotationsgetriebe

6. Zwei gleichförmig überstrahlte Getriebe und deren Übersetzungsverhältnis

1. Zahnradgetriebe: $i = \frac{Z_{\text{An}}}{Z_{\text{Ab}}}$
 2. Zupfmittelgetriebe: $i = \frac{d_{\text{An}}}{d_{\text{Ab}}}$
- Allgemein: $i = \frac{\omega_{\text{An}}}{\omega_{\text{Ab}}} = \frac{n_{\text{An}}}{n_{\text{Ab}}} = \frac{M_{\text{Ab}}}{M_{\text{An}}}$

7. Verzahnungsgesetze

Die Normale der Flankenflanke muss durch den Willenspunkt C gehen → Abrollbewegung
Dadurch wird eine möglichst hohe Wirtung und wenig Verschleiß durch Reibung erzielt

8. Vergleich Evolver- und Zykloidenverzahnung

Evolververzahnung: Abrollen eines Rollkreises auf Grundkreis

Zykloidenverzahnung: Abrollen eines Rollkreises auf Grundkreis

- ① Einfach
- ② kostengünstige Herstellung
- ③ tolerant gegenüber Abweichungen

- ④ Aufwändige und teurer in der Herstellung
- ⑤ Geringe Reibungsverluste
- ⑥ Empfindlich gegenüber ungenauen Abmessungen
- ⑦ kleine Zahnmodule möglich

9. Bauarten von Zahnradgetrieben und jeweiligen Anschluss der Elemente

Stirnradgetriebe: Außenpaar, Innenpaar, Kegelradgetriebe: Außenpaar, Innenpaar (mit 90°); Stirn-, Kegelradpaar, Schraubgetriebe: Außenpaar, Innenpaar

10. Varianten von Planetengetrieben bezüglich der Wahl der Antriebs- und Abtriebswelle

1. Antriebs: Sonnenrad, Abtrieb: Planetenringe → Übersetzung: $i = 1 + \frac{Z_H}{Z_S}$
2. Antriebs: Sonnenrad, Abtrieb: Hohlrad → Übersetzung: $i = -\frac{Z_H}{Z_S}$
3. Antriebs: Hohlrad, Abtrieb: Planetenringe → Übersetzung: $i = 1 + \frac{Z_H}{Z_S}$

11. Vergleich Riemen- und Kettengetriebe

Riemengetriebe: reib- oder formstlüssig

- ⊕ Elastische Kraftübertragung
- ⊕ Geräuscharm, stoß- und schwingungsdämpfend
- ⊕ Große Übersetzung
- ⊕ Geringe Wartungskosten
- ⊕ Große Verteilungsbreite übertragbar
- ⊕ Unbelastete die Welle trägt
- ⊖ Große Wirtelbelastung
- ⊖ Reibungsverluste durch Umwandlungs- bzw. -verlust
- ⊖ Schlupf → keine konstante Übersetzung

Kettengetriebe: formstlüssig

- ⊕ Schlupffrei → konstante Übersetzung
- ⊕ Unempfindlich gegen Umwelteinflüsse
- ⊕ Geringere Lagerbelastung
- ⊖ Unelastisch, scharfe Kraftübertragung
- ⊖ Schwingen (eingelagerter Kettengesteuerter)
- ⊖ Kein Kriechen der Welle möglich
- ⊖ Teuer

12. Schlupf bei Riemengetrieben

Schlupf ist, wenn ein Teil des Riemens mit einer höheren Geschwindigkeit hat als der andere.

Diese Geschwindigkeitsdifferenz führt zu einer nicht konstanten Übersetzung.

Glosschlupf: Umfangskraft größer als Reibkraft → Riemen gleitet auf Scheitel, nur Vordrücken bewirkt

Dehnschlupf: unterschiedliche Trichterkräfte → Dehnung des Riemens an der getriebenen Scheite, Streckung an freier Scheite → Relativbewegung auf Scheite

13. Wirkweise eines Kettenriemens



Die Belastung zieht die Kettenriemen in die trapezförmige Rille. Dadurch entsteht eine hohe Anpresskraft.

8. Produktentwicklung

1. Warum ist in der Regel ein methodischer Konstruktionsprozess einer intuitiven Lösungsfindung vorzuziehen?

Intuitive Lösungsfindung ist stark von persönlichen Erfahrungen und Kreativität des Konstrukteurs abhängig. Dies ist für eine Vorforderung der vorteilhaften Lösung, die mehr Zeit kostet.

Das Methodische Vorgehen gibt Struktur für unübersichtliche Prozesse und Fortschritt der Planung.

2. Vier Phasen des Entwicklungsprozesses nach VDI 2221

- Aufgabenpräzisierung → Planen
- Konzept → Konzipieren
- Entwurf → Entwerfen
- Ansichtsbild → Anordnen

3. Gantt-Diagramm

Darstellung der zeitlichen und inhaltlichen Abfolge. Graphische Übersicht über gesamte Projekt und Absoluter Ressourcenverteilung.

4. Fünf Kategorien zur Strukturierung einer Anforderungstabelle

Aufschlüsselung der Anforderungen, Einleitung in Textform und Wunsch, Positionierung, Beschreibung (quantifizierung), Verknüpfung/Berechnung, Änderung

Gruppe: Technisch-physikalisch, Fertigungstechnik, Wirtschaftliche, Design

5. Morphologische Kosten: Sommerlatz 2022

Problem	1	2	3
Transportmittel	Auto	Zug	Flugzeug
Umfeldort	Frankfurt	Spanien	Japan
Dauer	2 Wochen	1 Monat	5 Tage
Unterstützung	Air Bob	Hotel	Kaiser

3. Produkt und Produktprogramm

1. Geben sie die Abmaße H_1, B_1 und H_2, B_2 an. (Normierte R10)

Normreihe R10: $q_{R10} = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$

Maßstab

$H_1 = 25\text{mm}$

$B_1 = 20\text{mm}$

$$H_1 = 2 \cdot H_2$$

$$\Leftrightarrow H_2 = \frac{H_1}{2} = 12,5\text{mm}$$

$$B_1 = 2 \cdot B_2$$

$$\Leftrightarrow B_2 = \frac{B_1}{2} = 10\text{mm}$$

$$H_2 = (1,25)^2 \cdot H_1 \approx 39\text{mm}$$

$$B_2 = (1,25)^2 \cdot B_1 \approx 29\text{mm}$$

2. Teilgebiete des Produktgestalt

• Aufbau: Ausrichtung von Formteilen etc.

• Form: Werkstücke, Bauteilformen etc.

• Farbe: Farben, Textur etc.

• Grafik: Beschriftungen etc.

Funktionsgestalt: Funktionsweise, Funktionsabläufe

Formgestalt: Gestaltung, Verkleidungen, Krafteingangsabläufe

Interaktionsgestalt: Steuerung, Bedienung, Schnittstelle Mensch und Maschine

10. Achsen und Wellen

1. Unterschiede Wellen und Achsen

Achsen können feststehend oder rotierend ausgeführt sein. Sie übertragen Kräfte aber kein Drehmoment.

Wellen dagegen immer mit variierendem Drehmoment.

2. Wohlerkennung

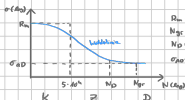
Die Wohlerkennung beschreibt die Festigkeit bei Schwingbelastung.

3. Bereiche der Wohlerkennung

• Kurzzeitfestigkeit

• Zeitfestigkeit

• Dauerfestigkeit



R_m = Zugfestigkeit

N_R = Grenzwert

N_D = Schwermittelwert

σ_{D0} = Dauerfestigkeit

4. Unterstellung dynamische Beanspruchungen

Zug/Druck, Biegung, Schub und Torsion

5. Abhängigkeit der Größe des Wellendurchmessers

Der erforderliche Wellendurchmesser ist abhängig von Stärke und Art der Belastung.

Welle auf Torsion: $d_{0,ref} \geq \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot K_t}{\pi \cdot \sigma_{D0,t}}} \approx 1,72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\sigma_{D0,t}}} \Rightarrow$ Abhängig von Torsionsmoment M_t und zulässiger Torsionsspannung $\sigma_{D0,t}$

Welle auf Torsion und Biegung: $d_{0,ref} \geq \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot K_t}{\pi \cdot \sigma_{D0,t}}} = 1,72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\sigma_{D0,t}}} \Rightarrow$ Abhängig von Vergleichsmoment M_v und zulässiger Biegespannung $\sigma_{D0,b}$

6. Welcher Drehzahlbereich bezüglich der kritischen Drehzahl muss als Betriebsbereich ausgeschlossen werden?

Die Drehzahlen oberhalb der kritischen Drehzahl, die kritische Biege- bzw. Torsionsschwingungen auslösen, müssen ausgeschlossen werden.

7. Resonanz

Anregung der Eigenfrequenz des Materials. Dies kann zu schweren Schäden führen, weshalb Dämpfung wichtig ist.

8. Vermessung von Kurvenwirkung

Allgemein Kurve vermessen, keine große Querschnittänderungen bei geringe Querschnittsübergänge wie Kurzhaken oder stetige Übergänge, Abweichungen und Entlastungshaken, Abstand zwischen Kurve

9. Freischäbe

Freischäbe werden benötigt, falls Radiale eine definierte Anschlag- oder Freischäbelemente besitzen.

Zum Beispiel kann so ein Lager, dass Radiallager ist als ob eines Querschnittsübergangs ganz herumgeschoben werden. Außerdem werden Freischäbe für die Anschlag- oder Freischäbelemente benötigt.

10. Warum sollte Welle möglichst kurz gehalten werden?

Dadurch entsteht nur ein kleiner Verdrehwinkel bei Torsionsbeanspruchung und die Gesamtlängsgröße ist klein.

Außerdem wird so automatisch eine kleine Stützwerte erreicht, was geringere Ringverspannungen zur Folge hat.

11. Warum müssen Wellen in mindestens zwei Lagen gelagert werden?

Damit die statische Beständigkeit gegeben ist.

12. Gestaltung dynamisch beanspruchter Welle im Anbau

Bei dynamischer Beanspruchung ist die Dauerfestigkeit besonders wichtig. Die Oberflächengüte hat größte Bedeutung für diese. Ebenso wichtig sind richtige Lagerung, Wälzlagerwahl und Vermeidung von Kanten.

11. Welle-Nabe-Verbindung

1. Einteilung bezüglich Art der Kraftübertragung

formschlüssig (unmittelbar und mittelbar), formschlüssig, stoffschlüssig

2. Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen

- unmittelbar: Keilwelle, Polygonprofil, Kurvenverbindung
- mittelbar: Passfedern, Schrauben, Nuten

3. Bei welchen Anforderungsmethoden sind Passfedern besonders geeignet?

- Leichte Ab- und montierbarkeit
- Einfache Herstellung
- kostengünstig
- geringe Formänderung der Nabe unter Last
- nicht-schweißende und nicht-werkstoffschädigende Druckmittel

4. Warum sind Passfederverbindungen für stoßartige Belastungen nicht geeignet?

- Hohe Kurvenwirkung
- Spiel in Passung $\rightarrow$ große nicht elast. (unelast.) bei wechselnder Belastung (polymatisch)

5. Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung ohne Kurvenwirkung und selbsttönend

Polygonprofil

6. Arten von Pressverbindungs-Herstellung

Längspressung, Querspressung (Schmelz- und Bleispressung), Ölpressverbund

7. Gemeinsame Vorteile und Nachteile von Druckhöhe, Spannmoment und Spannweite

- ④ Nicht möglich: montierbar ⊖ Übertragung kleiner bis mittlerer nur gering schwindende Drehmomente
→ Festigung von Welle und Nabe muss nicht genau erfolgen. Ausgleich durch Knüpfel

8. Unterschied Längspressverband und Querspressverband, Wann kommen diese zur Anwendung?

Längspressverband: Nabe wird in hohle Zustand auf Welle mit Übermaß gepresst

- Anwendung: • bei einfacher Montage
• nicht bei sehr hohen Drehmomenten
• wenn Fehltoler. bzw. Kollern wegen z.B. Wärmeverzug kritisch ist

Querspressverband: Einwärts (Schraumpressverband) der Nabe oder Nichte (Dehnpressverband) der Welle um die Füge

- Anwendung: • Übertragung großer Momente
• Schraumpressverband: hohe Reibkräfte in Füge
• Dehnpressverband: Entlastung von Füge

9. Grenzen des Anwendungsbereichs der Spannscheiben bei Spannscheiben

Haftreibung, Anwendungsfaktor, Korrekturfaktor

Dies für den Spannkraft angegebenen Drehmoment muss größer sein als das zu übertragene Drehmoment.
Die zulässige Fügepressung darf nicht überschritten werden.

10. Stofffällige Welle-Nabe-Verbindungen

Kleben, Löt-, Schweiß-, Umspritzver.

11. Wann können Polymerscheiben-Verbindungen größere Drehmomente übertragen als Keilwellen-Verbindungen

Das Polymerprofil verursacht so gut wie keine Kantenverlängerung.

12. Gemeinsame Eigenschaften aller formfälligen Welle-Nabe-Verbindungen

Leichte Demontage z.B. für Reparatur
Müssen gegen axiales Verschieben gesichert sein

4. Sicherung von Naben gegen axiales Verschieben

Durch Sicherungselemente wie Sicherungsringe, Sprengringe, Press- und Stützelemente, Sicherungsstäbe und Greifringe oder durch aufgeschweißte Sicherungselemente, die axiale Kräfte aufnehmen

12. Lager

1. Einteilung von Wälzlager nach Bauform der Wälzkörper

Kugellager und Rollenlager (Zylinder, Nadel, Tonnau, Kegel)

2. Einteilung von Wälzlager nach Funktion (Kraftübernahme)

Einteilung nach Art und Weise der Kraftübernahme: Axiallager, Radiallager, Axial-Radial-Lager

3. Eigenschaften des Radial-Rollenkugellagers

Radial und axial gut belastbar, hohe Drehzahlen, geringe Winkelsteifigkeit, nicht selbstschmierend, kostengünstig

4. Eigenschaften des Zylinderrollenlagers

Radial sehr gut belastbar, axial nicht bis sehr gering belastbar, mittel hohe Drehzahlen, keine Winkelsteifigkeit, selbstschmierend, hohe Beanspruchung, niedrige Drehzahl

5. Eigenschaften des Schrägkugellagers

Einstufig: radial gut belastbar, axial sehr gut belastbar (einstufig), hohe Drehmomente, sehr geringe Winkelspielbarkeit, nicht zerlegbar, passgenaue Einbau

Zweistufig: radial gut belastbar, axial sehr gut belastbar (zweistufig), hohe Drehmomente, sehr geringe Winkelspielbarkeit, zerlegbar falls Innering gefügt, 2 Ringe in 0-Bauform

6. Aufgaben Fest bzw. Loslager

Festlager: - fñhrt Welle axial (beide Richtungen)

- nimmt Radial- und Axialkräfte auf

Loslager: - keine axiale Führung

- ermöglicht axiale Bewegung $\rightarrow$ Lagerringe oder Röhre
- nimmt Radialkräfte auf

7. Äquivalente Lagerbeanspruchung

Gedachte, in Größe und Richtung konstante Radial- (Radiallager) bzw. Axialbelastung (Axiallager), die den gleichen Einfluss auf die Lebensdauer hat, wie die tatsächlich wirkende Belastung.

8. Punktbelastung, Umfangsbelastung und wann diese auftreten.

Punktbelastung: Die Belastung ist immer an der gleichen Stelle der Wälzkörper $\rightarrow$ direkt mit

Umfangsbelastung: Jeder Punkt der Wälzkörper wird bei einer Umdrehung einmal belastet $\rightarrow$ direkt nicht mit

Belastungsart	Lebensdauer-Mk.	Benennungsschicht
 Punktbelastung an Wälzkörper	Lebensdauer Punktwälzkörper Lebensdauer Lebensdauer	Lebensdauer Punktwälzkörper Lebensdauer Lebensdauer
 Punktbelastung an Wälzkörper	Lebensdauer Lebensdauer Lebensdauer Lebensdauer	Lebensdauer Punktwälzkörper Lebensdauer Lebensdauer
 Umfangsbelastung an Wälzkörper	Lebensdauer Lebensdauer Lebensdauer Lebensdauer	Lebensdauer Punktwälzkörper Lebensdauer Lebensdauer

9. Statische und dynamische Tragzahl eines Wälzlagers

Statische Tragzahl C_0 : Kenngröße zur Auslegung von Wälzlager bei statischer Last

$$\Rightarrow C_0 \approx P_0 \cdot S_0$$

Dynamische Tragzahl C : Kenngröße zur Auslegung von Wälzlager bei statischer Last

$$\Rightarrow C = P \cdot \frac{P_{max} \cdot L_{inh}}{10^6}$$

L_{inh} [h]: eingetragene nominale Lebensdauer
 L_{inh} [h]: Drehzahl
 P [kN]: Lagerbelastung P kann überschlägig gewählt werden
 P [kN]: Kugellager $p = 3$
 P [kN]: Rollenlager $p = 10/3$
 S_0 [h]: statische Tragachseheit

10. Formel zur Ermittlung der nominale Lebensdauer in Stunden für Lager

$$L_{inh} = \frac{10^6 \cdot C_0}{60 \cdot n_{60}} \quad \text{mit } L_{60} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$\rightarrow L_{inh} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{60}} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

L_{inh} [h]: nominale Lebensdauer
 L_{60} [h]: nominale Lebensdauer
 n_{60} [1/min]: Drehzahl
 C [kN]: dynamische Tragzahl (aus Katalog)
 P [kN]: statische Beanspruchung $C_{0.2}$ axial/rotatorisch
 p [kN]: dynamische äquivalente Lagerbelastung
 p [kN]: Kugellager $p = 3$
 p [kN]: Rollenlager $p = 10/3$

11. Aufgabe eines Gleitlagers

Führung und Stützung beweglicher Bauteile, feste, verstellbare, lange Lebensdauer, ohne Festlager, nur bei niedrigen Lasten und Geschwindigkeiten

12. Reibungsverhältnisse eines Gleitlagers, angestrichelter Zustand, ruhender Betrieb

Festkörperreibung (Festkörperreibung), Flüssigkeitsreibung (Hydrostatisches und Hydrodynamisches Gleitlager), Mischreibung (Hydrodynamisches Gleitlager während Anlaufphase)
 Angestrichelter Reibungskoeffizient: Flüssigkeitsreibung $\rightarrow$ verstellbar

13. Beeinflussung des Reibungskoeffizienten durch Viskosität des Schmieröls

Je größer die Viskosität des Schmieröls, desto schneller wird die Flüssigkeitsreibung erreicht $\rightarrow$ kleine Reibungskoeffizient

14. Unterschiede zwischen Hydrostatik und Hydrodynamik

Hydrostatik: Flüssigkeitsreibung mit Druck aus externen Pumpen $\rightarrow$ verstellbar, Mehrschichten durch Pumpeninjektion, auch für Langzeiteinsatz

Hydrodynamik: Flüssigkeitsreibung durch Schmiere, welche durch Reiben der Wälzkörper erzeugt wird $\rightarrow$ hält hohe Belastungen lange aus, für hohe Drehmomente

13. Kupplungen

1. Einteilung von Kupplungen in Hauptgruppen

Schaltbar (Freiwillig), selbstschaltend und nicht schaltbar (ohne Ausgleich, mit Ausgleich)

2. Einteilung von schaltbaren Kupplungen nach Art der Kraftübertragung

Formschlüssig (Klauen, Zähne), reibschlüssig (Reibtrieb)

3. Betätigung von schaltbaren Kupplungen

Fremdbetätigt (Ein- und Auskoppeln, z.B. durch andere Vorrichtung) oder selbstschaltend (Drehmom.-, Drehrichtungs-, Drehzahlkupplung)

4. Sicherheitskupplung und Ausführungstypen

Selbstschaltende Kupplungen, die entkoppeln, sobald ein bestimmtes Drehmoment überschritten wird

- 1) Magnetkupplung: Drehmomentübertragung durch gegenseitige Anziehung $\rightarrow$ Übertrag bis zu hohes Drehmoment (Einfacher Bau, platzsparend)
- 2) Sperrkappe-Sicherheitskupplung: Sperrkappe schließt bei eingestelltem Drehmoment ein (bei Abweichung $\rightarrow$ Unterbrechung des Drehmomentflusses)

5. Nockförmige formschlüssige, schaltbare Kupplungen

Schaltung nur bei Stillstand oder Gleichlauf

6. Aufgaben von Kupplungen

Hauptfunktion: Übertragung von Drehmoment

Nebenfunktion: axiale, radiale und Winkelabweichung

Schaltvorgang

Sicherheitskupplung (Abstopfen, Bremsen)

7. Drei Gruppen nicht schaltbarer Kupplungen

starr (ohne Ausgleich), drehstarr (mit Ausgleich), drehelastisch (mit Ausgleich)

8. Drei nicht schaltbare Kupplungen

Scheibenkupplung (starr), Kreuzscheibenkupplung / Oldham-Kupplung (drehstarr), Elongierte Nockenkupplung (drehelastisch)

9. Drei starre (fest) Kupplungen und deren Eigenschaften

- Hülsekupplung: 2 Wellen-Nabe-Verbindungen, hintereinander, Fixierung mit Bolzen oder Stiften (Formschlüssig)
- Scheibenkupplung: 2 Hülseenden werden durch Schrauben auf Wellen gepresst, radiale Montage (reibschlüssig)
- Scheibenkupplung: 2 Scheiben werden axial aufeinander gepresst (reibschlüssig)

Allgemein: ① Verschleißfrei

② Wälzlagerfrei

③ Für beide Drehrichtungen

④ Ungedämpfte Übertragung von Stoßen und Schwingungen

⑤ Nur für flachende Wellen

10. Kleines Nockengetriebe

Um Berücksichtigung der Drehrichtung des Motors zu verhindern

14. Getriebe

1. Zahnrad Aufgaben

Formelkette zur Kraftübertragung eines Drehmoments durch ineinander greifende Zähne

2. Entstehung von Evolute

Wird ein Faden (Polyligne) an einem Grundkreis abgewickelt, so beschreibt sein Ende eine Evolute.

3. Vorteile von Zahnradern mit Evolutenverzahnung

Beibehaltung der Zahnflanken nur in einer linienförmigen Berührungslinie. Dadurch wird Gleit vermieden, welches für Wärme- und Geräuschentwicklung, sowie für Verschleiß verantwortlich ist. Mit einer Evolutenverzahnung werden sich die Zähne aufeinander ab.

Beeinflussung der Übersetzung durch Profilverschiebung

4. Grundgesetz der Verzahnung, Generalisierte Kurven, die dieses Gesetz erfüllen und deren technischer Anwendungsbereich

Die Zahnformale eines Eingriffspunktes muss stets durch den Wälzpunkt C gehen.

Im Wälzpunkt C gilt: $v_1 = v_2 \rightarrow i = \frac{r_2}{r_1}$ (Bestimmung eines Eingriffspunktes)

Evolute (Rad überall), Zykloide (Feinwähltrieb)

5. Achsabstand

Abstand der Achsen (Wälzpunkte) der Zahnräder zueinander. $a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m}{2} (z_1 + z_2)$

6. Zahnrad ohne Flanken Spiel

Reibung an beiden Seiten $\rightarrow$ Vorkommen, Verschleiß, schlechter Lauf

7. Wirkungsgrad eines Getriebes

Verhältnis des abgeführten zur zugeführten Leistung. $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_3}{P_1} = \frac{P_2}{P_1 + P_2} = \frac{M_3 \cdot \omega_3}{M_1 \cdot \omega_1} = \frac{M_3}{M_1 \cdot i_{13}} < 1$

8. Selbsthemmung bei Schneckengetrieben mit freilaufendem Schneckenrad

Bei Drehung gegen den Steigungswinkel ist die Reibung zu groß. Bei einem Wirkungsgrad von $\eta < 0,5$.

9. Ausführungen des Ritzels um kleine Bauweise zu erreichen.

Bei Achsversatz: Hypoidverzahnung $\rightarrow$ erhöhter Spindelwinkel, geringe Zahnzahl, Ritzelquelle

10. Einordnung von Hypoidantriebsgetrieben

Bei kleinen Achsversätzen, keine wählende sondern schraubende Bewegung.

11. Bedingungen, unter denen ein Planetengetriebe als Standgetriebe wirkt

Ein Standgetriebe hat keine umlaufende Achse, eine An- und eine Abtrieb.

Bei der Standübertragung eines Planetengetriebes steht der Planetenhebel still, Sonnen- und Planeten bringen sich.

Gegenüber hierzu ist die Winkelübertragung, hierbei steht eine der Zahnräder (Sonnen-/Mantel) still und An- und Abtrieb erfolgen über eine Zahnkette und die Spindel.

12. Vor- und Nachteile eines Planetengetriebes

Vorteile: Kompakte Bauform, vielseitig (wahl um An- und Abtrieb)

Nachteile: Nur 1 Freiheitsgrad (1 Abtrieb und 1 Abtrieb)

13 Aufgaben und Einsatz eines Differenzialgetriebes

Differenziale Übertragung von Drehzahl, Trennung der gemeinsamen Achsenkräfte

→ Unterschiedliche Drehzahl, unterschiedliche Lasten, gleiches Drehmoment

Anwendung im Auto für gutes Fahren von Kurven → Außen Rad muss schneller drehen als innen.

14 Art der Kraftübertragung bei Flach- und Kettenantrieb, sowie bei Zahnantrieb

Flach-/Kettenantrieb: Kraftübertragung durch Reibschluss (Kettenzug sorgt für größere Anpresskraft → mehr Reibung)

Zahnantrieb: Kraftübertragung durch Formschluss

15 Nachteile Folgen eines kraftschlüssigen Riementriebs bei ungenügender Verspannung

Es kommt zum unerwünschten Gleitschlupf. Die Kraft wird unvollständig übertragen, Energie geht durch Reibung in Wärme über, die Riemen verschleißt.

16 Belastung der Wellen bei Flach-, Ket- und Zahnriementrieben

Ungleichmäßige Wellenbelastung, Aufnahme der durch Verspannung auftretenden Spannschäfte, Ausdehnungs- und Füllkräfte, Füllkräfte (Flachriemen)

17 Abhängigkeit der Kraftübertragung eines Riementriebs

Reibdruck p des Riemenwerkstoffs, Umschlingungsdruck P_n an kleinen Scheiben und Durchmesser d_n der kleinen Scheiben

15. Bolzen- und Stiftverbindungen

1 Beanspruchung Bolzen in Gelenkverbindungen

Beanspruchung auf Biegung, Schub und Flächenpressung

2 Unterscheidung von Bolzenverbindungen von Niet- und Schraubverbindungen bezüglich der Art der Kraftübertragung

Bolzen: lösbar, form-schlusslos

Nieten: teils lösbar, form-schlusslos, Wärmegelenke: unlösbar, reibschlusslos

Schrauben: lösbar, reibschlusslos

3 Ansaugen eines Bolzens

Sichern durch Splinte, Bolzen mit Kopf und Gewindezapfen und Kernnabe, Sicherungsringe, Scheiben mit Sicherstecken

4 Funktion Pressstifte

Feste Verbindung von Bauteilen → Positionierung, Kraftübertragung, Lagersicherung

5 Welche Stifte werden hauptsächlich als Pressstifte verwendet?

- Kegelseifte
- Zylindereifte
- Keibstifte
- Spindelseifte

6 Einbausätze für eine Bolzenstift

- 1) Bolzen mit Spiel in Gabel und Stange
- 2) Bolzen mit Spiel in Stange
- 3) Bolzen mit Spiel in Gabel

16. Schraubverbindungen

1 Verwendungszwecke von Gewinde

Befestigungsschraube, Bewegungsschraube, Schraube ohne Befestigungsfunktion, Knochenschraube

2 Gewindeprofile

- Metrisches Gewinde (Spitzgewinde) $\rightarrow$ Flankenwinkel: 60°
- Rohrgewinde $\rightarrow$ Flankenwinkel: 55°
- Trapezgewinde (symmetrische Trapez) $\rightarrow$ Öffnungswinkel: 30°
- Sägegewinde (asymmetrisches Trapez) $\rightarrow$ Neigung um 3° gegen Außenflanke

3 Selbsthemmung eines Gewindes

Durch Reibung verursachte Widerstand gegen Verziehen / Verdrehen, solange die Halbleistung größer ist als die Gleitreibung. Um Selbsthemmung zu erreichen, wird der resultierende Winkel kleiner als der an der Halbleistungsfunktion angegeben.

$\tan \varphi = \frac{p_h}{d_k \cdot \pi}$ (p_h : Steigung des Gewinde/Gangsteils, d_k : Flankendurchmesser, φ : Steigungswinkel)

4 Gewindearten für Befestigungs- bzw. Bewegungsschrauben

Befestigungsschrauben: Metrisches Gewinde, Rohrgewinde

Bewegungsschrauben: Trapezgewinde, Sägegewinde

5 Begründen Sie, warum eine Spangenschraube ein größeres Verhältnis von Kern- zu Außendurchmesser besitzt als eine Kerkhalschraube.

Die Spangenschraube ist weicher und schraubenartig. Deshalb hat eine Spangenschraube einen größeren Außendurchmesser bei einem kleineren Kern.

Die Kerkhalschraube hat eine weiche Flanke, aber eine harte Flanke für die Kraftübertragung.

Die Kerkhalschraube hat einen großen Kern und einen kleinen Außendurchmesser. Da die Mitte des Kerkhals sehr hart ist, reicht die kleine Flanke für die Kraftübertragung und ein großer Außendurchmesser ist wichtig für die Stabilität der Schraube.

6 Dehnschrauben und Anwendungsbeispiele

Für hohe dynamische Belastungen, verjüngter dünnere Schaft (Dinmischschraube), mit Kopf oder als Schraubstift auszuführen, Anwendungsbereich (Niemannschraube)

$\Rightarrow$ Vorspannen erforderlich $\rightarrow$ selbstsichernd durch Dehnen und Zerspannen des Schafts.

7 Linksgewinde

Für spezielle Zwecke, bei Verschraubungen, bei denen sich ein Rechtsgewinde z.B. durch Befestigungsschraube lösen würde.

z.B.: Linkes Fahrradpedal, rechte Verankerung des Totlagers, Mutter von Ventilbohrer-Rohr, Befestigungsschraube auf Bohr- und Drehmaschine.

8 Setzen

Plastische Verformung der Randschraube in Kontaktfläche nach dem Fügen.

$\rightarrow$ Glätte der aufeinandergepressten Oberflächen, zeitabhängig, Verlust an elastischen Spannungsvermögen

9 Unterschied zwischen Feststellfähigkeit und Nachstellfähigkeit

Feststellfähigkeit: $\rightarrow$ Feststellmoment: Verhältnis der auf eine Feder wirkenden Kraft zur dadurch bewirkten Auslenkung

Nachstellfähigkeit: Fähigkeit der Bauteile sich unter Kraftwirkung elastisch zu verformen. $\delta = \frac{1}{2} + \frac{p}{F} = \frac{1}{E \cdot A}$ c: Feststellfähigkeit

10 Elastizitätsmodul eines typischen Stahlbleches

$$E = 210 \text{ MPa} = 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

11. Statische Betriebskraft

Eine statische Kraft, die durch den Einfluß des Bauteilzustandes, wie durch die Klammkraft der Schraube

Druck- oder Zugkraft auf die Schraubeneinleitung, die während des Betriebes auftritt

→ Druckkraft: Entlastung der Schraube, zusätzliche Belastung der Mutter, Zugkraft → zusätzliche Belastung der Schraube, Entlastung der Mutter

12. Auswirkungen einer positiven statischen Betriebskraft

Eine positive statische Betriebskraft ist eine Zugkraft: Entlastung der Flansche, zusätzliche Belastung der Schraube

13. Reststammkraft

$F_{R0} = F_V - F_{BT}$ ⇒ Vorspannkraft minus die Entlastungskraft, Kraft, die mit Betriebskraft noch auf die Flansche wirkt.

14. Vorspannkraft

Kraft, die durch Anziehen der Mutter auf die Schraube wirkt und diese in die Länge zieht, bevor die Betriebskraft aufgebracht wurde

Fsp ist die Spannkraft der Schraube bei 90% Ausnutzung der Materialdehnung, wird aus Tabelle abgelesen

15. Vorspannungszustand und Entlastung

Anteil der Vorspannkraft, die nach Anziehen der Schraube durch Setzen verloren geht. $F_e = \frac{f_2 - \bar{f}_m}{f_2} = \frac{f_2}{f_2 + f_m}$, f_2 aus Tabelle

16. Physikalisches Prinzip der Funktion eines Gewindef

Prinzip der schiefen Ebene

17. Federn

1. Federn nach Funktionsprinzip

Formfedern / Metallfedern und Stofffedern (Kompressibilitätsfedern / Flexionsfedern)

2. Federn nach Belastung

Zug / Druck (z.B. Zug-/Druckfedern), Biegung (z.B. Torsionsfedern), Torsion (z.B. verdrehbare Schraubenfedern)

3. Mechanismen von Federn

Elastische Beanspruchung, Faltung und Öffnung, Kombinationen & Federsysteme

4. Federharte R

$R = \frac{F}{s}$ bzw. $R_e = \frac{M}{\varphi}$

5. Grundlegende Wirkung einer Feder

Aufnahme von Kraft durch Dehnung, Biegung und Torsion, Speicherung dieser Kraft als potentielle Energie und Abgabe dieser Kraft

6. 3 Arten von Federcharakteristika

Progressiv: Begrenzung des Weges (verhindert Durchschläge) → Federsteifigkeit nimmt zu

Linear: Konstant

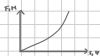
Degressiv: Begrenzung der Kräfte (Kraftlimitierung) → Federsteifigkeit nimmt ab



3. Kennlinie einer Gasdruckfeder

Progressive Kennlinie, Dämpfer von Schwingungen $\rightarrow$ wegsensparend

Je stärker das Gas hoch komprimiert ist, desto mehr Kraft und für weitere Kompression benötigt



18. Dichtungen

1. Funktion von Dichtungen

Dichtungen verhindern oder begrenzen Stoffaustausch (fest, flüssig, gasförmig) zwischen zwei Räumen. Dadurch wird der Verlust von Betriebsstoff verhindert, Eindringen von Fremdkörpern und Schmutz vermieden, verschiedene Betriebsstoffe und unterschiedliche Medien voneinander getrennt.

2. Unterschied zwischen statischer und dynamischer Dichtung

Statische Dichtungen: ohne Relativbewegung, willkommene Trennung, keine Reibungsdichtungen

Dynamische Dichtungen: mit Relativbewegung, Räume sind verbunden, Dichtungsdichtung als bewegungsfähig

3. Eigenschaften Dichtungselemente

- elastisch: leicht, schnelle Anlaufzeit, Oberflächenabdichtung möglich
- plastisch: beständig unterverformbar, gute Anlaufzeit, absolute Dichtigkeit
- porös: nur Mitteldrucke geeignet, Porositätselemente aufeinander, dichte Dichtungen
- chemische und physikalische Beständigkeit: Druck, Temperatur, Gradunverformbarkeit, Reibung, Medien und Umwelt

4. Radialwellendichtung Anwendungen

Bei fest- und zylindrischen Wellungen $\rightarrow$ drehende Dichtung, hohe Dichtwirkung und Lebensdauer

5. Gleitringdichtung

Die Gleitring dichtet mit, der Gegenring gleitet. Durch Reiben der beiden aufeinander entsteht die Dichtwirkung.

Eine Fehlführung durch die Gleitring auf der Gleitring von Dichtung bei Reibwirkung oder Verschleiß oder Unvollkommenheiten.

Die Gleitringdichtung ist die "Dichtung der Dichtung" und ist nicht von der Arbeit im Gehäuse zu trennen und der Dichtung zu schützen.

6. Wirkung einer bewegungslosen Dichtung

Körner nicht herabfallen darf sein, höhere Lebensdauer, hohe Reibungsbeständigkeit, kein Verschleiß

Bei einer geringen Dichtungselemente wird die Fließgeschwindigkeit. Ist die Spalte zu groß, "rutschen" das Medium nicht durch.

Um Platz zu sparen wird die Oberfläche durch ein Labyrinth geschützt

19. Klebeverbindungen

1. Drei Aufgaben von Klebeverbindungen

Upplösbar bzw. lösbar lösliche, dauerhaft, dauerhaft Verbindung von zwei oder mehr Werkstoffen unter Einwirkung eines (zwei- oder mehrschichtigen) Klebstoffs.

2. Kohäsionskraft

Molekulare Bindungskraft in der Klebeschicht

3. Adhäsionskraft

Bindung zwischen Festkörpern und Klebeschicht

4. Haftmechanismus beim Kleben

Durch die Haftung des Klebstoffs an der Werkstoffoberfläche (Adhäsion) und die innere Festigkeit des Klebstoffs (Kohäsion)

5. Wann reißt der Klebstoff vorwiegend an der Bauteiloberfläche ab?

Der Klebstoff löst sich meist von der Bauteiloberfläche lösen, wenn die Adhäsionskräfte sehr viel geringer als die Kohäsionskräfte sind. Dies gilt jedoch nur, wenn die Festigkeit des Grundwerkstoffs größer als die des Klebstoffs ist.

6. Zulässige Belastungen bei Klebeverbindungen

Zug-/Druck, Scher (bevorzugt) und Schub (zu vermeiden)

7. Alterungsunbeständigkeit bei Klebeverbindungen

Klebstoffe besitzen eine eingeschränkte chemische und physikalische Beständigkeit. Auf lange Sicht sind Festigkeit, Verformungseigenschaften und die Temperaturbeständigkeit anzuklagen.

8. Wirkung des Reaktionshinhalts

Chemisches Alterungsmechanismus, Auflagen auf Klebstoffe $\rightarrow$ Zusammenfügen der Klebstoffe $\rightarrow$ Abbinden unter Wärme als bei Raumtemperatur

20. Lötverbindungen

1. Anforderungen an Lötverbindungen

Kleine elektrische Übergangswiderstände (elektrische Leitfähigkeit), bestmögliche Leitwert, Übertragung von Kraft, definierte Wärmeleitfähigkeit, Dichtigkeit, Korrosionsbeständigkeit, selbstständiges Lösen bei unter festgelegter Temperatur und Spannungen.

2. Vor- und Nachteile von Lötverbindungen

Vorteile: Fügen von verschiedenartigen Metallen, keine schädigende Wärmeeinwirkung durch Lötlote, Gas- und Flüssigkeitsdichtend, gut elektrische Isolation, gut wärmeleitend, je nach Verfahren anwählbar

Nachteile: Geringe statische/dynamische Festigkeit, schwindende Vorwände und Kontaktflächen der Lötstelle, höheres Gewicht durch Überlappungen, Wärmelasten wegen zum Kriechen, Kriechung durch Heißleitung, Gefahr der elektromagnetischen Zerstörung der Lötstelle, große Lötstellen sind teuer

3. Ab wann kann man Flussmittel für Löt?

Bei Hochtemperaturlöten ($> 350^\circ\text{C}$), in Spezialfällen unter Schutzgas oder Vakuum muss Oxidation verhindert.

4. Herstellung von Lötverbindungen

- 1) Reinigen der Lötflächen, mechanisch oder chemisch, Fettfreiheit
- 2) Fixieren der Teile: Günstige Spaltbreite, Lötumverteilung
- 3) Einwickeln: Oxidabschätzung mit Hilfe von Flussmitteln
- 4) Abkühlen: Unter die Spritztemperatur
- 5) Nachbehandlung: Entfernen von Flussmittelrückständen, Abbläuen
- 6) Prüfung: Sicherung von Qualität und Zuverlässigkeit

5. Wälzlöten und dessen Eigenschaften

Stoffschmelzlöten, bedingt feste Verbindung, Liquidustemperatur $< 450^\circ\text{C}$, dickflüssige und elektrisch leitende Eigenschaften im Vordergrund, Lot direkt

6. Diffusionsprozess beim Löt

Moleküle des flüssigen Lots vermischen sich mit Moleküle des festen Grundwerkstoffs, Legierungsbildung in der Diffusionszone führt zu einer stoffschmelzlöten Verbindung

7. Kapillarkwirkung

Eigenschaften von Flüssigkeiten, sind in engen Spalten besonders gut auszubilden. Ist der Spalt eng genug, wird das Lot hineingezogen, ist der Spalt jedoch zu groß, so "verleht" das Lot nicht hinein und ist der Spalt zu weit, so dringt auch kein Lot ein.

2.1. Schweißverbindungen

1. Unterschiede zwischen Löt- und Heißkleben

Heißkleben: Epoxidharz Klebstoff wird genutzt, um zwei Metalle miteinander zu verbinden. Dabei entsteht eine nicht unbedingt hermetisch dichte, nicht korrosionsbeständige, nicht elektrisch leitfähige und nicht wärmeleitende Verbindung. Kleben ist günstig und für große Flächen geeignet.

Löten: Lot wird zum Verbinden von unterschiedlichen Metallen genutzt. Dabei entsteht eine hermetisch dichte, elektrisch leitende und wärmeleitende Verbindung. Löten ist im Vergleich zum Heißkleben teurer.

2. Unterschiede zwischen Löt- und Schweißen

Schweißen: Derselbe Grundwerkstoff wird zum Verbinden genutzt, aber die Verbindung erfolgt ohne Zusatzwerkstoff.

Löten: Lot wird genutzt, um unterschiedliche Metalle miteinander zu verbinden. Schweißstellen sind robuster.

3. Einteilung der Schweißverfahren nach den verwendeten Werkstoffen in zwei Gruppen

Metall und Kunststoff

4. Verbindungsart des Schweißens

Unterdruck, stoffschlüssige Verbindung

5. Vorteile des Schweißens

Werkstoffsparend, Keine Schweißnaht durch Leckage, Gesteckungssteifigkeit, Dichtigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Wärmefähigkeit, vor- Ort-Fertigung

6. Nahtformen

- Kehlnähte: Kehlnaht, Doppeltkehlnaht
- Stumpfnähte: I-Naht, V-Naht, Doppel-V-Naht, Böckelnaht
- Stirnnähte
- Zusammengesetzte Nähte