

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



MASCHINENBAU

Maschinenelemente und Mechanik



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

INHALT

1. Einführung in die Verbindungstechnik im Maschinenbau.....	4
1.1. Verbindungen	4
1.2. Äußere Belastung der Verbindung	5
2. Schraub- und Gewindeverbindungen	7
2.1. Merkmale (charakteristische Konstruktionseigenschaften)	7
2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)	8
2.3. Gewindearten der angeschlossenen Schrauben.....	11
2.4. Material der Schrauben und Muttern	12
2.5. Eigenschaften.....	14
3. Belastung und Festigkeit im Betrieb	15
3.1. Gleichmäßige Belastung durch Kraft F_{celk}	15
3.2. Flächenlast aus F_{celk} und M_{celk}	16
3.3. Raumbelastung durch F_{celk} und M_{celk}	16
3.4. Festigkeit bei maximaler Belastung.....	18
4. Dübel-, Niet- und Stiftverbindungen - Statik, Design und Kontrolle.....	19
4.1. Bolzenverbindungen.....	19
4.1.1. Merkmale.....	19
4.1.2. Struktur	19
4.1.3. Eigenschaften.....	21
4.2. Dübelverbindungen	22
4.2.1. Merkmale (Konstruktion)	22
4.2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)	23
4.2.3. Eigenschaften.....	26
5. Formung von Wellen-Naben-Verbindungen - durch Federn, Keile und Nuten	27
5.1. Feder- und Keilverbindungen.....	27
5.1.1. Merkmale (Konstruktionsmerkmale).....	27
5.1.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)	28
5.1.3. Eigenschaften.....	31
5.2. Keilwellenverbindungen.....	33
5.2.1. Merkmale (typische Struktureigenschaften)	33
5.2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)	33

5.2.3.	Eigenschaften I. und II. Paralleles und evolventisches Einstechen	37
5.2.4.	Eigenschaften III. Feine Nutenbildung.....	38
6.	Starke Verbindungen von Welle und Nabe - Crimpen und Klemmen	40
6.1.	Crimpverbindungen.....	40
6.1.1.	Merkmal (typische Struktureigenschaften)	40
6.1.2.	Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale).....	40
6.1.3.	Eigenschaften.....	41
6.2.	Klemmverbindungen	43
6.2.1.	Merkmal (typische Struktureigenschaften)	43
6.2.2.	Struktur - I. Klemmverbindungen mit Zylindrischer Kontaktfläche.....	44
6.2.3.	Struktur - II. Klemmverbindungen mit konischer Kontaktfläche.....	45
6.2.4.	Struktur - III. Klemmverbindungen mit konischer Hülse	46
6.2.5.	Eigenschaften.....	46
7.	Flexible Verbindungen.....	48
7.1.	Grundlegende Informationen	48
7.1.1.	Merkmal (typische Konstruktionseigenschaften)	48
7.1.2.	Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale).....	48
7.1.3.	Grundeigenschaften	51
7.1.4.	Design und Bewertung	51
8.	Materialverbindungen - geschweißt, gelötet, geklebt Spoje svary (svarové spoje) ...	53
8.1.	Schweißverbindungen.....	53
8.1.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	53
8.1.2.	Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale).....	53
8.1.3.	Eigenschaften.....	56
8.2.	Lötverbindungen	57
8.2.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	57
8.2.2.	Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale).....	57
8.2.3.	Eigenschaften.....	59
8.3.	Klebverbindungen.....	60
8.3.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	60
8.3.2.	Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale).....	60
8.3.3.	Eigenschaften.....	62
9.	Dynamische (variable) Belastung und Beanspruchung von Maschinenteilen TS - dynamische (Ermüdungs-) Festigkeiten Základní poznatky	64

9.1.	Grundlegende Informationen	64
9.2.	Materialermüdungsgrenze	66
9.3.	Materialermüdungsgrenze bei gemeinsam harmonisch wechselnder Spannung	67
9.4.	Faktoren, die die Materialermüdung beeinflussen.....	68
9.4.1.	Kerbwirkung - Kerbwert β	68
9.4.2.	Bauteilgrößeneffekt - Koeffizient der Bauteilgröße v	69
9.4.3.	Oberflächeneffekt - Oberflächengütekoeffizient η_P	69
9.4.4.	Einfluss der Oberflächenhärtung - Festigungskoeffizient der Oberflächenhärtung k	70
10.	Wellen	71
10.1.	Arten von Antriebswellen.....	71
11.	Gleitlager	74
11.1.	Merkmal (typische Konstruktionseigenschaften)	74
11.2.	Lager mit hydrodynamischen Lagern	74
11.2.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	74
11.2.2.	Gehäusetypen und Gehäuse:	75
11.2.3.	Arten von Lagermaterialien	76
11.2.4.	Eigenschaften.....	77
12.	Kugellager.....	79
12.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	79
12.1.1.	Abmessungen der Wälzlager (ČSN 02 4629)	81
12.2.	Material der Kugellager	83
12.3.	Eigenschaften.....	83
13.	Wellenkupplungen	85
13.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)	85
13.2.	Feste (starre) Kupplungen.....	87
13.2.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	87
13.2.2.	Eigenschaften von gängigen Kupplungen	87
13.3.	Nivellierung (starres Kippen)	88
13.3.1.	Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften).....	88
13.3.2.	Eigenschaften von gängigen Kupplungen	89
	Literatur.....	90

I. EINFÜHRUNG IN DIE VERBINDUNGSTECHNIK IM MASCHINENBAU

I.1. Verbindungen

Verbindungen sind Maschinenteile (Komponenten) mit der Hauptfunktion die Komponenten eines technischen Produkts (TS) und das immer in Kombination mit einer weiteren Funktion: **der Beweglichkeit**.

- **"keine gegenseitige Bewegung zulassen"**, wenn die Originalteile aufgrund von Herstellbarkeit, Austauschbarkeit, Anpassungsfähigkeit, Transportfähigkeit, Reparaturfähigkeit, Verfügbarkeit usw. nicht aus einem Stück konstruiert werden konnten.
- **"gegenseitige Bewegung zulassen"**, wenn die zu verbindenden Teile ihre gegenseitige Position ändern müssen, um ihre Funktion zu gewährleisten.

Hinweis:

Wenn jedoch die Funktion "zur Ermöglichung der gegenseitigen Bewegung" Priorität hat, gelten diese Gelenke in der Tschechischen Republik als unabhängige Klassen von Maschinenteilen, und in der tschechischen Sprache werden sie entsprechend der erlaubten Bewegung angesprochen (im Gegensatz zu Englisch und Deutsch):

- Gleitbewegung: Linie
- für Drehbewegungen: Passform

In den folgenden Kapiteln beziehen sich "Gelenke" daher nur auf "gemeinsame Gelenke", bei denen die Priorität auf der Funktion "Verbindung zulassen" liegt und die Funktion "Bewegung zulassen" teilweise oder gar nicht benötigt wird:

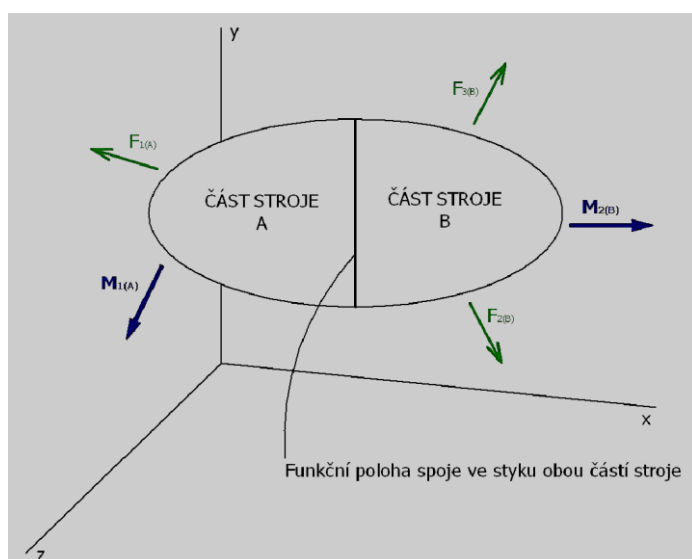
- **starre Gelenke** (im Betrieb nicht beweglich) (d.h. Funktion "keine gegenseitige Bewegung zulassen")
- **bewegliche Gelenke** (d.h. Funktion "um eine teilweise gegenseitige Bewegung zu ermöglichen")

Hinweis:

- Die übliche Aufteilung der "starrten Verbindungen" in "lösbar" und "anbringbar" wird nicht berücksichtigt, da es sich nicht um eine funktionale Eigenschaft oder Eigenschaften handelt. Diese Eigenschaft (z.B. für die Montage in der Produktion und für die Demontage und Montage in Vertrieb, Installation, Wartung, Reparatur und Demontage bei der Entsorgung usw.) wird logischerweise als eine der wesentlichen Eigenschaften von (Festkörper-)Verbindungen angesehen. Die Klassifizierung wurde somit vereinfacht, ohne diese Eigenschaft zu vernachlässigen.
- Hinweis: In Bezug auf Maschinenteile beziehen sich "starre Verbindungen" auf Verbindungen, die (im Betrieb) keine gegenseitige Bewegung der Teile zulassen, oder TS-Komponenten, die gekoppelt oder miteinander verbunden werden.
- Zur vereinfachten Darstellung und Bezeichnung von gleichmäßig über den gesamten Umfang ausgeübten Kräfteinwirkungen (z.B. Klemmung, Reibfläche, Gewinde, etc.) sind die relevanten Größen mit dem links neben der jeweiligen Kraftmarke stehenden Index "o" gekennzeichnet, etc. (z.B. Figur A 1.4-2)

1.2. Äußere Belastung der Verbindung

Sie wird (nach Berechnung des äußeren Gleichgewichts TS!) als resultierende Wirkung von Kräften und Momenten, die auf einen Teil von TS einwirken, auf einer Seite einer Kontaktfläche des betreffenden Gelenks berechnet (d.h. Analogie als inneres Gleichgewicht entsprechend "Schnitt"). In der Regel wird die Seite gewählt, von der aus die Lösung einfacher ist.



Legende:

část stroje A - Teil der Maschine A, část stroje B - Teil der Maschine B, funkční poloha spoje ve styku obou částí stroje - funktionelle Position des Gelenks an der Kontaktstelle beider Teile der Maschine

Resultierende Kraftwirkungen auf das Gelenk (von der "linken" und "rechten" Seite):

$$\begin{aligned} F_{xSP} &= \sum_{(i)} F_{ixA} & F_{xSP} &= - \sum_{(j)} F_{jxB} \\ F_{ySP} &= \sum_{(i)} F_{iyA} & F_{ySP} &= - \sum_{(j)} F_{jyB} \\ F_{zSP} &= \sum_{(i)} F_{izA} & F_{zSP} &= - \sum_{(j)} F_{jzB} \end{aligned}$$

Resultierende Momenteneffekte (aus den Momenten und Kräften) auf die Verbindung (von der "linken" und "rechten" Seite):

$$\begin{aligned} M_{xSP} &= \sum_{(i)} M_{ixA} & M_{xSP} &= - \sum_{(j)} M_{jxB} \\ M_{ySP} &= \sum_{(i)} M_{iyA} & M_{ySP} &= - \sum_{(j)} M_{jyB} \\ M_{zSP} &= \sum_{(i)} M_{izA} & M_{zSP} &= - \sum_{(j)} M_{jzB} \end{aligned}$$

2. SCHRAUB- UND GEWINDEVERBINDUNGEN

2.1. Merkmale (charakteristische Konstruktionsseigenschaften)

Zerlegbare Verbindungen von Komponenten nach dem Prinzip des Außen- und Innengewindetriebs.

Bei der Montage des Außengewindes unterscheiden wir zwischen:

- **Schraubverbindungen** (Außengewinde entsteht am Hilfsverbindung - Schraube)
- **Gewindeverbindungen** (Außengewinde wird auf einem der Verbindungsteile erzeugt, Innengewinde auf dem zweiten)

Von nun an arbeiten wir nur noch mit handelsüblichen Schraubverbindungen (fest, d.h. unbeweglich), die während der Montage "angezogen" (d.h. vorgespannt) werden.

Notizen:

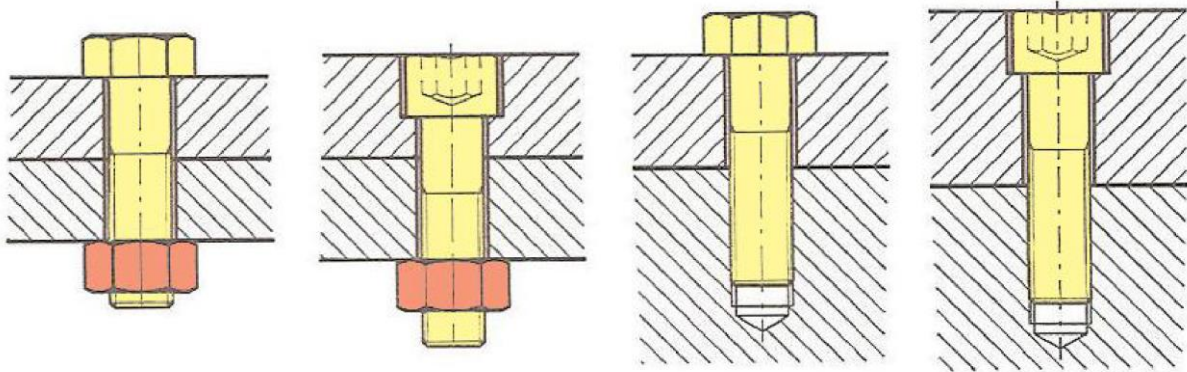
- Es ist zu beachten, dass in der Literatur nur wichtige (meist hochbeanspruchte) Verbindungen als vorgespannte Verbindungen bezeichnet werden. Bei der Auslegung und Bestimmung der Verbindungseigenschaften wird die Hauptstruktur als ein Satz vorgespannter Federn modelliert. Bei weniger wichtigen vorgespannten ("angezogenen") Schraubverbindungen wird der Einfluss der Vorspannung auf die Erhöhung der äußeren Spannung durch den Koeffizienten in Abhängigkeit vom Schraubendurchmesser einfacher berechnet.
- Das Basis-Verschraubungsmodul ist eine einzelne Verschraubung. Mehrfachverschraubungen werden oft als Flanschverbindungen bezeichnet (entsprechend ihrer häufigsten Ausführung). Wichtig sind jedoch nur die Form (und Steifigkeit) der Kontaktfläche und der angrenzenden Teile der verbundenen Bauteile sowie die Montage und Größe der Verbindungsschrauben.

2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

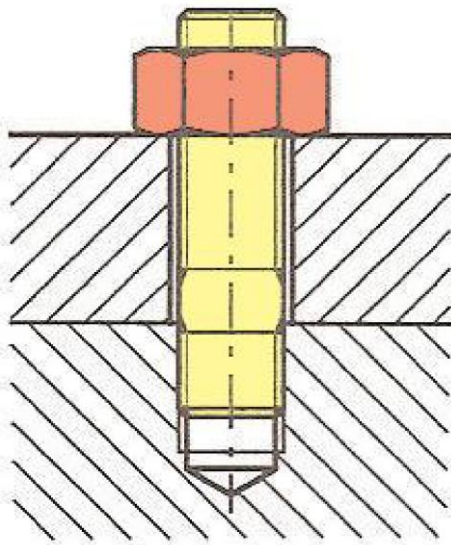
Typische Designs

STANDARD-VERSCHRAUBUNGEN

Verbindung mittels einer Schraube mit einem Kopf (mit Matrize und ohne Mutter):

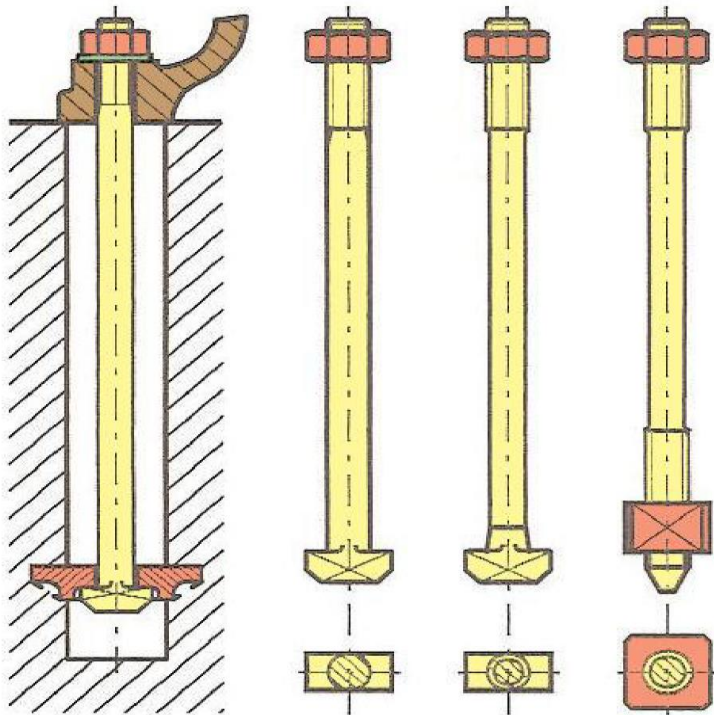


Verbindung mittels Bolzen (mit Mutter):

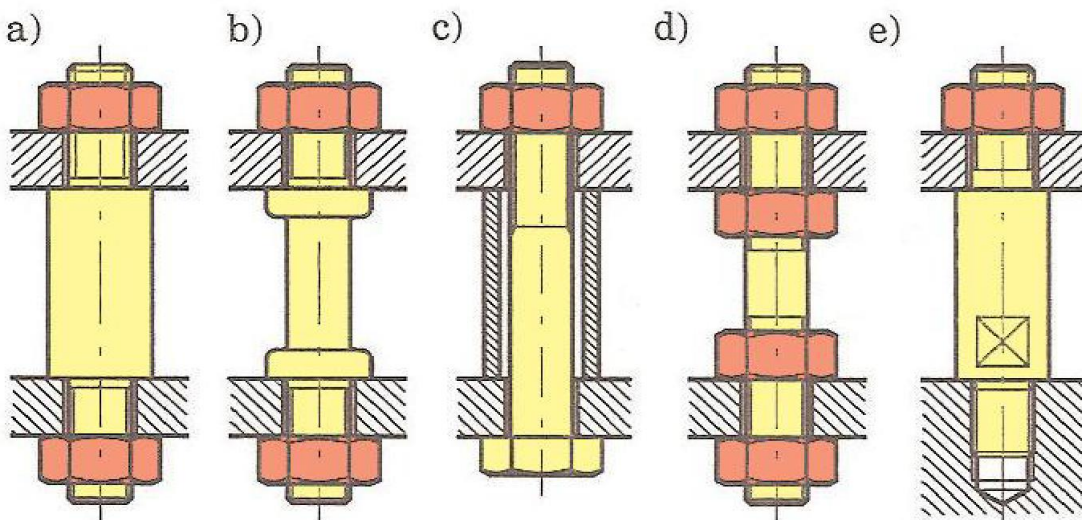


SONDERVERSCHRUBUNGEN

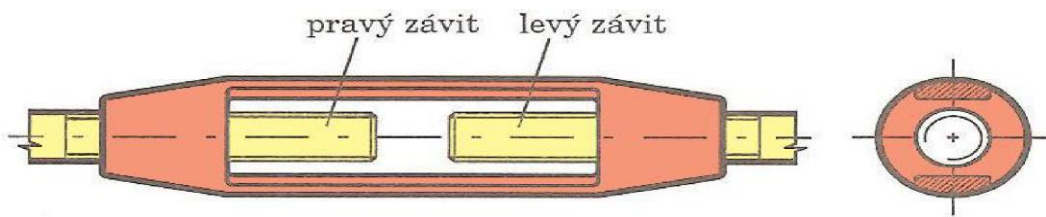
Basisverschraubungen



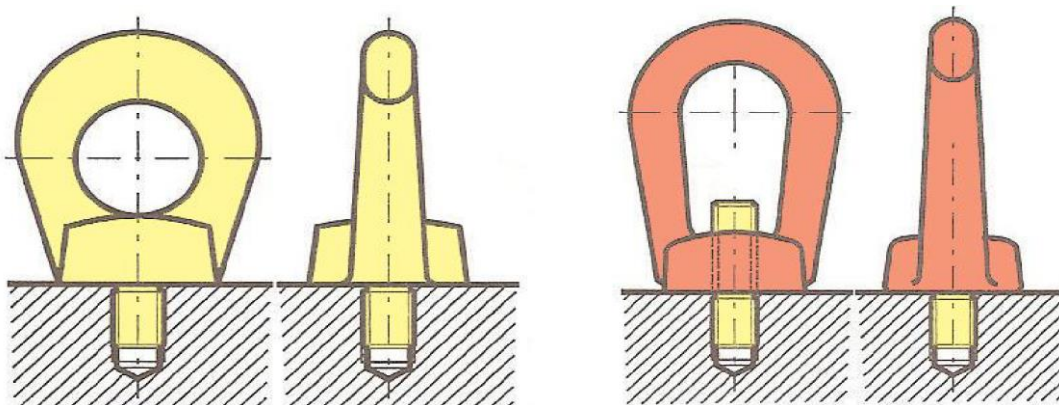
Abstand Verschraubungen:



Verschraubungen spannen:



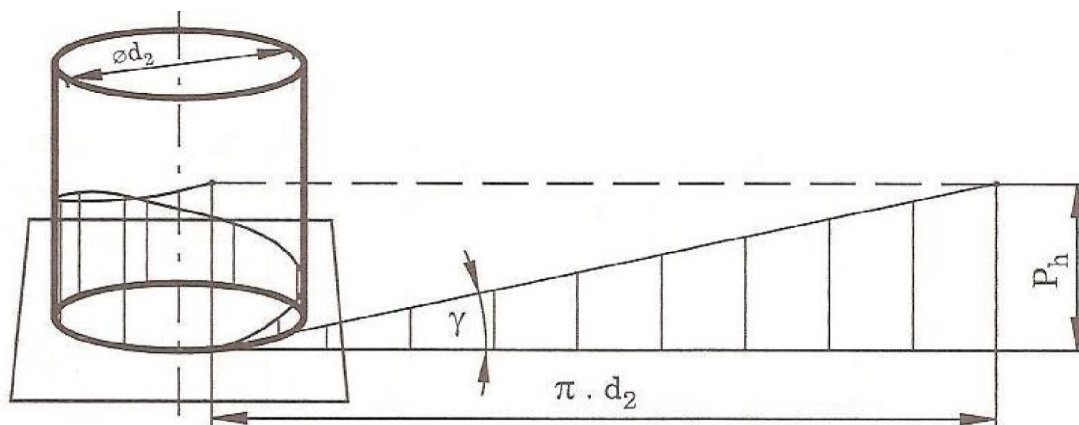
Aufhängungsschraubverbindungen (zum "Verbinden" des Maschinenteils mit einer Aufhängeöse):



Formen, Abmessungen und Toleranzen von Verschraubungsteilen

GEWINDESCHNEIDEN

Prinzip des Gewindeschneidens (auf einer zylindrischen Oberfläche):



$$\operatorname{tg} \gamma = P_h \pi \cdot d_2 \text{ [rad]}$$

Wobei:

Ph [mm] ... Drallgrad (Hinweis: $Ph = n \cdot P$; wobei: n [1] Anzahl der Gewindegänge)

P [mm] ... Teilung

d_2 [mm] ... mittlerer Gewindedurchmesser 186

2.3. Gewindearten der angeschlossenen Schrauben

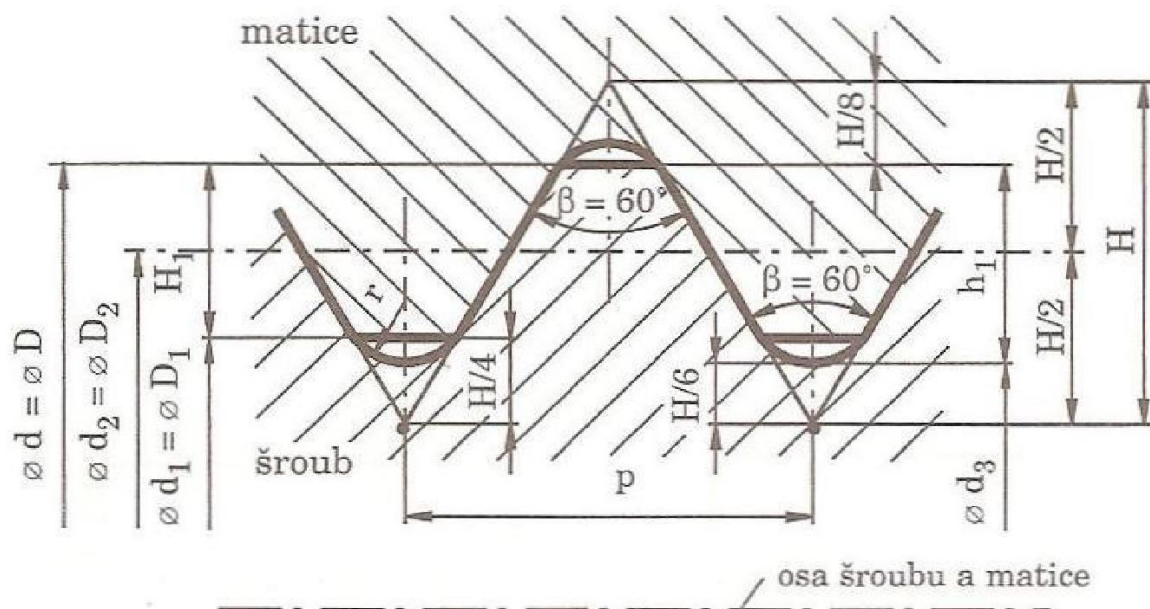
Podle ČSN 01 4000:

- metrisches Gewinde mit einer Grobteilung (ČSN 01 4008): Md , z.B. M16
- metrisches Gewinde mit feiner Steigung (ČSN 01 4013): $Md \times P$, z.B. M16 x 1,5

Notizen:

- für ein Linksgewinde: $Md \times P$ LH, z.B. M16 x 1,5 LH
- für ein mehrgängiges Gewinde: $Md \times Ph/n$, z.B. M16 x 3/2

Axialschnitt (in der Ebene, die durch die Achse von Schraube und Mutter verläuft):



Legende:

matice - Mutter, šroub - Schraube, osa šroubu a matice - Achse der Schraube und Mutter

d , D – großer \emptyset des Schrauben- und Muttergewindes

$d_2 = D_2$ – mittlerer \varnothing der Schraube und des Muttergewindes
 d_3, D_1 – kleiner \varnothing des Schrauben- und Muttergewindes
 h_1 – Höhe des Schrauben- und Muttergewindeprofils
 H – Höhe des Grundprofils (theoretisches Profil)
 H_1 – Arbeitshöhe des Profils (Tiefe)
 b – Scheitelwinkel
 P – Gewindesteigung

Metrische Gewindeanschlüsse

Für alle Lager (ČSN 01 4314 - nach ISO)

Genauigkeitsgrad: 1 - 10

Position des Toleranzfeldes:

$d p$ (pro d_2 a d), z.B.: M16 7g6g

$C H$ (pro D_2 a D_1), z.B.: M16 5H6H

Beispiele für Lager: 5H6H / 7g6g

Wenn es eine Übereinstimmung gibt, z.B. 6H6H / 6g6g, dann: 6H/6g (gewöhnlich) 187

2.4. Material der Schrauben und Muttern

Grundregeln:

- Werkstoffe mit hoher Streckgrenze, insbesondere bei Schrauben;
- bei gleichen Werten der mechanischen Eigenschaften hängt der Materialeinsatz von der Art der Gewindeherstellung (Warm- oder Kaltumformung, Bearbeitung) ab; daher wird anstelle der Art des Materials nur die Bezeichnung der garantierten mechanischen Eigenschaften für die Herstellung angegeben:

Symbole für die mechanischen Eigenschaften von Schrauben und Muttern**: x.y

xSymbol der Bruchfestigkeit: Zahlen 4 - 12

ySymbol der Bruchgrenze: Zahlen 4 - 8

Notizen:

- Standardisierte mechanische Eigenschaften von Schrauben und Muttern sind mit der ersten zusätzlichen Ziffer in der Bezeichnung nach ČSN gekennzeichnet.
- Für die häufigsten Fälle:

Formen: Schrauben und Muttern ("Innensechskant") mit zylindrischem Sechskantkopf und Innensechskant

* erste zusätzliche Ziffer: .1,5

** Symbol des Materials: 5.6 8.8

$\sigma_{pt} \equiv 100 \times \text{ozn. vel. } \sigma_{pt}$	500 MPa	800 MPa
$\sigma_{kt} \equiv (0,6 + 0,8) \cdot \sigma_{pt}$	300 MPa (x 0.6)	600 MPa (x 0.8)
$\sigma_D \equiv \sigma_{kt} / ([1,5 +] 2,5)$	120 [+ 200] MPa	240 [+ 400] MPa
$\sigma_{D\dot{s}} \equiv 0,5 \cdot \sigma_D$	60 [+ 100] MPa	120 [+ 200] MPa – vliv vrubů závitu
$\tau_{D\dot{s}} \equiv 0,6 \cdot \sigma_{D\dot{s}}$	40 [+ 60] MPa	80 [+ 120] MPa
vliv nerovnoměrného zatížení závitu:		
$p_{Dz} \equiv 0,2 \cdot p_D \equiv 0,2 \cdot \sigma_D$	20 [+ 40] MPa	<— (rozhoduje materiál matice)
vliv pohybu:		
$p_{Dz \text{ poh zat}} \equiv 0,2 \cdot p_{Dz}$	5 [+ 10] MPa	<— (rozhoduje materiál matice)

Materialien:

- weniger beanspruchte Verbindungen: Stahlklasse 11 100 (11 109 und 11 100)
- häufig beanspruchte Verbindungen: Stahlklasse 11 300 (11 340 und 11 370)
 - 11 500 (11 500)
 - 11 600 (11 600)
 - 12 000 (12 040 und 12 050)
- hochbeanspruchte Verbindungen: Stahlklasse 13 200 (13 240)
 - 14 200 (14 240)
 - 15 200 (15 230)
- in aggressiver Umgebung: Messing gezogen Klasse 42 3200 (42 3213 und 42 3223)

2.5. Eigenschaften

CHARAKTERISTISCHE EIGENSCHAFTEN KOMPLEXER QUALITÄT

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung aller Lastarten (Übertragung von Tangentialkräften entweder durch Reibung oder Passschrauben).
- Einfache Demontage.
- Der Schutz vor Lockerung kann durch bauliche Veränderungen erhöht werden.
- Die Zuverlässigkeit unter dynamischer Belastung wird durch die Anzahl der Kerben reduziert.

Produktion, Montage

- Einfaches Design, strukturelle Änderungen der zu verbindenden Teile sind einfach, die Verbindungsteile werden meist als Normteile bezogen.
- Am wenigsten geeignet sind Gewinde in verbundenen Teilen, insbesondere wenn die Bohrungsachsen nicht senkrecht zu den Oberflächen stehen und die Bohrungen nicht durchgehend sind (Bruchgefahr von Werkzeugen).

CHARAKTERISTIKA VON ZEITLICHEN EIGENSCHAFTEN

Prozessgeschwindigkeit

- Relativ schnelle Konstruktion, Produktion (und Einkauf), Montage und Demontage.

MERKMALE DER WIRTSCHAFTLICHEN KOSTEN / ANSCHAFFUNGSKOSTEN

Prozessökonomie

- Bei entsprechender Fertigungsgestaltung ist es eine relativ kostengünstige Verbindung.
- Keine Betriebskosten.
- Minimale Demontagekosten (wenn die Verbindung nicht korrodiert ist).

3. BELASTUNG UND FESTIGKEIT IM BETRIEB

Betriebslast (max. Belastung der Verschraubung) (Nennwert)

Typische Beispiele:

I. nŠS von Verschraubungen wird mit der Kraft F_{celk1} auf die Achse belaste:

(wenn die Querkraft nicht durch eingesetzte Elemente mittels z.B. Bolzen, Federn usw. oder Passschrauben erfasst wird).

$$F_{ššjm} \Leftarrow F_{celk\perp} = n_{šš} \cdot F_{ššjm} \cdot f \cdot 1_{sf} \text{ indicativ: } s_f (1,5 \ 2,5) (5.1 - 2)$$

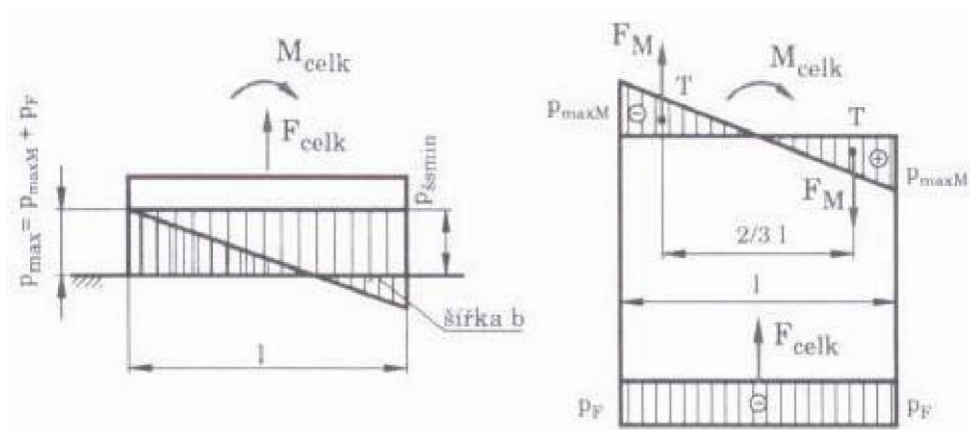
Hinweis:

Da davon ausgegangen wird, dass eine andere Lösung statistisch unbestimmt sein kann, wird die maximale (Grenz-)Last nicht bestimmt, sondern nur die maximale Betriebslast (Nennaußenlast) der Verschraubung $F_{ššjm}$.

II. nŠS von Schraubverbindungen werden parallel zur Achse belastet:

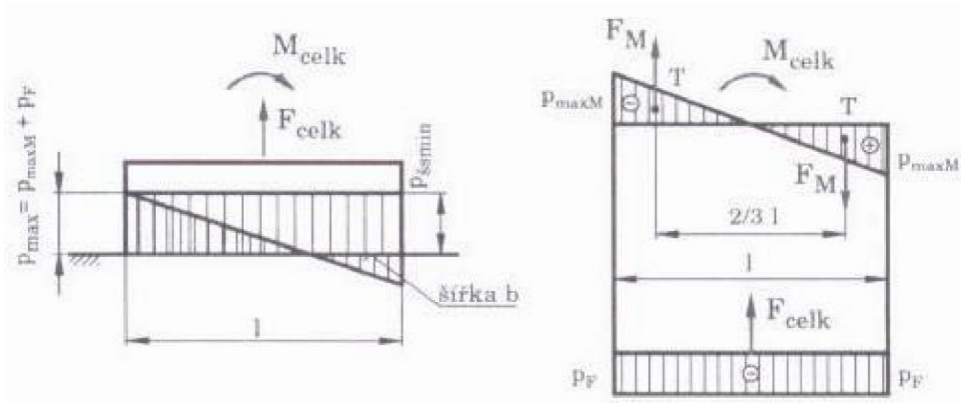
3.1. Gleichmäßige Belastung durch Kraft F_{celk}

$$F_{ššjm} \Leftarrow F_{celk} = n_{šš} \cdot F_{ššjm}$$



3.2. Flächenlast aus F_{celk} und M_{celk}

- einfach:



$$M_{celk} = F_M \cdot 2/3 l \Rightarrow F_M = M_{celk} / (2/3 l) \quad (5.1 - 3)$$

$$F_M = 12 \cdot 12 p_{max} M \cdot b \Rightarrow p_{max} M = M_{celk} / (16 \cdot l^2 \cdot b) = M_{celk} W_0 \quad (5.1 - 4)$$

$$p_F = F_{celk} / b; \quad p_{max} = p_F + p_{max} M \quad (5.1 - 5)$$

$$F_{\check{S}j m} \leftarrow p_{max}(F_{celk}, M_{celk}) = p_{\check{S}j m} = n_{\check{S}} \cdot F_{\check{S}j m l \cdot b} \quad (5.1 - 6)$$

3.3. Raumbelastung durch F_{celk} und M_{celk}

es wird analog wie in der Ebene behandelt, aber es ist auch notwendig, auch die dritte Dimension zu berücksichtigen.

Bestimmung der maximalen Belastung der Schraube und Vorspannung der Verbindung (für die maximale Belastung der Schraubverbindung)

Weniger wichtige Verschraubungen:

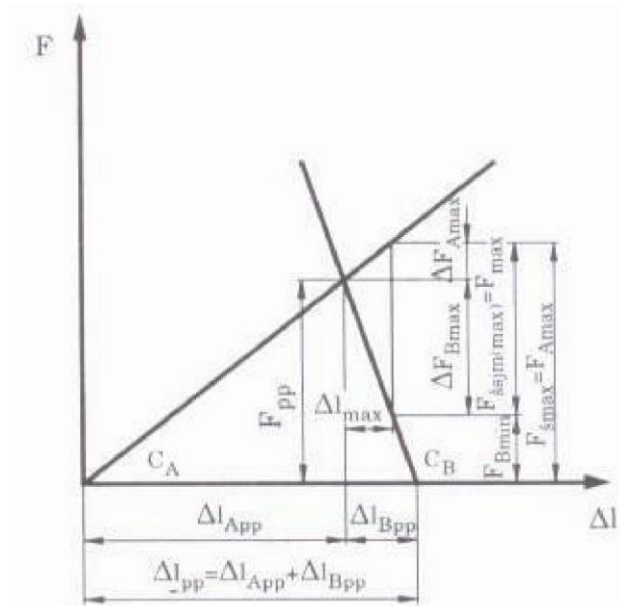
= maximale Schraubenbelastung: Die Größe $F_{\check{S}}$ wird als gleich der maximalen Betriebslast der Verschraubung $F_{\check{S}(max)}$ angenommen, erhöht um den Sicherheitsfaktor s :

$$F_{\check{S}max} = F_{\check{S}(max)} \cdot s \quad (5.1 - 7)$$

wobei: $s (1,5 \div 2,5)$

während die niedrigeren Werte für größere δ gewählt werden, werden für kleinere δ höhere Werte gewählt (bei kleineren Schraubendurchmessern ist die Gefahr des "Brechens" beim Vorspannen höher). Die Vorspannung der FPP-Verbindung wird nicht bestimmt. Es wird davon ausgegangen, dass beim Vorspannen ("Anziehen") die Vorspannung proportional zur Größe der Schraube und damit ausreichend ist.

Wichtige Verschraubungen (als vorgespannte Verbindung - PP)



wobei:

k_A ... Steifigkeit des beanspruchten Arms der Verschraubung

k_B ... Steifigkeit des Leichtbauarms der Schraubverbindung

Die Sicherheit der Verbindung gegen Überlastung wird durch den Entlastungskoeffizienten ausgedrückt. (unsachgemäß als "Dichtheit" bezeichnet) $c\psi$:

$$F_{Bmin} = c\psi \cdot F_{max} > 0$$

$$c (0,5 \div 1,5)$$

größere Schrauben- δ , kleinere Schrauben- δ .

⇒ Maximale Schraubenbelastung:

$$F_{smax} = F_{Amax} = F_{Bmin} + F_{max} = (1 + c\psi) \cdot F_{max}$$

$$C_{pp} = 1,5 \div 2,5$$

⇒ Fugenvorspannung (für den angegebenen Entlastungskoeffizienten der Verbindung $c\psi$):

$$F_{PP} = F_{Bmin} + \Delta F_{Bmax} = c\psi \cdot F_{max} + k_B k_A + k_B \cdot F_{max} = (c\psi + k_B k_A + 1) \cdot F_{max}$$

3.4. Festigkeit bei maximaler Belastung

Spannung im Schraubenkern

$$\sigma_t = F_{\text{max}} / S_{\text{min}} \quad (5.1 - 8)$$

wobei: normalerweise ist S_{min} ein minimaler Gewindekernquerschnitt

$$S_{\text{min}} = \pi \cdot d_{\text{min}}^2 / 4 \quad (5.1 - 9)$$

Die Tabelle sagt (aufgrund des Schnittes durch den Gewindebereich):

$$S_j \text{ pro } d_j = d_2 + d_3 > d_3$$

Spezifischer Druck in Gewinden

Bei Verwendung der genormten Mutterhöhen und Einhaltung der empfohlenen Gewindelängen (Artikel 5.1.1.1) ist es nicht notwendig, den Druck in den Gewinden zu beurteilen.

$$p_z(\text{stř}) = F_{\text{max}} / S_1 = F_{\text{max}} / (\pi \cdot (d_2 - D_1)^2 / 4) \cong F_{\text{max}} / (\pi \cdot d_2 \cdot H_1) \leq p_{DZ}$$

Einfach (Artikel 5.1.2)

4. DÜBEL-, NIET- UND STIFTVERBINDUNGEN - STATIK, DESIGN UND KONTROLLE

4.1. Bolzenverbindungen

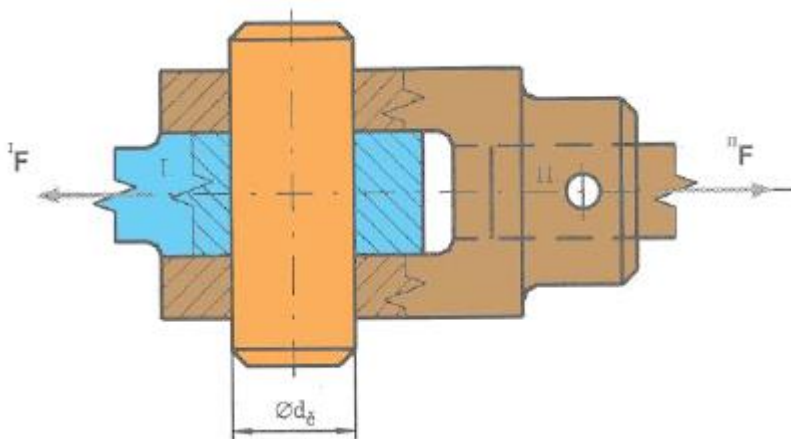
4.1.1. Merkmale

Leicht lösbare Verbindungen mittels Zylinderstift mit beweglichem Lager in den Bohrungen der verbundenen Teile, so dass die verbundenen TS-Teile um die Stiftachse geschwenkt werden.

4.1.2. Struktur

(grundlegende Konstruktionsmerkmale)

TYPISCHES BEISPIEL

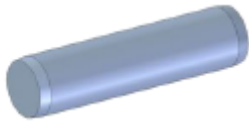


FORMEN

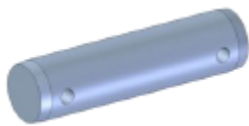
Standardisierte Pins

- ohne Kopf

- ohne Löcher (ČSN EN 22340)

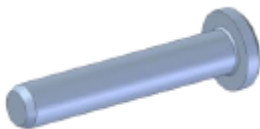


- mit Löchern für Splinte (ČSN EN 22340)

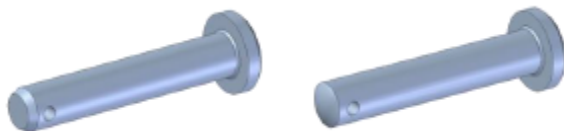


- mit einem Kopf

- mit einem Kopf (ČSN EN 22341)

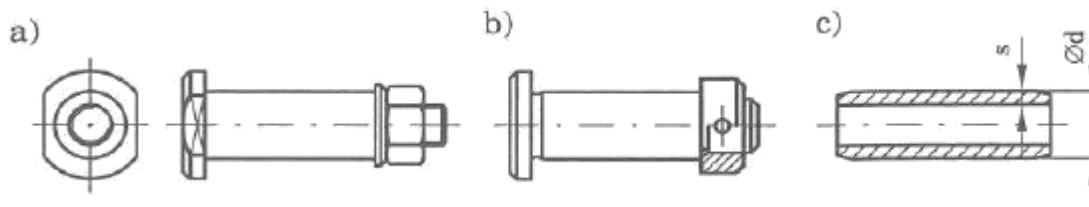


- mit einem Loch für einen Splint (ČSN EN 22341)



Nicht standardisierte Pins

Beispiele:



ABMESSUNGEN, TOLERANZ UND MONTAGE

Abmessungen

- Standardisierte Stifte nach den einschlägigen ČSN: \varnothing d: 1 - 200 mm
- l : in zugeordneten Zeilen

Toleranz und Montage

- Typischerweise H11/h11 (oder H10/h8 oder H8/f8)

Material

- Standardisierte Stifte: Stahl Klasse 11 100 (11 103, 11 110)
- 11 300 (11 341, 11 373)
- 11 400 (11 423)
- Nicht genormte Stifte: Stahlklasse 11 500
- 11 600 91

4.1.3. Eigenschaften

EIGENSCHAFTEN DER NUTZMERKMALE

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Kräften senkrecht zur Bolzenachse mit der Möglichkeit, die verbundenen Teile (z.B. Gelenke) zu drehen.
- Spiel in der Verbindung ist ein Problem bei dynamischer Belastung.
- Während des Betriebs ist die Verbindung zu schmieren (falls sie nicht mit einer selbstschmierenden Hülse usw. ausgestattet ist).
- Die Demontagefähigkeit hängt von der Methode der axialen Verriegelung des Stiftes ab, meist eine einfache.
- Der Löseschutz hängt auch von der Methode der axialen Verriegelung des Stiftes ab; er ist am höchsten.
- Der Fehlerschutz wird vor allem durch die angrenzenden Zonen (Teile) der verbundenen Teile und nicht durch den Stift selbst bestimmt.

Produktion, Montage

- Sehr einfache Produktion, strukturelle Änderungen der verbundenen Teile sind einfach (Flächenausrichtung und Reibung), Stifte und Elemente zur Sicherstellung der Position des Stiftes werden meist als Normteile (Komponenten) bezogen. Die Herstellung von nicht standardisierten Stiften ist (in der Regel) ebenfalls sehr einfach.

4.2. Dübelverbindungen

4.2.1. Merkmale (Konstruktion)

Feste (d.h. unbewegliche) lösbare Verbindung durch (zylindrische oder konische) Dübel, die fest in die (Quer-)Löcher der zu verbindenden Teile oder in die (Längs-)Löcher zwischen den zu verbindenden Teilen eingesetzt werden.

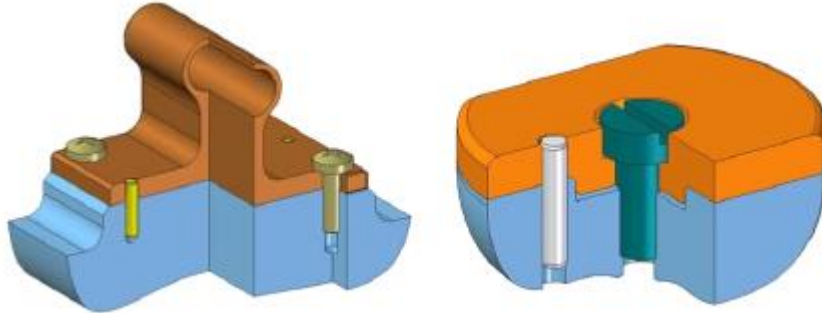
Notizen:

- Dübelverbindungen werden meist in Kombination mit anderen Arten von Verbindungen (oder Lagern) verwendet, um die gewünschten Eigenschaften der resultierenden Verbindung zu erreichen.
- Da die angrenzenden Zonen (Teile) von Maschinen, die durch Dübel verbunden sind (auch in Kombination mit anderen Arten von Verbindungen), aufgrund ihrer Struktur in der Regel schwer zu verformen sind, sind diese Verbindungen so anzuordnen, dass ihre Belastung statisch bestimmt (oder zumindest mit akzeptabler Vereinfachung lösbar) ist.

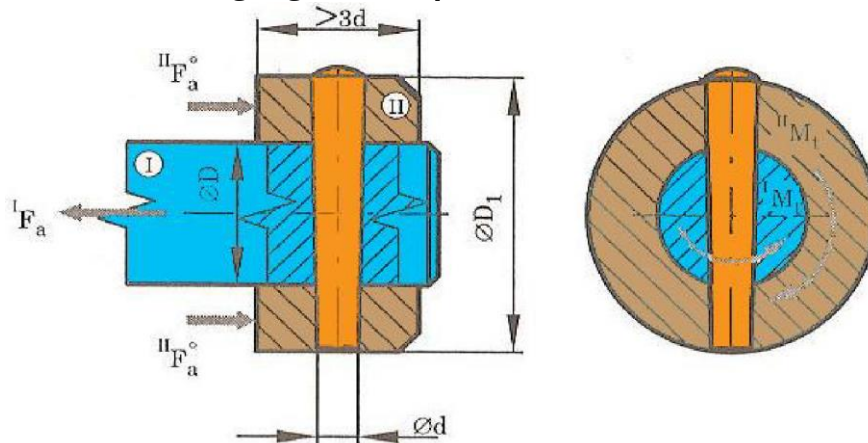
4.2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

TYPISCHE DESIGNS

Sicherstellung der Position (Hauptfunktion)



Zur Lastübertragung (die Hauptfunktion)



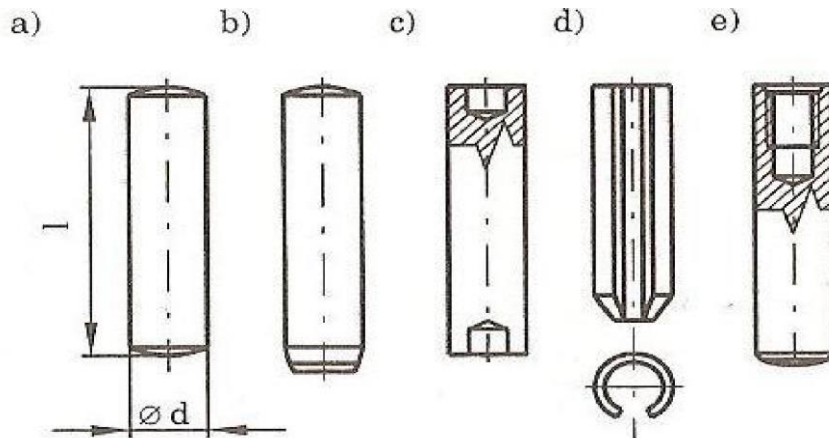
$$F_a I = F_a II = F_a$$
$$M_t I = M_t II = M_t$$

FORMEN

Standardisierte Dübel

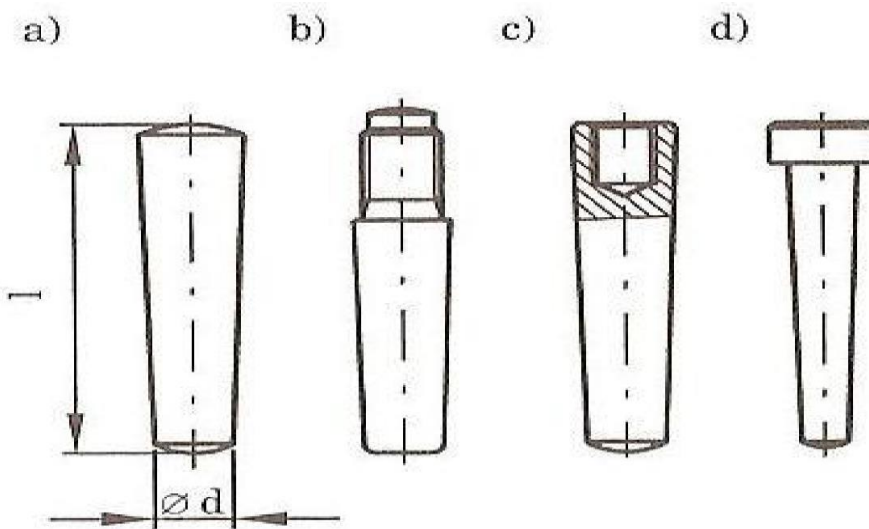
- **zylindrisch (glatt / glatt)**
 - zylindrisch ungehärtet (Norm) (ČSN EN 22338+AC) a)
 - zylindrisch gehärtet (ČSN EN 28734) b)
 - zylindrisch mit Nieten (ČSN 02 2140) c)
 - zylindrisch flexibel mit Spalt (ČSN EN 28752) d)

- zylindrisch mit Innengewinde, gehärtet (ČSN EN 28735) e)
- zylindrisch mit Innengewinde, nicht gehärtet (ČSN EN 28733) e)



- **konisch (glatt / glatt) (Konizität 1 : 50)**

- konisch nicht gehärtet (Norm) (ČSN EN 22339) a)
- konisch mit Außengewinde, nicht gehärtet (ČSN EN 28737) b)
- konisch mit Innengewinde, nicht gehärtet (ČSN EN 28736) c)
- konisch mit Kopf (ČSN 02 2157) d)

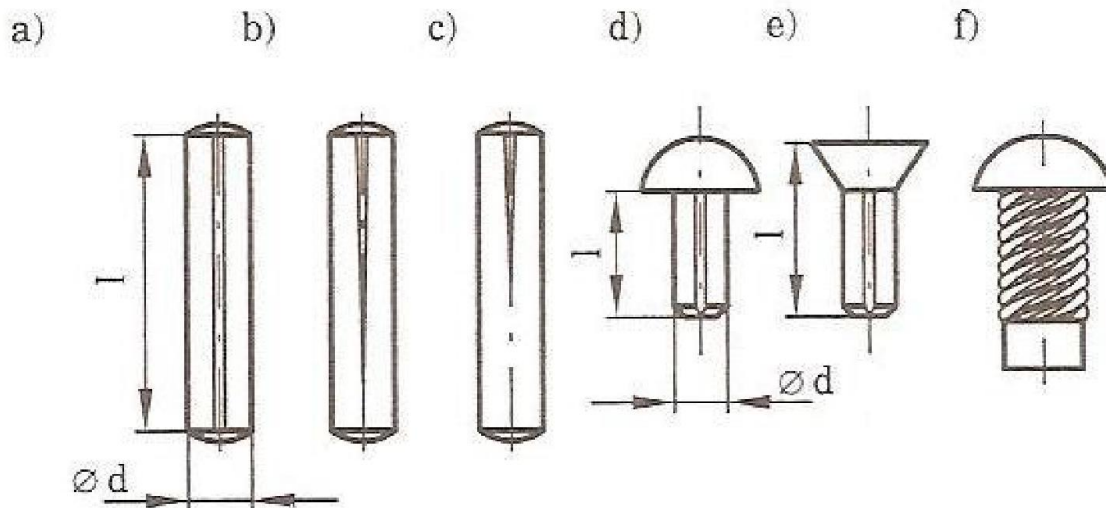


- **Gerillt**

- **Ohne Kopf a) ÷ c), mit Kopf (bezeichnet als Nägel d) ÷ f)**

- mit einem Führungsstift (ČSN EN 28739) a)
- mit einer Fase (ČSN EN 28740)
- mit Nuten im mittleren Drittel der Länge (ČSN EN 28742) b)
- mit Nuten in der Mitte der halben Länge (ČSN EN 28743)

- Kegel gerillt (ČSN EN 28744)
- Kegelnut ab halber Länge (ČSN EN 28741) c)
- Kegelnut auf halbe Länge (ČSN EN 28745)
- Rillennägel mit Kugelkopf (ČSN EN 28746) d)
- Rillennägel mit Senkkopf (ČSN EN 28747) e)
- Schraubnägel (ČSN 02 2195) f)



ABMESSUNGEN, TOLERANZ UND MONTAGE

Abmessungen

- Nach der entsprechenden Norm ČSN $\varnothing d$: (0,6 ÷ 50) mm mm
- l: in zugeordneten Zeilen

Toleranz und Montage

- Zylindrisch glatt in der Regel: H7/n6 (zum Vernieten H11/h11)

Material

- Zylindrische und konische Dübel: Stahlklasse 11100 (11107, 11109)
- 11300 (11323, 11373)
- 11400 (11423)
- 11600
- V Zylindrische flexible und gehärtete Dübel: Stahlklasse 11700
- Zylindrische gehärtete Dübel: Stahlklasse 19400 (19421)

4.2.3. Eigenschaften

EIGENSCHAFTEN DER NUTZMERKMALE

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Kräften senkrecht zur Dübelachse, um:
- Sicherstellung der gegenseitigen Beziehung der verbundenen Teile und
- Sicherstellung der Lastübertragung zwischen den angeschlossenen Teilen sicherzustellen

Eine der Funktionen ist in der Regel die Hauptfunktion (siehe TYPISCHE AUSFÜHRUNG DER VERBINDUNG), sie können aber auch gleichgestellt sein.

- Konische und gerillte Dübel sind für spielfreie Kupplungen geeignet (die gerillten jedoch nur für eine Mindestbelastung).
- Die Positionierungsdübel sind so weit wie möglich auseinander angeordnet, jedoch so, dass eine fehlerhafte Verbindung (z.B. Drehen der verbundenen Teile usw.) bei der Wiedermontage nicht möglich ist.
- Die Demontagefähigkeit und der Löseschutz müssen durch die Wahl der Dübel- und Verbindungsstruktur gewährleistet sein.
- Die Zuverlässigkeit der Verbindung gegen Bruch (insbesondere bei dynamischer Beanspruchung) wird hauptsächlich durch angrenzende Zonen (Bereiche) der Verbindungsteile beeinflusst, in denen die Dübellöcher nachteilige Kerbwirkungen haben.

Produktion, Montage

- Sehr einfache Produktion (nur Bohren und Reiben während der Montage), Dübel werden fast ausschließlich gekauft.
- Bei der Montage ist er je nach Dübeltyp gegen Lösen zu sichern (konisch und gerillt "schieben", etc.).

ZEITLICHE EIGENSCHAFTEN

Prozessgeschwindigkeit

- schnelles Design, Produktion (und Einkauf), Montage und Demontage.

WIRTSCHAFTLICHE EIGENSCHAFTEN

Prozessökonomie

- wirtschaftliche Verbindung.
- Betriebskosten entstehen nur durch die Notwendigkeit der Schmierung.
- Minimale Demontagekosten.

5. FORMUNG VON WELLEN-NABEN-VERBINDUNGEN - DURCH FEDERN, KEILE UND NUTEN

5.1. Feder- und Keilverbindungen

5.1.1. Merkmale (Konstruktionsmerkmale)

Leicht lösbare Verbindungen durch Federn oder Keile in Prismenform (für Keile mit ab-geschrägter Oberfläche), die in Längs- oder ausnahmsweise Querbohrungen entspre-chend den Formen in den verbundenen Teilen eingesetzt werden.

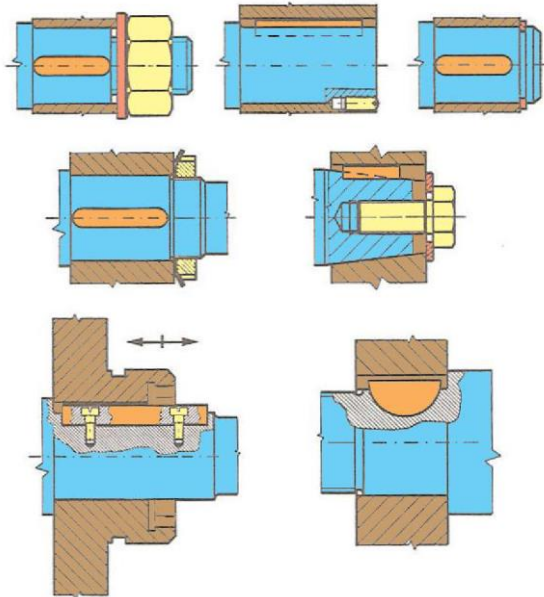
Notizen:

- Feder- und Keilverbindungen werden fast ausschließlich für die zylindrischen Be-reiche eingesetzt. Deshalb werden wir von nun an nur noch diesen Fall berück-sichtigen.
- Feder- und Keilgelenke werden meist in Kombination mit anderen Arten von Ge-lenken und Lagern eingesetzt, so dass alle gewünschten Eigenschaften der resul-tierenden Verbindung erreicht werden (relative axiale Position, Ausrichtung der verbundenen Teile, etc.).
- Da die durch Federn und Keile verbundenen angrenzenden Zonen (Bereiche) der Maschinenkomponenten (sowie deren Kombination mit anderen Verbindungsar-ten) aufgrund ihrer Struktur in der Regel schwer zu verformen sind, wird empfoh-len, die Verbindungen so zu platzieren, dass ihre Belastung statisch bestimmt (o-der zumindest mit einer angemessenen Vereinfachung lösbar) wurde.

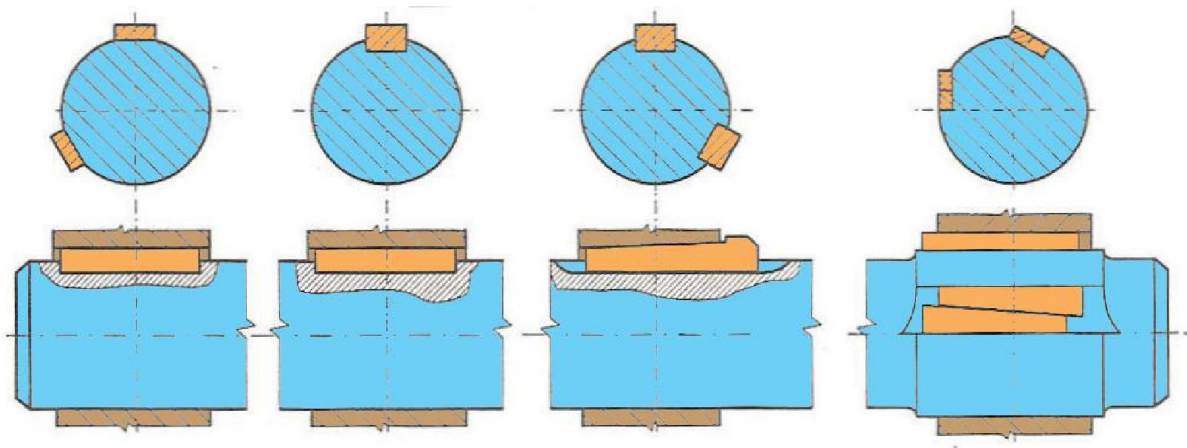
5.1.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

TYPISCHES DESIGN

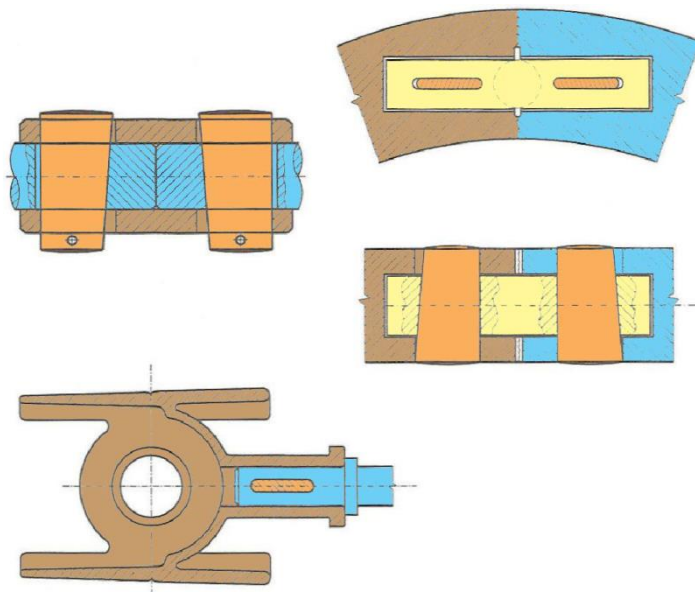
Federverbindungen (einschließlich des Verfahrens zum Sichern der verbundenen Teile gegen Verschiebung)



Längskeilverbindungen (abgeschrägte "obere" Fläche des Keils 1:100)



Querkeilverbindungen (abgeschrägte "Seitenfläche" des Keils 1:25 - 1:10)



Notizen:

- Längskeilgelenke werden zur Verbindung von Nabe und Welle eingesetzt. Sie unterscheiden sich von der analogen Verbindung mit einer Feder bei der Übertragung der Last durch die Reibungskraft, die durch das Einschieben des Keils in eine Nut mit der gegenüberliegenden Fase (oder auf den zweiten Keil, so dass die Böden beider Nuten nicht angefasst werden müssen) entsteht. Die seitlichen Bereiche des Keils in der Nut oder anderen Stützbereichen dienen als Rutschsicherung. Längskeilgelenke eignen sich daher für die Übertragung großer Lasten, auch bei Stoßbelastungen.

- Zu ihren wesentlichen Nachteilen gehören:

= Der Normalkraft (Druck), der durch das Schieben des Keils entsteht und damit tangentielle Reibungskräfte, die die Tragfähigkeit der Verbindung sicherstellen, ist nicht zu ermitteln.

= Durch die Verkeilung sind die Querspiele in der Verbindung nur in eine Richtung, was bei ihrer häufigsten Verwendung zwischen der Nabe (Riemenscheibe, Stirnrad, Schwungrad, etc.) und der Welle ein Defekt ist.

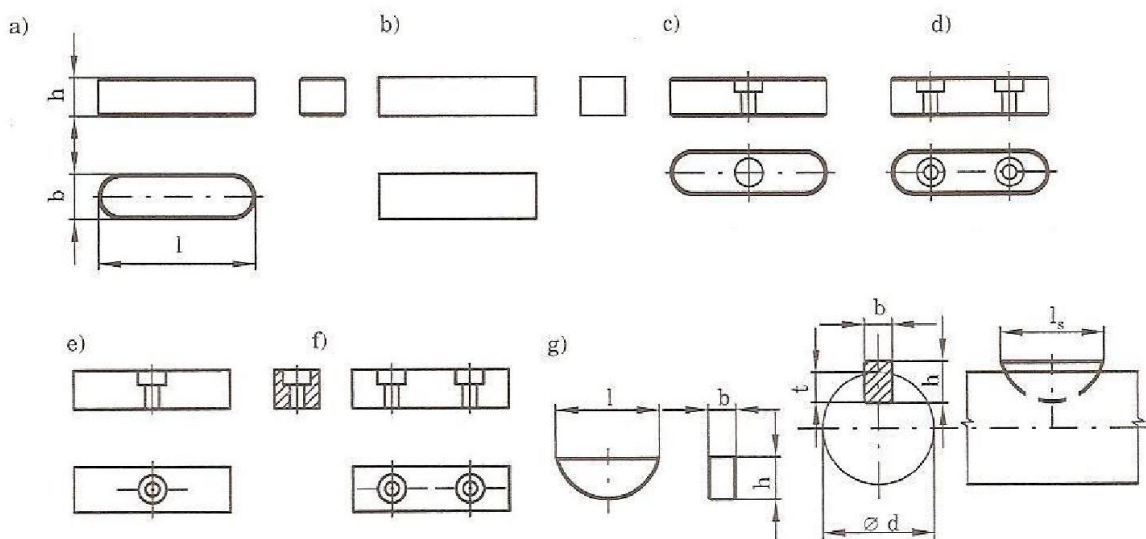
- Längskeilgelenke werden daher praktisch nicht eingesetzt; wenn ja, werden ihre Seitenflächen für die Übertragung der Vollast ausgelegt und bewertet, wie bei den Keilverbindungen. In der empfohlenen Literatur finden Sie detaillierte Informationen zu deren Lösung.

- Querkeilgelenke wurden hauptsächlich für große Kurbeltriebe, Schwungräder, Zugstangen usw. verwendet. Derzeit werden sie nur noch selten eingesetzt. Die empfohlene Literatur bietet detaillierte Informationen für ihre Lösungen.
- Von nun an werden nur noch die üblichen Längsfederverbindungen berücksichtigt.

FORMEN, ABMESSUNGEN, TOLERANZ UND MONTAGE

Typen nach ČSN (nicht genormte Schlüssel werden praktisch nicht verwendet)

- **Dicht - für Schieberverbindungen**
 - runde Enden (ČSN 02 2562) a)
 - gerade Enden (selten verwendet) (ČSN 30 1382) b)
- **Auswechselbar und lose - für Schieberverbindungen**
 - runde Enden ("austauschbar") (ČSN 02 2570) 1 sc. c) - (ČSN 02 2575) 2 šr. d)
 - gerade Enden ("lose") (ČSN 30 1383) 1 sc. e) - (ČSN 30 1385) 2 šr. f)
- **Woodruff** - für rutschfeste Verbindungen
 - (nur $d \leq 50$ mm) g)
 - (ČSN 30 1385)
- **andere Formen** (Schlitze, Gewindebohrungen, etc.) - entsprechend der jeweiligen ČSN



Abmessungen

- gemäß dem entsprechenden ČSN für $\varnothing d$: (6 ÷ 500) mm
 - l : in zugeordneten Zeilen
- Zuordnung des Querschnitts der KEYS zu den Wellenabmessungen gemäß ČSN
 - (ČSN 02 2507, ČSN 30 1036, ČSN 30 1037)

Notizen:

- Die Zuordnung des Querschnitts bedeutet nicht, dass es nicht notwendig ist, den Schlüssel durch Belastung zu entwerfen und zu beurteilen. Die Unterschiede liegen in der Kontaktlänge der Passfeder.
- Übliche Schlüssellänge: 1 ÷ 1,5 d für Stahlbauteile
- 1,5 ÷ 2,5 d für Gussteile

Toleranz und Montage

- **Zylindrischer Teil der Verbindung:**
 - rutschfeste Verbindungen (konventionell): H8/h7 (oder H8/k7)
 - (höhere Anforderungen: vorläufig H8/m7, H8/p7)
 - (hohe Anforderungen: vergossen H7/r6, H7/ H7/

Material

- konventionell: Stahl 11 600
- für erhöhte Belastung: Stahl 14 240

5.1.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Kräften quer zur Längsachse der Passfeder. Wenn die Verschiebung entlang der Schlüsselachse nicht gewünscht wird, ist es notwendig, die Verbindung auf andere Weise zu sichern (siehe TYPISCHES DESIGN). Bei kleinen Axialkräften ist es möglich, die Lagerung von Zylinderflächen mit Aufmaß zu verwenden.
- Das Spiel in der Verbindung ist bei dynamischer Belastung ein Fehler.
- Die Demontagekapazität hängt von der Art der Sicherung in axialer Richtung ab; in der Regel einfach.

- Der Löseschutz hängt auch von der Art und Weise der Sicherung in axialer Richtung ab; meist hoch.
- Die Ausfallsicherheit wird hauptsächlich durch die angrenzenden Zonen (Bereiche) der verbundenen Teile gewährleistet, in denen die Schlitze für die Feder negative Kerbwirkungen haben.

Produktion, Montage

- Zur Herstellung der Schlitze ist ein spezielles Werkzeug erforderlich, Federn werden gekauft.
- während der Montage ist es notwendig, die axiale Verschiebung der verbundenen Teile zu sichern oder zu reduzieren.

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- Schnelles Design, relativ langsame Produktion (wenn keine Spezialwerkzeuge verfügbar sind). Nicht für die Massenproduktion geeignet.
- Die Geschwindigkeit des Auf- und Abbaus hängt von der Gesamtkonstruktion ab; in der Regel schnell.

FINANZIELLE ASPEKTE

Prozessökonomie

- mittlerer Aufwand für die Verbindung
- keine Betriebskosten
- relativ niedrige Demontagekosten

5.2. Keilwellenverbindungen

5.2.1. Merkmale (typische Struktureigenschaften)

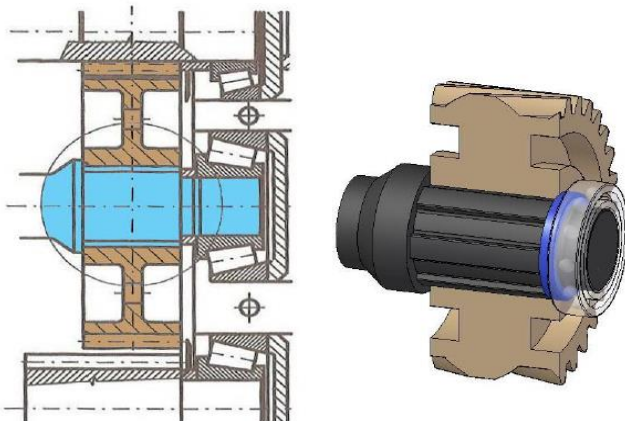
Leicht demontierbare Verbindungen durch Mitwirkungsschlitze (Zähne, Schlüssel) an den verbundenen Teilen.

Notizen:

- Keilzinkenverbindungen werden ausschließlich mit den auf der axialsymmetrischen Fläche erzeugten Nuten verwendet. Die Schlitze können somit parallel, schräg und senkrecht zur Gelenkachse sein. Im Weiteren werden nur noch die am häufigsten verwendeten Keilwellenverbindungen nach dem Prinzip des Zusammenwirkens von äußeren und inneren Rillen (Zähnen) auf der zylindrischen Oberfläche (dh parallel zur Symmetrieachse (Mittelpunkt) des Gelenks) betrachtet.
- Keilzinkenverbindungen mit Nuten auf der Zylinderfläche werden meist in Kombination mit anderen Arten von Verbindungen (oder Lagern) verwendet, so dass alle gewünschten Verbindungseigenschaften erreicht werden (relative axiale Position, manchmal präzisere Ausrichtung der verbundenen Teile, etc.).

5.2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

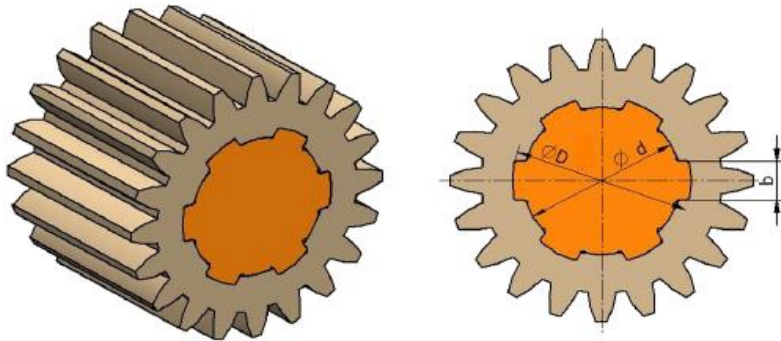
TYPISCHES DESIGN (einschließlich der Verfahren zur Sicherung gegen axiale Verschiebung)



FORMEN, ABMESSUNGEN UND TOLERANZEN

I. PARALLELES EINSTECHEN (ČSN 01 4942)

Grundform des Querschnitts



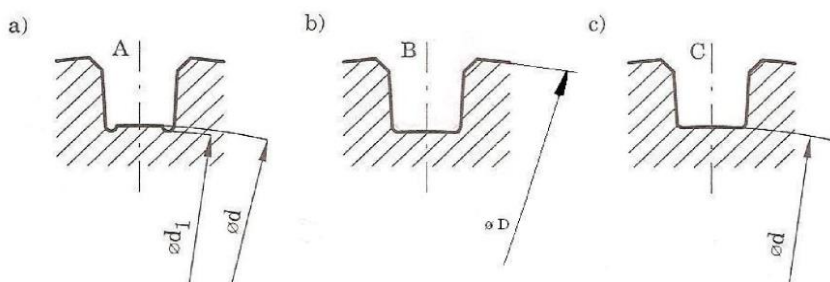
Typen nach Anzahl und Abmessungen der Nuten / Passfedern

- leichte Baureihe
- mittlere Serie
- schwere Baureihe

Hinweis:

Alle drei Serien haben die gleiche Einstufung von $\varnothing d$ nach ČSN.
Typen (Designs) nach dem Verfahren der Zentrierung und Herstellung

- Eine Zentrierung auf den Innen- $\varnothing d$ in der Fertigung mittels Wälzfräser a)
- B Zentrierung auf den Außen- $\varnothing D$ oder Seiten b)
- C Zentrierung auf den Innen- $\varnothing d$ c)



Abmessungen

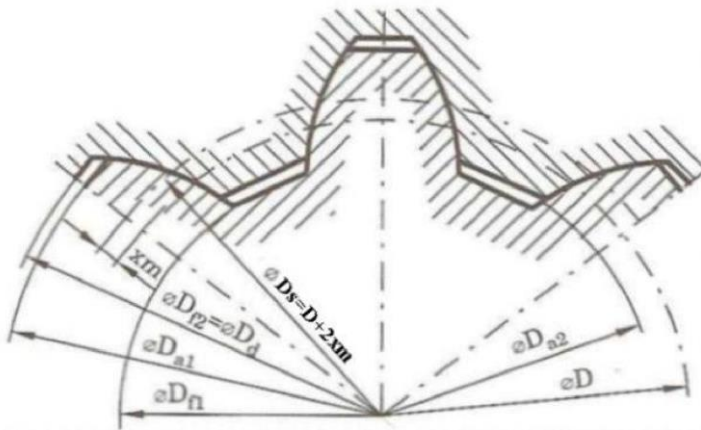
- Gemäß ČSN (01 4942) Nennweite $\varnothing d$: (23 ÷ 112) mm (in einer Reihe), Kontaktlänge l_{st} (1 ÷ 1,5) d stř

Toleranz und Montage

- Laut ČSN (01 4949)

II. EVOLVENTEN-NUTEN (ČSN 01 4952 - 01 4955)

Grundform des Querschnitts



Verzahnung

- Form der Nutseiten: evolventisch
- Eingriffswinkel: $\alpha = 30^\circ$.
- Module : $m = (0,5 \div 10)$ mm
- positive und negative Korrektur: $xm < 0$
- $xm > 0$
- Anzahl der Zähne: $z = 6 \div 20$

Typen nach der Methode der Zentrierung und Formgebung (Design) von Nuten:

- Zentrierung an den Seiten der Zähne, flacher Boden
- Zentrierung an den Zahnseiten, konvexer Boden
- Zentrierung auf dem Kopf der Wellenzähne, flacher Boden

Hinweis:

- Am häufigsten wird die Zentrierung auf den Zahnseiten verwendet; die Zentrierung auf dem Kopf der Wellenzähne (äußere Zentrierung) wird nur bei erforderlicher Genauigkeit der Wellen- und Nabenausrichtung verwendet.

Abmessungen

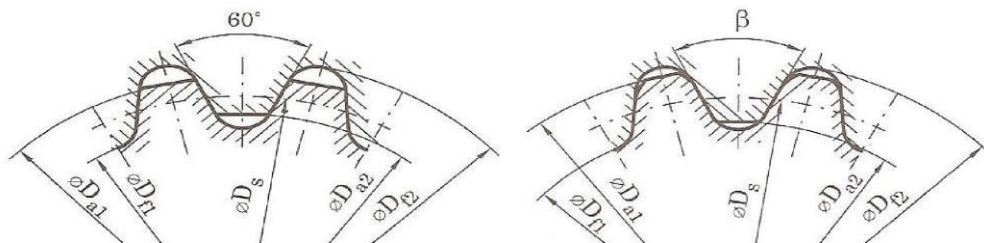
- Gemäß ČSN (01 4952 - 01 4955), Nenn-Dd = (4 ÷ 500) mm, Kontaktlänge Ist (1 ÷ 1,5) d_{str}

Toleranz und Montage

- Laut ČSN (01 4953)

III. FEINE NUTENBILDUNG

Grundform des Querschnitts



Verzahnung

Pro $\varnothing D_{a1} \leq 60\text{mm}$:	
tvar boků zubů na hřídeli i náboji:	rovinný
sklon boků drážek:	$\beta = 60^\circ$
Pro $\varnothing D_{a1} > 60\text{mm}$:	
tvar boků zubů na hřídeli:	evolventní
modul:	$m = 1,5 \text{ mm}$
úhel záběru:	$\alpha = 27^\circ 30'$
tvar boků zubů v náboji:	rovinný
sklon boků drážek (podle $\varnothing D_{a1}$):	$\beta \cong 60^\circ (57^\circ \div 63^\circ)$
počty zubů:	$z = 6 \div 20$

Legende:

pro - für, tvar boků zubů na hřídeli i náboji - Zahnform Seiten auf der Welle und Nabe, rovinný - flach, sklon boků drážek - Steigung der Schlitzflächen, tvar boků zubů na hřídeli - Zahnform Seiten auf der Welle, evolventní - evolvent, Modul - Modul, úhel záběru - Eingriffswinkel, tvar boků zubů v náboji - Zahnform Seiten in der Nabe, počty zubů - Anzahl der Zähne

Abmessungen

- Gemäß ČSN (01 4933) Nenn- \emptyset Da1 = $(8 \div 120)$ mm, Kontaktlänge Ist $(1 \div 1,5) d_{st\check{r}}$

Toleranz und Montage

- Laut ČSN (01 4933)

MATERIAL

Qualitätsstahl für beide verbundenen Teile:

- Mindestdruckfestigkeit: $\sigma_{Pt} \geq 500$ MPa
- Mindesthärte der Seiten für Gleitverbindungen: HRC ≥ 55

5.2.3. Eigenschaften I. und II. Paralleles und evolventisches Einstechen

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung hoher Drehmomente unter Wechsel- und Stoßbelastung, Spiel in Schlitten kann ein Fehler sein.
- Die Anforderungen an die genaue Ausrichtung müssen entweder durch eine (teurere) Verzahnung oder eine andere Zentrierungsmethode sichergestellt werden.
- Geeignet für die axiale Verschiebung der verbundenen Teile ohne Belastung oder mit Drehmomentbelastung; ansonsten ist eine axiale Sicherung erforderlich.
- Die Demontage hängt von der Art der Sicherung in axialer Richtung ab; meist einfach.
- Die Ausfallsicherheit (insbesondere bei dynamischer Belastung) wird durch die Kerbwirkung von Schlitten und deren Ausläufen beeinflusst.

Produktion, Montage

- Die Produktion erfordert spezielle Werkzeuge und Maschinen.
- Relativ einfache Montage

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- Schneller Entwurf (unter Verwendung der Daten in den Tabellen von ČSN)
- Relativ schnelle Produktion nur bei Verwendung geeigneter Geräte, schneller Montage und Demontage.

WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Teure Verbindung, nur bei Massenproduktion wirtschaftlich - in diesem Fall wirtschaftlicher als Schlüsselverbindungen, etc.
- Betriebskosten bei beweglichen Gelenken nur durch Schmierung, außer diesem - keine Kosten.
- Minimale Demontagekosten.

5.2.4. Eigenschaften III. Feine Nutzenbildung

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Drehmomenten, im Vergleich zu Keilverbindungen kürzere Verbindungen bei gleicher Belastung
- Muss gegen axiale Verschiebung der verbundenen Teile gesichert sein.
- Die Demontage hängt von der Art der Sicherung in axialer Richtung ab, die meist einfach ist.
- Ausfallsicherheit durch Kerbwirkung der Schlitze und deren Ausläufe beeinträchtigt, Schwächung der Welle ist geringer als bei Parallel- und Evolventen-Nuten.

Produktion, Montage

- Wie beim Parallel- und Evolventenfräsen.

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- Wie beim Parallel- und Evolventenfräsen.

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Wie beim Parallel- und Evolventenfräsen.

6. STARKE VERBINDUNGEN VON WELLE UND NABE - CRIMPEN UND KLEMMEN

6.1. Crimpverbindungen

6.1.1. Merkmal (typische Struktureigenschaften)

Starre (d.h. unbewegliche, im Betrieb verbundene) und schwer demontierbare Verbindungen, die nach dem Prinzip der dauerhaften, flexiblen Vorspannung der verbundenen Teile durch Aufmaß in ihrer Kontaktfläche (beliebiger Form) arbeiten.

Im Weiteren die gebräuchlichste Crimpverbindung mit einer zylindrischen (oder leicht konischen 1 : 50) Kontaktfläche.

6.1.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

Außenteil ("Nabe")

Rotationssymmetrischer Teil (Zahnrad, Hohlrad, Kupplungsscheibe, Schwungrad usw.) oder sein verformungsaktiver Teil (siehe unten), dessen innere (funktionale) zylindrische Bohrung mit einer bestimmten Toleranz und Qualität der Oberfläche ausgeführt ist.

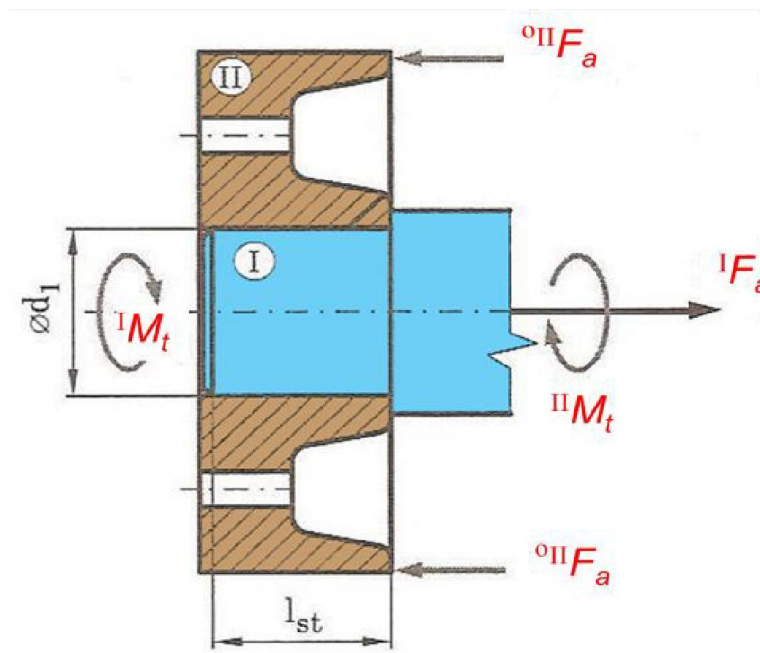
Innenteil ("Stift")

Rotations-, symmetrisches, Voll- oder Hohlteil (Zahnkranzscheibe, Voll- oder Hohlwelle usw.), dessen äußere (funktionale) Zylinderfläche innerhalb der Maßtoleranz unter Berücksichtigung der Abmessungen der jeweiligen zylindrischen Bohrung des Außenteils und mit bestimmter Oberflächenqualität hergestellt wird.

Hinweis:

- Zulage kann in umgekehrter Reihenfolge bestimmt werden (Außenteil \Leftrightarrow Innenteil), die oben genannte Alternative ist produktionstechnisch deutlich besser geeignet und daher häufiger anzutreffen.

Typisches Design



$$M_{tI} = M_{tII} = M_t$$

$$F_{I} = F_{II} = F$$

Das Symbol $^{\circ}$ bedeutet, dass es in allen Umfangsbereichen wirkt.

6.1.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Drehmoment und / oder axialer Reibungskraft, die in der Kontaktfläche durch permanente Vorspannung und Reibungskoeffizienten erzeugt werden. Das Gelenk kann auch das Biegemoment aufnehmen.
- Geeignet auch für große Belastungen (Wechsel, Stoß), da kein Spiel in der Verbindung vorhanden ist.
- Hohe Genauigkeit der Ausrichtung und Rechtwinkligkeit der Verbindung
- Hohe Zuverlässigkeit aller Eigenschaften der Verbindung.
- Keine Wartung erforderlich bei Demontage (Austausch, Reparaturen der angeschlossenen Teile) Die Demontage ist sehr schwierig, manchmal sogar unmöglich.

Produktion, Montage

- Hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Fertigungstoleranz.
- Relativ schwierige Montage:
 - Kaltpressen (Pressenausrüstung)
 - Warmziehen (nicht pressen!) – (für gleichmäßige Wärme und sichere Handhabung mit Außenteil) mit einer möglichen Kühlung des Innenteils (Kühlgeräte).
 - In beiden Fällen ist eine axiale Auslösung der Teile erforderlich, um die axiale Position zu fixieren (d.h. Abstützung, meist ringförmige Fläche senkrecht zur Achse).
- Geeignet für alle Arten der Produktion bei Verwendung geeigneter Produktionsanlagen (Einzelfertigung, Kleinserienfertigung,....).

Weitere Aspekte

- Relativ gefährliche Montage - Pressen oder Manipulation mit einem heißen Teil beim Warmziehen.
- Relativ betriebssicher - glatte Formen.
- Die Lagertoleranz muss gemäß ČSN erfolgen.

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- Die Verbindung ist für eine schnelle Planung und Ausführung geeignet, erfordert keine besonderen Maßnahmen (Material, Halbprodukte, Werkzeuge), wenn ein geeignetes Press- oder Heizgerät (Kühlung) zur Verfügung steht.
- Nicht geeignet für schnelle Reparaturen und Demontagen.

KOSTENVERLÄUFE

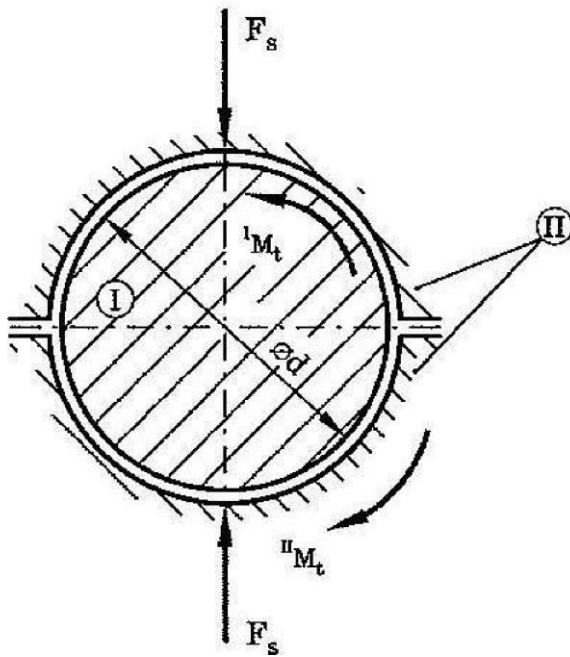
Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Mittlere Produktionskosten
- Keine Betriebskosten.
- Hohe Demontagekosten

6.2. Klemmverbindungen

6.2.1. Merkmal (typische Struktureigenschaften)

Starre, leicht lösbare Verbindungen nach dem Prinzip des Festklemmens (oder Verspannens) der verbundenen Teile in ihren Kontaktflächen (beliebiger Form) mit Hilfe von Elementen, die nicht an der Übertragung der Belastung beteiligt sind. Im Weiteren sind diese die gängigsten Spannverbindungen mit rotationssymmetrischer Kontaktfläche.



Kontaktlänge: l_{Mt}

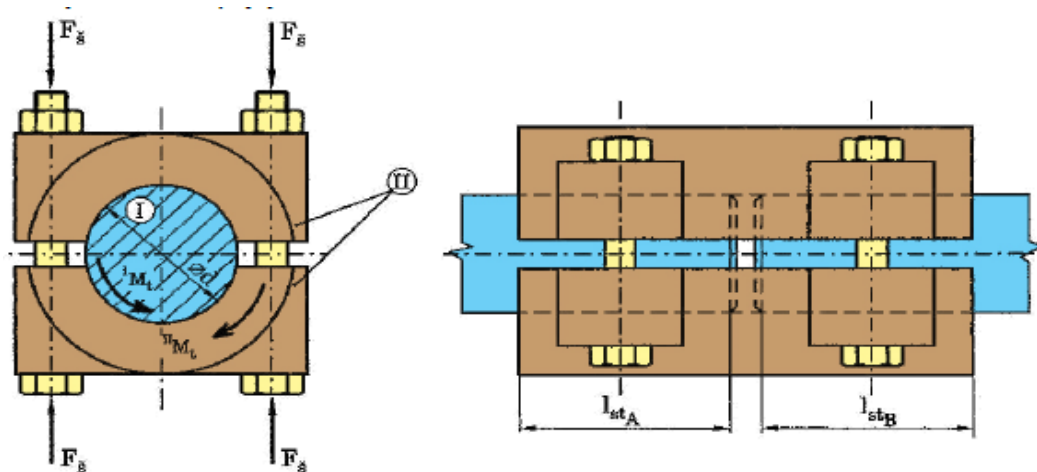
$$M_t I = M_t II = M_t$$

6.2.2. Struktur - I. Klemmverbindungen mit Zylindrischer Kontaktfläche

(grundlegende Konstruktionsmerkmale)

A) MIT EINEM GETEILTEN AUßENTEIL

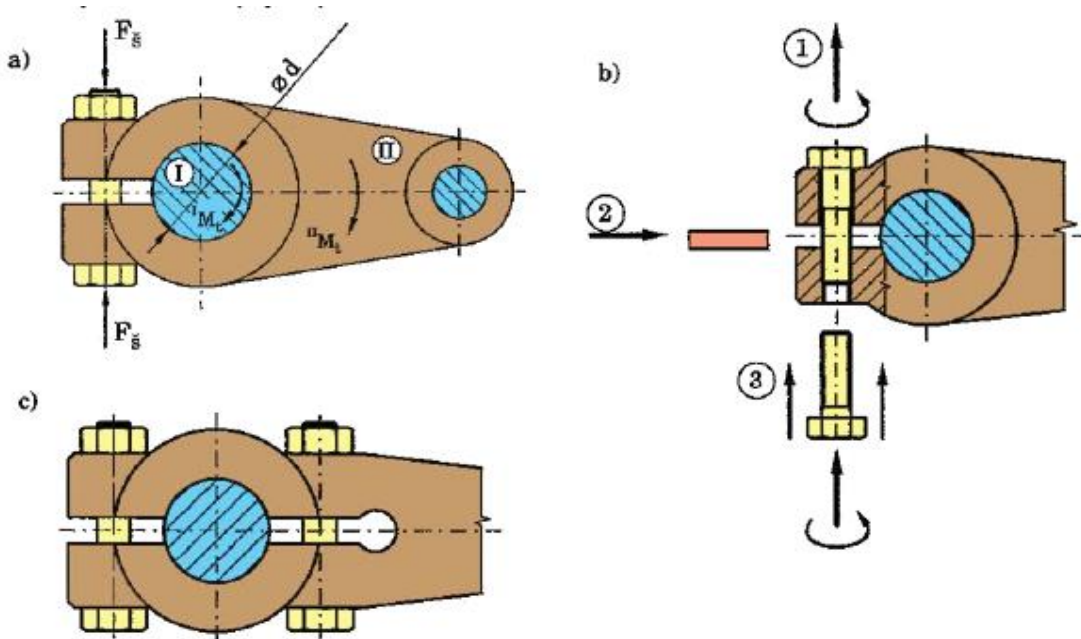
In der Regel werden Kupplungen von Wellen geklemmt:



$$M_t I = M_t II = M_t$$

B) MIT EINEM TEILWEISE GETEILTEN AUßENTEIL

In der Regel Klemmverbindungen von Hebeln mit Welle:



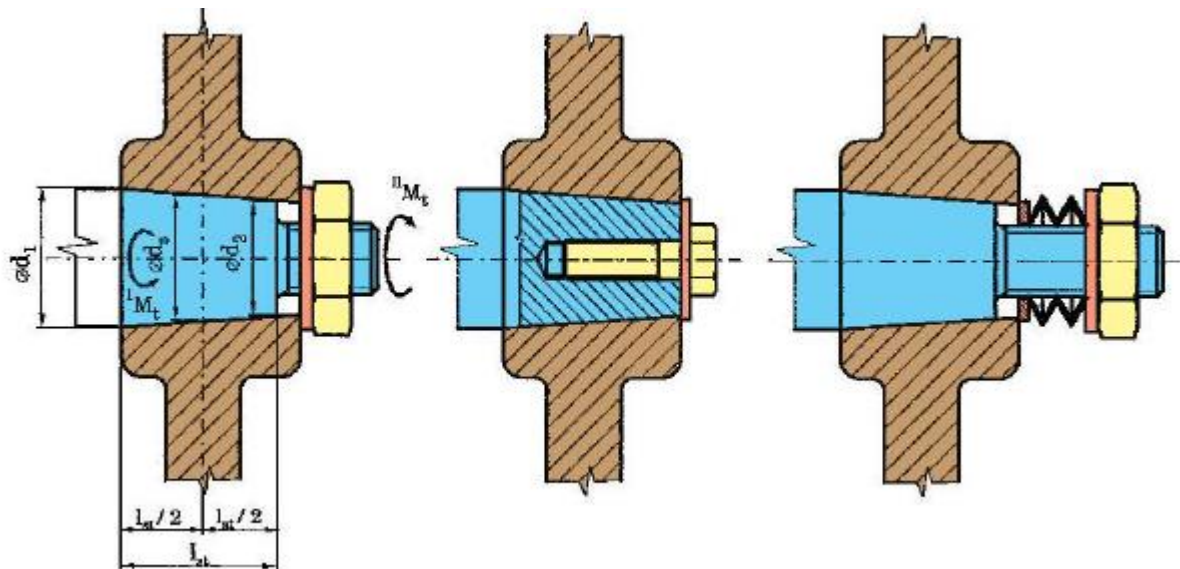
Montage des Innen- und Außenteils:

- A), B) a) a) b) - temporär B) c) - mit Überlappung (klein A)
- Entweder H8/j7 oder H8/k7 H8/n7 oder H8/p7.
- oder H7/j6 oder H7/k6 H7/n6 oder H7/p6.
- C) MIT EINEM NICHT GETRENNTEN AUßENTEIL (für kleine \varnothing und kleine M_t)

6.2.3. Struktur - II. Klemmverbindungen mit konischer Kontaktfläche

(nur bei ungeteiltem Außenteil)

In der Regel für die Verbindung von Naben mit einer Welle an ihren Enden:



$$MtI = MtII = Mt$$

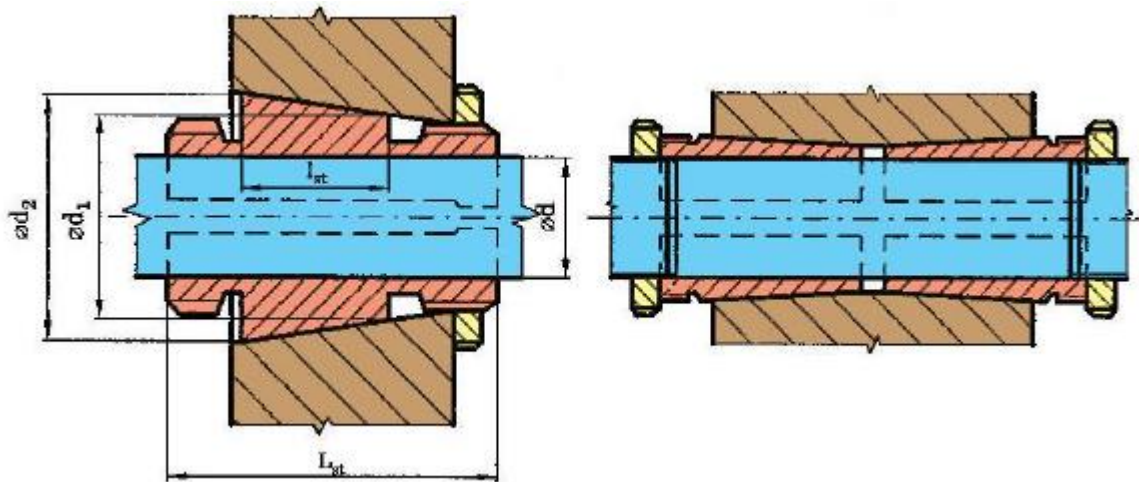
$$ds = d1 + d2$$

Konizität: 1:5 až 1:10

6.2.4. Struktur - III. Klemmverbindungen mit konischer Hülse

(nur bei ungeteiltem Außenteil)

In der Regel zum Verbinden ("Naben") von inneren Lagerringen usw. mit der Welle in beliebiger Länge:



Konizität: 1:10 - 1:15

Montage der Hülsen auf der Welle - temporär: H8/j7

Diese Verbindungen werden nicht für die Übertragung großer Lasten verwendet, daher werden sie nicht weiter berücksichtigt.

6.2.5. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung von Drehmoment und Axialkraft (Reibungskraft, die durch Klemmen in der Kontaktfläche erzeugt wird) durch Verspannung und Reibungskoeffizienten). Das Gelenk kann das Biegemoment aufnehmen.
- Einfache Montage, Austausch und Rückstellung der Relativposition der verbundenen Teile (außer der axialen Position der Gelenke mit der konischen Kontaktfläche).
- Die Zuverlässigkeit der Verbindung hängt wesentlich von der Zuverlässigkeit der Sicherung der Klemmelemente gegen Lösen ab.
- Hohe Zuverlässigkeit gegen Ermüdungsbruch (keine Kerben auf der Welle).

Produktion, Montage

- Relativ einfache Produktion und Montage
- Geteilte Teile sind gleichzeitig zu bearbeiten.
- Einfache Montage und Einstellung der relativen Position der verbundenen Teile (außer der axialen Position der Gelenke mit der konischen Kontaktfläche).

Weitere Aspekte

Relativ gefährlich für den Service bei Rotation aufgrund äußerer, nicht rotierender Formen (muss manchmal abgedeckt werden).

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- schnelle Konstruktion, Montage, Wartung, Demontage.

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- relativ niedrige Produktionskosten
- Null Betriebskosten.
- minimale Demontagekosten.

7.FLEXIBLE VERBINDUNGEN

7.1.Grundlegende Informationen

7.1.1. Merkmal (typische Konstruktionseigenschaften)

Maschinenteile (Organe), deren Hauptfunktion darin besteht, mechanische Energie nach dem Prinzip der elastischen Verformung des Materials aufzunehmen, zu erhalten und wieder freizusetzen.

Notizen:

- Der Grundteil jeder Feder ist "eine einzelne Feder". Bei Schraubenfedern ist es notwendig, die Belastung der einzelnen Federn anhand von Kraft (z.B. Moment) und Verformungsbedingungen zu bestimmen. Die Belastung der einzelnen Federn wird gesondert behandelt. Die Eigenschaften der Verbundfeder werden durch das umgekehrte Verfahren erhalten. In den meisten Fällen werden Federn nach dem Prinzip der flexiblen Formen oder formbaren Materialien eingesetzt. Federn auf der Basis von duktilen Materialien (pneumatisch, hydropneumatisch, etc.) werden nur in Sonderfällen eingesetzt und sind daher nur im Einführungsteil dieses Kapitels erwähnt.

7.1.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

LEISTUNGSKENNLINIE UND FEDERDIAGRAMM

Verschieben und Drehen aufgrund von Deformation:

$$u = f(k, F [N]) [mm], \varphi = f(k\varphi, Mt [Nmm]) [rad]$$

Steifigkeit und Verwindungssteifigkeit:

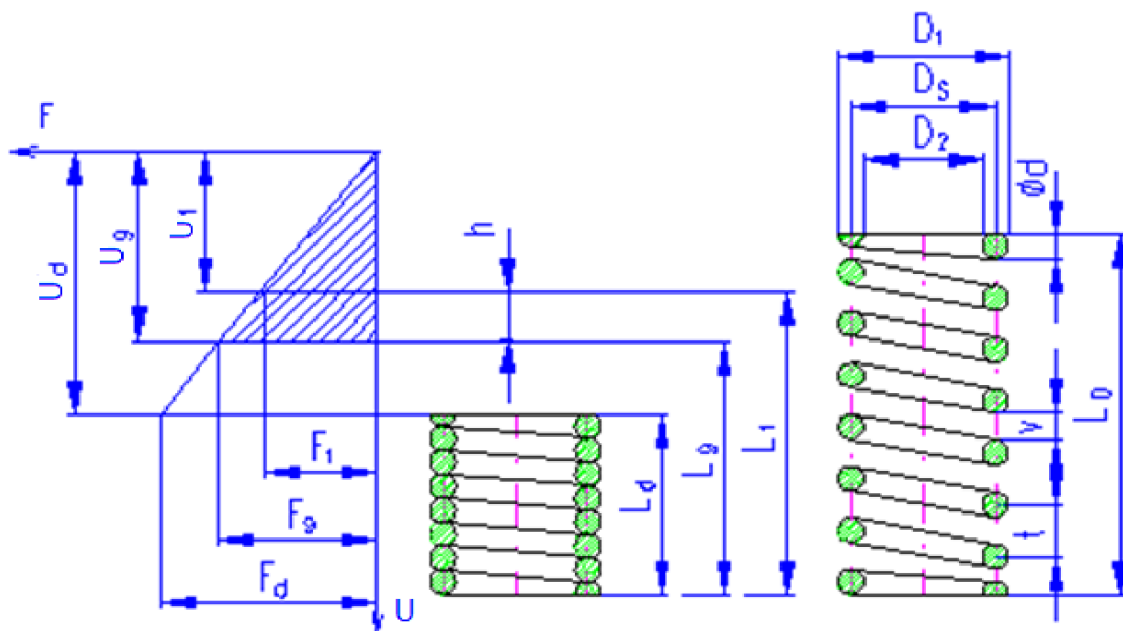
$$k = dF[N] / du[mm] [N.mm^{-1}], k\varphi = dMt[Nmm] / d\varphi[rad] [N.mm.rad^{-1}]$$

Arten von Leistungsmerkmalen:

- durch Verformungsbiegung in Abhängigkeit von der Belastung:
 - linear
 - nichtlinear (kontinuierlich und gebrochen)
 - progressiv
 - degressiv
- durch interne Verluste:
 - ohne Hysterese a)
 - mit Hysterese b)

Arbeitsfederdiagramm

Beispiele für lineare Schraubenfedern:



MATERIALARTEN

A) Metallisch

Stähle

Für hohe Beanspruchung, auch bei dynamischer Belastung. Hochwertiger vergüteter Stahl mit hoher Flexibilität, Festigkeit, Ermüdung und Zähigkeit:
Stahl aller Klassen: 11 000 (mindestens 11 800) - 19 000.

Die Festigkeit der für Federn verwendeten Drähte wird durch ihre mechanische Verstärkung (Ziehen) während der Herstellung erhöht. Der Einfluss der Verstärkung ist mit dem größeren Durchmesser des Drahtes geringer.

Daher ist es bei der Bestimmung der Festigkeit von Drahtmaterial notwendig, nicht nur die Art des Materials (einschließlich der Wärmebehandlung), sondern auch den Drahtdurchmesser zu berücksichtigen / siehe die folgenden Beispiele).

B) Nichtmetallisches Material

Gummi

Für geringe Belastung und besondere Anforderungen (hohe Innendämpfung, Nichtleitfähigkeit von Strom, Wärmedämmung, etc.)

Der Nachteil ist die geringe Beständigkeit gegen niedrige und hohe Temperaturen ($-35^{\circ}\text{C} < t < 50^{\circ}\text{C}$), die kürzere Lebensdauer insbesondere bei dynamischer Belastung und die geringe chemische Beständigkeit gegen Öl und Benzin.

Kunststoffe

Für geringe Belastungen und besondere Anforderungen (wie bei Gummi; im Vergleich zu Gummi weisen Kunststoffe eine höhere Beständigkeit gegen höhere Temperaturen ($-40^{\circ}\text{C} < t < 120^{\circ}\text{C}$) und eine höhere chemische Beständigkeit gegen Öl und Benzin auf.

C) Spezielles Material ("Medien")

Neben den oben genannten metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen werden auch Flüssigkeiten und Gase in speziellen Federelementen als flexibler Werkstoff eingesetzt, meist mit Hilfe von hydraulischen oder hydropneumatischen Systemen.

KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL DES MATERIALS

- Federtyp (Struktur etc.)
- Verwendung (Funktion, Parameter,....)
- Spannung und Verformung (Typen, Größe,....)
- Umgebung (Hitze, Aggressivität,....)
- besondere Anforderungen (elektrische Leitfähigkeit, Magnetizität,....)

7.1.3. Grundeigenschaften

Die Eigenschaften von mechanischen Energiespeichern werden in Antriebssystemen und Umkehrmechanismen genutzt:

- zur Erfassung statischer und dynamischer Kräfte oder Momente
- zur Änderung der Frequenzen und Schwingungsformen von mechanischen Systemen
- zum Messen und Regeln von Kräften und Momenten

Die Betriebskosten sind in der Regel Null.

Andere Betriebs-, Zeit-, Kosteneigenschaften usw. werden durch die Struktur der Feder wesentlich beeinflusst, d.h. durch:

- Bauelemente und deren Anordnung / Organisation
- Formen
- Abmessungen
- Material
- Produktionsart
- Oberflächenzustand
- Differenz zu den Nennwerten im montierten Zustand.

7.1.4. Design und Bewertung

(zur Erreichung der gewünschten Eigenschaften und zur Vorhersage der erreichten Reflexions- und Reaktionseigenschaften.)

Aufgrund der relativ geringen Steifigkeit und des Gewichts der Federn gegenüber der hohen Steifigkeit und dem Gewicht benachbarter Maschinenteile sind die Frequenzen des Schwingensystems (einfach: $\Omega = \sqrt{k/m}$ [rad·s⁻¹]) im Allgemeinen deutlich niedriger als bei anderen gängigen Maschinenteilen. Daraus folgt, dass es bei der gemeinsamen niederfrequenten dynamischen Betriebslast notwendig ist, sich mit der Auslegung und Bewertung von Federn in Bezug auf die Dynamik zu befassen; die Auslegung und Bewertung kann nicht vereinfacht und als statische Last behandelt werden, die nur durch den Betrieb des (dynamischen) Koeffizienten c_{dyn} erhöht wird, wie bei anderen gemeinsamen Maschinenteilen.

In einigen Fällen ist es möglich, präzisere Verfahren anzuwenden als bei Wellenkupplungen. Aufgrund der höheren Variabilität der Federnutzung ist dies nur eine Ausnahme. Aus diesen Gründen werden von nun an nur noch die Angaben zur Auslegung und Bewertung von Federn unter statischer Belastung gemacht.

Die für die Auslegung und Bewertung von dynamisch beanspruchten Federn relevanten Informationen sind in der Fachliteratur zu suchen.

Notizen:

- Bei der Auslegung statisch belasteter Federn: Last(max), def(max) => Formen, Abmessungen, Material....
- Bei der Auslegung statisch belasteter Federn: Sicherheit, $\text{def(max)} \leq \text{Last(max)}$, Formen, Abmessungen, Material.....

8.MATERIALVERBINDUNGEN - GESCHWEIßT, GELÖTET, GEKLEBT SPOJE SVARY (SVAROVÉ SPOJE)

8.1.Schweißverbindungen

8.1.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Starre, nicht demontierbare Verbindungen nach dem Prinzip des Schmelzens von Verbindungsteilen mit Wärme und / oder Druck, mit / ohne Verwendung von Füllstoffen.

8.1.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

HERSTELLUNGSVERFAHREN (SCHWEIßARTEN)

A) Schmelzen: Verbinden durch Schmelzen des Materials (der verbundenen Teile und / oder des Füllstoffs) unter Verwendung von Wärme, ohne Druck.

Typen (je nach Wärmeeintrag)

- Lichtbogen: zwischen Metall (Wechsel- oder Gleichstrom) oder Kohlenstoff (Gleichstrom) Elektrode und Ausgangsmaterial:
 - von Hand mit einer Metallelektrode
 - automatisch mit Schweißdraht und Pulver
 - automatisch mit Wolframelektrode unter modifizierter Atmosphäre
 - automatisch mit Kohleelektrode
- Flamme: Verbrennung von Gasen - Acetylen oder Propan-Butan und Sauerstoff

- Elektroschlacke: kein Lichtbogen. Wärmequelle ist der Strom, der durch leitfähige Schlacke und Heißdraht fließt.
 - Plasma: zwei Lichtbögen - basisches und trägererzeugendes Plasma
 - Elektronenstrahl: Metalle mit hohem Schmelzpunkt - W, Mo.....
 - Termite: Mischung aus Eisenoxid und Aluminiumpulver
 - Gießerei: Flüssigmetall - Gussteile Reparaturen

B) Druck: Verbindung durch Schmelzen des Materials (der verbundenen Teile und/oder des Zusatzmaterials) unter Verwendung von Wärme und Druck.

Typen (nach Methode)

- nach Widerstand: Schmelzen mit Niederspannung und intensivem elektrischen Strom
 - durch Kontakt: Schmelzen oder Stauchen (Abschmelzen, Stanzen)
 - durch Punkte: zwei Elektroden, meist wassergekühlt (Dünoblech).
 - durch Nähte: zwischen zwei Scheibenelektroden oder Scheibenelektrode und anderen Komponenten (in dichten Behältern).
 - durch Vorsprünge: Sie wird zwischen flache Elektroden gespannt (in der Massenproduktion, sonst eher kostspielig).
- durch Reibung (trocken): Schmelzen durch Reibung (bei rotierenden Teilen).
- Induktion: Schmelzen mit Induktionsstrom (zur Herstellung von Nahtrohren).
- ultraschall: schmelzen mit hochfrequenz
- Explosion: mit Sprengstoff, Funkenentladung, Magnetwelle.

Von nun an werden nur noch gängigere Schmelzschweißverbindungen (Verbindungen durch Schweißnähte) berücksichtigt.

ARTEN VON SCHWEIßVERBINDUNGEN

Typen nach Querschnittsform

Vergeben durch Standards: ČSN 05 0025 ÷ 05 0028 ÷ 05 0028
 ČSN 13 1075 (für Rohrleitungen)

VERBINDUNGS- UND FÜLLSTOFFE

A) Verbundenes Material

Grundregel:

Nur Material mit garantierter Schweißbarkeit verwenden (angegeben in Stahlqualitätsnormen (Materialdatenblätter) ČSN 41 0000 ÷ 41 9858).

Schweißbarkeitsgrade

zaručená (vždy)	1a	pouze $t > 0^{\circ} \text{C}$	i dynamicky namáhané svary
zaručená podmíněně	1b	za urč. podm. zaruč.	staticky namáhané svary
dobrá	2	nezaručuje, ale lze	podřadné svary
obtížná	3	nevyhovující svary	nedoporučuje se

Hinweise zu den einzelnen Materialarten:

- für Stahl im Allgemeinen: Lichtbogenschweißen $C \leq 0,2\%$, $P, S \leq 0,1\%$.
- Stahlklassen 10 -17: Sondertypen mit garantierter Schweißbarkeit (siehe Tabelle)
- gehärteter Stahl: schwer zu schweißen (muss vorgewärmt werden)
- Stahlguss (höher C): schwer zu schweißen (Rissbildung)
- Grauguss (höher C): schwer zu schweißen (vorgewärmt auf 650°C)
- Gusseisen (422530,35,40): gute Schweißbarkeit.
- Nichteisenmetalle: schwer zu schweißen (hohe Wärmeleitfähigkeit (Kupfer, Bronze, Messing) und niedrige Schmelztemperatur)

B) Füllstoff

Typen (nach Form und Modifikationen)

- beschichtete Elektroden: zum Lichtbogen-Handschiweißen
 - nach der Art des geschweißten Materials
 - nach der Art der Beschichtung (alkalisch, sauer,.....)
 - durch den Durchmesser: (1,6 ÷ 8) und Länge: (200 ÷ 500)
- blanke Drähte: zum Schweißen ohne Luftzufuhr
 - (untergetaucht oder unter modifizierter Atmosphäre)
 - nach der Art des geschweißten Materials
 - durch den Durchmesser: (1,6 ÷ 5) in Metern
 - durch den Durchmesser: (5 ÷ 20)

8.1.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung aller Lastarten.
- Nicht demontierbar.
- Zuverlässigkeit beeinflusst durch die Anfälligkeit für Eigenspannungen und Kerbwirkungen

Produktion, Montage

- Schwierig in der Herstellung.
- die Möglichkeit, große Maschinen und deren Teile herzustellen (nicht möglich durch Gussteile und Schmiedeteile).

ZEITLICHE ASPEKTE

Prozessgeschwindigkeit

- Relativ schnelle Konstruktion und Fertigung.
- Bei komplexen Produkten ist eine Entzündung oder Alterung zur Beseitigung von Eigenspannungen erforderlich (kann auch durch Vibrationen erfolgen), was die Produktionszeit verlängert.

Prozessökonomie

- Bei der Stückfertigung ist es günstiger als Gussteile, Schmiedeteile usw. (Materialeinsparung, weniger Aufwand); die Notwendigkeit, die Eigenspannung bei komplexen Schweißkonstruktionen abzubauen, erhöht die Kosten.
- Keine Betriebskosten, wenn die Unmöglichkeit der Demontage kein Problem darstellt.
- Hohe Kosten für "Demontage" (Flammen, etc.).

8.2. Lötverbindungen

8.2.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Feste (unbewegliche), nicht lösbare Verbindung von zwei (meist) Metallteilen durch Metall, das beim Verbindungsvorgang geschmolzen wird und mittels Diffusion an den verbundenen Teilen haftet, ohne diese zu schmelzen.

Lötverbindungen werden in verschiedenen Branchen (Feinmechanik, Goldschmiede, Sanitär, Konservenindustrie, Fahrzeugbau, etc.) eingesetzt.

8.2.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

PRODUKTIONSARTEN (FERTIGUNG)

Durch die Schmelztemperatur (immer niedriger als die Schmelztemperatur der verbundenen Teile)

- Löten (bis 450° C)
- Löten (über 450° C)

Vorbereitung der metallisch sauberen Oberfläche

- mechanisch (Schaben, Bürsten)
- per Ultraschall
- chemisch (mit Flussmittel)

Aufheizen auf die gewünschte Temperatur

- lokal (durch elektrisches Lot, Lötlampe, Brenner, elektrischen Widerstand, Hochfrequenz, etc.)
- insgesamt (in einem Ofen unter modifizierter Atmosphäre, im Vakuum unter Hochfrequenz, Eintauchen in Salzschnmelzen, unter Verwendung von geschmolzenem Lot)

VERBUNDWERKSTOFFE, LOTE, FLUSSMITTEL

A) Löten

Verbundene Materialien:

- Kupfer, Zink, Stahl, Blei und deren Legierungen (übliche Materialien)
- Grauguss, Aluminium, Glas, Metall-Keramik-Legierungen (speziell)

Lote: (ČSN 05 5612 ÷ 50)

- Zinn
- speziell

Fluss:

- Harz, Talg, Stearin, Kolophonium, Kolophonium
- Chloride (verursachen Korrosion)

B) Löten

Verbundene Materialien:

- Stahl, Grauguss
- Kupfer, Nickel und deren Legierungen

Lote:

- Messing (ČSN 05 5680 ÷ 86)
- Silber (ČSN 05 5660 ÷ 76)
- für Aluminium (ČSN 05 5700 ÷ 80)

Fluss: (ČSN 05 5700 ÷ 80)

- Borax, Borsäure
- Chloride, Soda, Kali, Kieselsäure

FORMEN VON LÖTVERBINDUNGEN

Grundtypen:

- Stumpfschweißen
- mit geneigter Oberfläche
- mit gebogenem Blech
- mit Überlappung
- mit Kontaktelement

8.2.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung aller kleinen Lastarten, besonders geeignet bei Scherspannungen.
- Löten, das insbesondere für die Verbindungen mit Dichtheitsanforderungen oder Leitfähigkeitsanforderungen bei nicht großer Dichtheit und in den Fällen verwendet wird, in denen das Material nicht auf hohe Temperaturen erwärmt werden kann.
- Löten bei Dichtheit, Zähigkeit, Ermüdungsbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, höheren Temperaturen.
- können sie mit Wärme repariert werden.

Produktion, Montage

- hohe Designansprüche (Oberflächenreinigung, kleiner und gleichmäßiger Spalt, gleichmäßige Erwärmung auf die erforderliche Temperatur).
- Weitere Aspekte
- Entfettungsmittel und Flussmittel können ungeeignet sein (in Bezug auf Hygiene oder mögliche Allergien).
- unmögliche Wiederverwertung

ZEITMERKMALE

Prozessgeschwindigkeit

- Relativ schnelle Konstruktion und Fertigung

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Relativ günstig in der Produktion in kleinen Chargen.
- keine Betriebskosten, wenn die Unmöglichkeit, den Anschluss zu demontieren, kein Problem darstellt.
- Entsorgung von Loten.

8.3. Klebverbindungen

8.3.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Feste (unbewegliche) Verbindungen mittels eines flüssigen Materials (Klebstoff), das an den verbundenen Teilen haftet (dünne Schicht von ca. 0,1 mm).

Klebverbindungen werden eingesetzt, wenn die herkömmlichen Verbindungsmethoden nicht geeignet oder möglich sind. Sie werden auch für Maschinenreparaturen eingesetzt.

8.3.2. Struktur (grundlegende Konstruktionsmerkmale)

FERTIGUNGSVERFAHREN

Nach Temperatur und Druck, die für die Verfestigung des Klebstoffs erforderlich sind:

- normale Temperatur - ca. 20° C
- höhere Temperatur 20° ÷ 200° C
- hohe Temperatur - ca. 200° C
- hohe Temperatur - ca. 200° C und Druck

Vorbereitung der sauberen Oberfläche:

- mechanisch
- chemisch
- Entfernen von Verunreinigungen, Fetten, Oxiden, etc.

VERBUNDENE MATERIALIEN UND KLEBSTOFFE

Verbundene Materialien

Typen:

- Metall: in der Luftfahrt oder im Maschinenbau zur Verbindung von Dosen, Containern, Rahmen, Rohrleitungen, Naben auf Wellen, etc.
- Nichtmetallisch: in allen Bereichen zur Verbindung von Holz, PVC, Keramikteilen, Duroplasten, Glas, etc.

Druh	teplota tuhnutí	tlak při tuhnutí	pevnost τ_{Pt} [MPa]
Polyester	norm.	ne	až 20
Polyvinylacetát	norm.– zvýš.	ne	až 30
Epoxid. pryskyřice	norm.– zvýš.	ne	až 30
Syntetický kaučuk	zvýš.– vysoká	ano	až 30
Fenolové pryskyřice	zvýš.– vysoká	ano	až 30
Fenolformaldehyd	zvýš.– vysoká	ano	až 30

Legende:

druh - Typ, teplota tuhnutí - Erstarrungspunkt (Temperatur), tlak při tuhnutí - Druck auf Erstarrung, pevnost - Festigkeit, Polyester - Polyester, polyvinylacetát - Polyvinylacetat, Epoxid. pryskyřice - Epoxidharze, syntetický kaučuk - Synthesekautschuk, fenolové pryskyřice - Phenolharze, fenolformaldehyd - Phenolformaldehyd, ne - nein, ano - ja, normální -normal, zvýšená - höher, vysoká - hoch

Auswahl durch:

- Art und Abmessungen der verbundenen Materialien.
- Verfahren (Ziehen, Scheren, Biegen) und Art (statisch, dynamisch) der Belastung.
- Betriebstemperatur und chemischer Einfluss der Umgebung.

Stumpfschweißen - nicht geeignet

- mit schräger Oberfläche - besser
- mit gebogenem Blech - geeignet
- mit Kontaktelement - geeignet
- mit angepasster Oberfläche - sehr gut, aber teuer

8.3.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Geeignet zur Übertragung relativ kleiner Lasten bei Scherbeanspruchung, wobei eine gleichmäßige

Lastverteilung (bei festen Verbindungsteilen) im Vergleich zu Niet- oder Schweißverbindungen gewährleistet ist.

- Geeignet für Verbindungen mit Dichtheitsanforderungen.
- Geeignet für Verbindungen mit Anforderungen an die elektrische Isolierung.
- Geeignet für Verbindungen, die eine Vibrations- und Geräuschdämpfung erfordern.
- nicht geeignet für normale und dynamische Belastungen.
- nicht für höhere Betriebstemperaturen geeignet.
- nicht geeignet in aggressiver Umgebung.
- sind wartungsfrei und können nicht demontiert werden.

Produktion, Montage

- Geeignet für den Anschluss von Materialien, die nicht erwärmt werden können.
- Geeignet für Verbindungsmaterialien, die nicht geschweißt werden können.
- geeignet für die Verbindung von dünnen Blechen, die nicht geschweißt oder genietet werden können.
- geeignet für die Verbindung von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften.
- einfache Herstellung.
- Relativ komplizierte Vorbereitung (Reinigung von Oberflächen).

Anforderung der notwendigen technischen Hilfsmittel bei der Wärme- und Druckverklebung.

Weitere Aspekte

- Entfettungsanlagen können in Bezug auf Umweltfreundlichkeit und Hygiene schädlich sein.
- Recycling fast unmöglich.

ZEITMERKMALE

Geschwindigkeit der Prozesse

- Schneller Entwurf.
- Der einfache Aufbau ermöglicht eine schnelle Verbindung der Teile.
- Die Erstarrungszeit kann die Produktionszeit (von Sekunden auf Stunden) verlängern.

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Einfaches Design reduziert die Arbeits- und Materialkosten.
- Mögliche technische Spezialwerkzeuge zur Wärmebehandlung verursachen zusätzliche Kosten.
- keine Betriebskosten, wenn die Unmöglichkeit, den Anschluss zu demontieren, kein Problem darstellt.

9. DYNAMISCHE (VARIABLE) BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG VON MASCHINENTEILEN TS - DYNAMISCHE (ERMÜDUNGS-) FESTIGKEITEN ZÁKLADNÍ POZNATKY

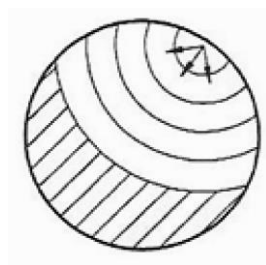
9.1. Grundlegende Informationen

Manifestationen der dynamischen (variablen) Belastung der Festigkeit von Maschinenteilen:

- Ausfälle unter Stress $\sigma \ll \sigma_D$
- spröde Brüche von Teilen auch bei zähen Materialien

Beispiel für einen typischen Bruch eines Maschinenteils (Welle, Drehpunkt, etc.) durch Ermüdung

(der obere Teil des Abschnitts zeigt einen geglätteten Anfangsbereich der durch Materialermüdung verursachten Störung, der untere schattierten Teil zeigt den letzten klassischen körnigen statischen Bruch.



Dynamische Belastung und Stress wird verursacht durch:

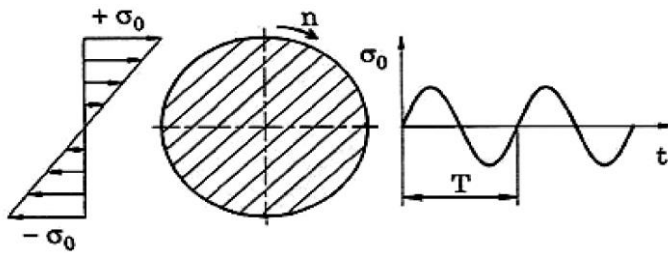
a) Änderungen der äußeren Last:

Beispiel: $M\sigma = M\sigma_{max} \sin(\omega t), \pi \neq 0$

b) Änderungen in der Position des Teils bis zur konstanten (nicht variablen) Belastung:

Beispiel: $M\sigma = M\sigma_{max}', \pi \neq 0$

Dynamische Belastung durch Rotation des Teils zu externer statischer (konstanter) Belastung



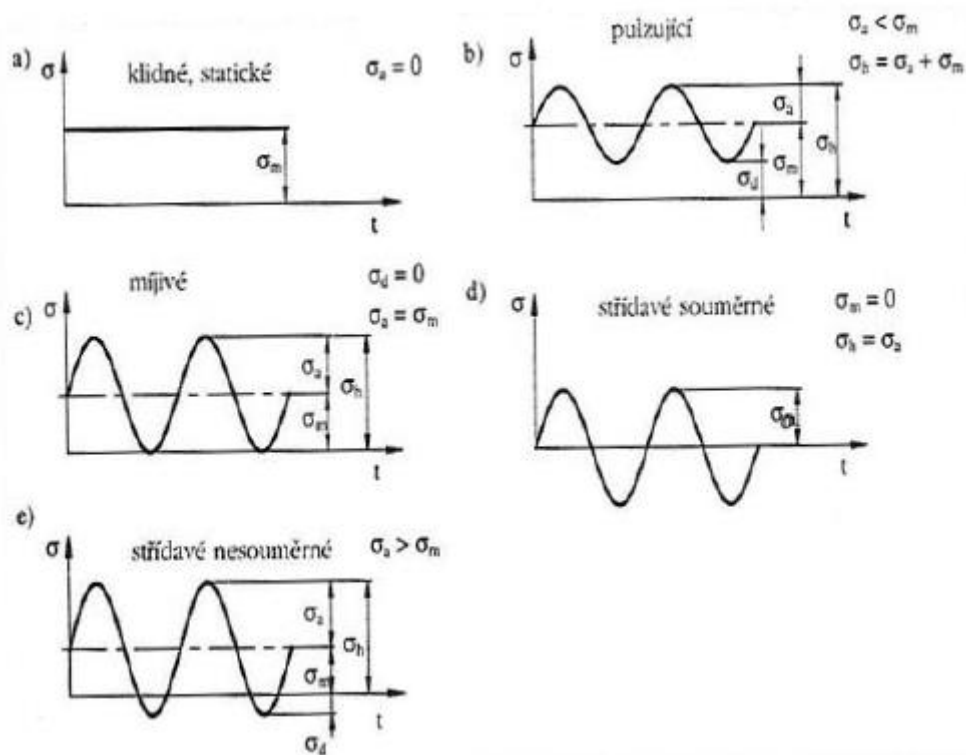
Kurse für variable Belastung und Stress:

- **allgemeiner Kurs:**

- stochastisch
- periodisch = periodisch

- **harmonischer Verlauf:**

- Sinus/Cosinus mit einer oder mehreren harmonischen Komponenten (üblich auch als Ersatz für den allgemeinen periodischen Verlauf bei Berechnungen und Experimenten).



Legende:

klidné - still, statické - static, pulzující - pulsierend, mívivé - flüchtig, střídavé souměrné - abwechselnd regelmäßig, střídavé nesouměrné - abwechselnd unregelmäßig

Typische Arten von Oberschwingungsspannungen - Kurvendiagramme

wobei:

m - Mittelspannung der Schwingung,

a - Mittelspannung der Schwingung,

h - Schwingungsoberspannung,

d - Niederspannung der Schwingung

Lebensdauer (Haltbarkeit) von Maschinenteilen bei harmonischer Belastung:

Die Lebensdauer (Haltbarkeit) eines Bauteils ergibt sich aus der Anzahl der Schwingungen, bei denen ein Ermüdungsbruch auftritt.

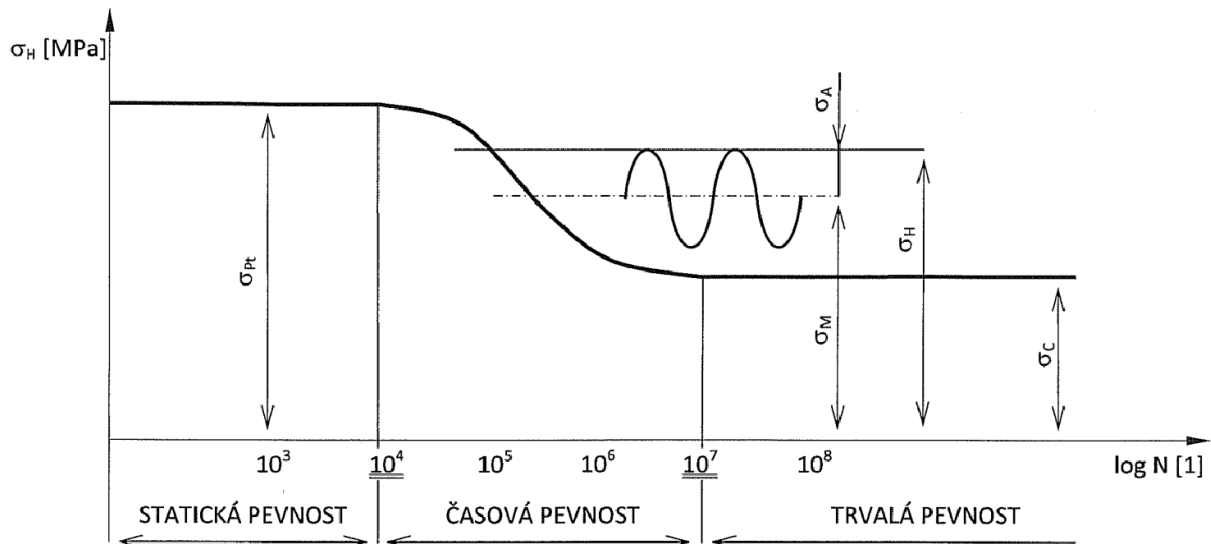
9.2. Materialermüdungsgrenze

Ermüdungszeitbegrenzung (Zeitbegrenzung für die Ermüdung eines gemeinsamen Maschinenteils):

$\sigma_N = \sigma_M + \sigma_A N$... oszillierende Spannung ($\sigma_{M,A}$), bei der die Lebensdauer bei gegebener Lagerung des Maschinenteils N Zyklen beträgt.

Ermüdungsgrenze ("permanente" Ermüdung für ein gemeinsames Maschinenteil):

$\sigma_C = \sigma_C = \sigma_M + \sigma_A N$... pulsierende harmonische Spannung, ($\sigma_M \neq 0$, $\sigma_A \neq 0$, tj. $\sigma_H = \sigma_M + \sigma_A$ Lebensdauer des gegebenen Maschinenteils $N = \sigma$ Zyklen ist.



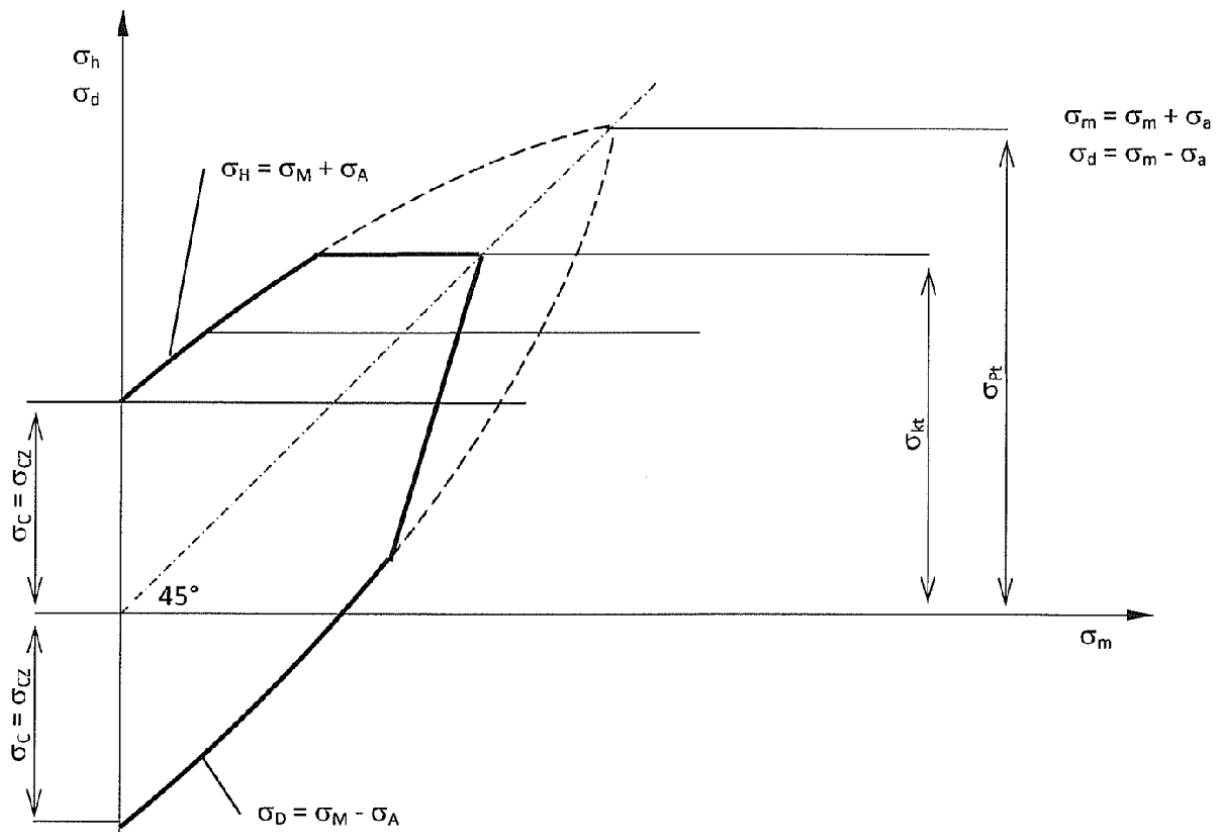
Legende:

statická pevnost - statische Festigkeit, časová pevnost - Zeitfestigkeit, trvalá pevnost - Langzeitfestigkeit

9.3. Materialermüdungsgrenze bei gemeinsam harmonisch wechselnder Spannung

Grundlegendes Smith-Diagramm:

Das Smith-Diagramm definiert die Grenzwerte der harmonischen Spannung, d.h. die Mittel- und Grenzspannung der Schwingung und die Grenzspannung der Schwingungsamplitude, bei der die Ermüdungsbrüche eines glatten polierten Stabes (im Allgemeinen ein bestimmter Punkt auf einem gemeinsamen Maschinenteil) auftreten. Das Diagramm muss für jede Materialart (und jeden Punkt auf einem Maschinenteil) separat experimentell bestimmt werden.



9.4. Faktoren, die die Materialermüdung beeinflussen

$\sigma_C = \sigma_{CZ}$ (grundlegende) Ermüdungsgrenze für glatte polierte Stangen
 $\sigma_{C^*} = \sigma_{CZ^*}$ niedrigere (grundlegende) Ermüdungsgrenze für einen Punkt auf einem Bauteil, d.h. nicht für ein Bauteil als Ganzes) aufgrund der folgenden Faktoren

9.4.1. Kerbwirkung - Kerbwert β

Kerben sind plötzliche Formänderungen an Bauteilen, die eine lokale Erhöhung (Konzentration) einer "richtigen" Last an dem gegebenen Punkt verursachen:

- Kraftabbau
- Reduzierung der Materialzähigkeit

9.4.2. Bauteilgrößeneffekt - Koeffizient der Bauteilgröße v

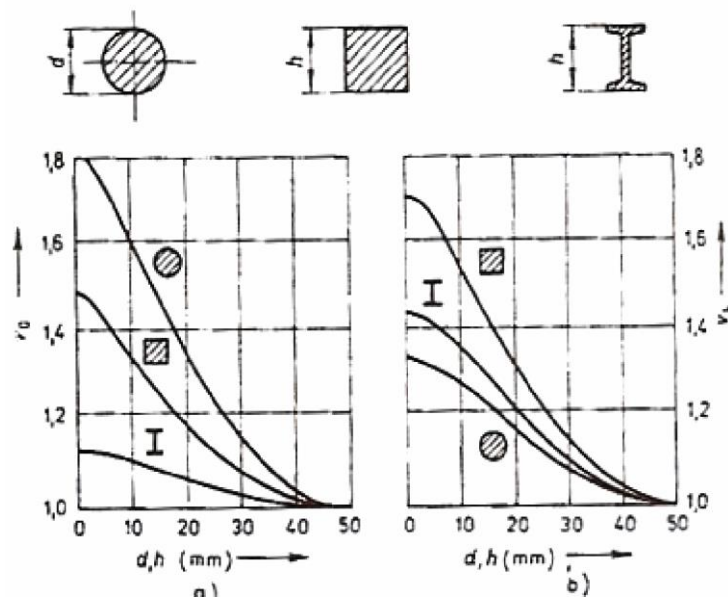
Für grundlegende Arten von Stress:

$\sigma C^* = v \cdot \sigma C$... für Zug - Druck - Zug - Druck

$\sigma C o^* = v \cdot \sigma C o$... zum Biegen

$\tau C k^* = v k \cdot \tau C k$... für Torsionen

Beispiele für Diagramme zur Bestimmung des Koeffizientenwertes der Größenkomponenten v ,



9.4.3. Oberflächeneffekt - Oberflächengütekoeffizient ηP

$\sigma C^* = \eta p \cdot \sigma C$... für Zug - Druck - Zug - Druck

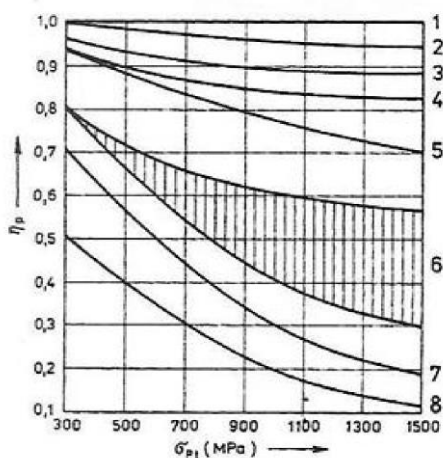
$\sigma C o^* = \eta p o \cdot \sigma C o$... zum Biegen

$\tau C k^* = \eta p k \cdot \tau C k$... für Torsionen

$\eta p o = \eta p$

$\eta p k = 0,5 \cdot (1 + \eta p)$

Diagramm zur Bestimmung des Koeffizientenwertes der Oberflächengüte η_P



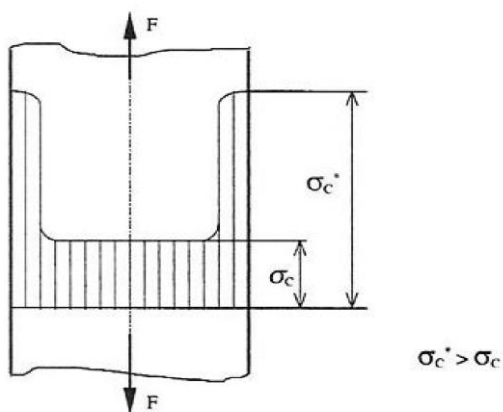
9.4.4. Einfluss der Oberflächenhärtung - Festigungskoeffizient der Oberflächenhärtung k

$\sigma C^* = k \cdot \sigma C$... für Zug - Druck - Zug - Druck

$\sigma C o^* = k o \cdot \sigma C o$... zum Biegen

$\tau C k^* = k k \cdot \tau C k$... für Torsionen

Vliv zpevnění povrchu součásti na zvýšení meze únavy při jejím povrchu (kritickém pro únavové poruchy)



Die Werte des Koeffizienten k für die einzelnen Spannungsarten und typischen Verfestigungsarten sind in der Fachliteratur zu suchen. Für einen Großteil der nicht gehärteten Oberflächen gilt das Gleiche:

$$k = k k o = k k = 1$$

10. WELLEN

Die Welle ist eine Maschinenkomponente mit zylindrischer Form, die zur Übertragung von Drehbewegungen und mechanischen Arbeiten verwendet wird. An Wellen, Zahnrädern, Kettenrädern, Riemenscheiben, Rollen, Kupplungen, Anschlagbremsen und anderen rotierenden und nicht rotierenden Teilen, wie beispielsweise Nocken. Wellen können durch die Funktion und Spannung in zwei Gruppen eingeteilt werden: Achsen und Getriebewellen.

Achsen (Maschinenwellen)

Achsen (Maschinenwellen) übertragen kein Drehmoment (Leistung). Sie werden nur durch Biegen belastet. Achsen tragen Zahnräder, Riemenscheiben, Rollen und andere rotierende Maschinenteile, die entweder drehbar oder fest darauf montiert sind. Typische Beispiele für Maschinenwellen sind Achsen von Eisenbahnmaschinen.

Getriebewellen

Getriebewellen werden auch als Antriebswellen bezeichnet. Sie werden häufiger eingesetzt als die Maschinenwellen. Sie werden hauptsächlich durch das Drehmoment belastet, das sie vom Antriebs- zum Arbeitspunkt übertragen. Im Gegensatz zu den Maschinenwellen werden Getriebewellen durch Torsion in Kombination mit Biegung belastet. Die Wellen sind in Lagern gelagert. Ein typisches Beispiel für Getriebewellen ist die Welle in Getrieben, d.h. alle Wellen, die angetrieben werden.

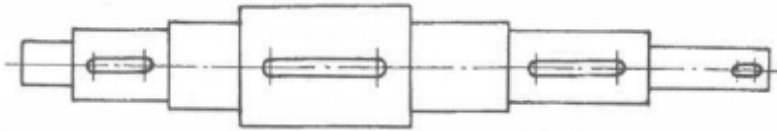
10.1. Arten von Antriebswellen

Nach Form und Verwendungsmethode:

- Normal
- Hohl
- Geschlitzt
- Kurbelwellen
- Biegsame Wellen

Normale Getriebewelle

Es wird durch Drehen hergestellt, da die Wellenspannung über seine Länge und seinen Durchmesser variiert. Die Spannung ist an den Enden der Welle am geringsten, daher ist ihr Durchmesser am kleinsten. Änderungen des Wellendurchmessers führen zu verschiedenen Anschlüssen, die die Montage der rotierenden Teile auf der Welle erleichtern.



Hohle Antriebswelle

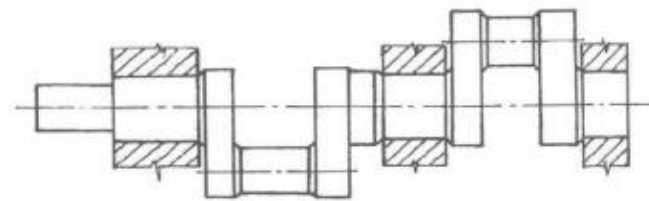
Sie nutzt das Material wesentlich wirtschaftlicher. Er kann mehr Last übertragen als eine volle Welle bei gleichem Gewicht. Dies liegt daran, dass bei Torsion und Biegung die Wellenmitte wesentlich weniger belastet wird als ihr Außenteil.

Geschlitzte Antriebswelle

Sie hat Längsnuten auf ihrer Länge und produziert mehrere Federn. Die geschlitzte Welle hat somit die gleiche Funktion wie die Passfeder. Es wird dort eingesetzt, wo wir die axiale Verschiebung von rotierenden Teilen auf (meist) Zahnrädern auf der Welle sicherstellen müssen.

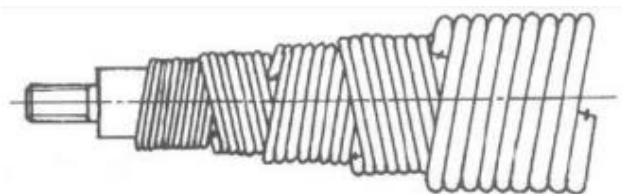
Kurbelwelle

Es ist Teil eines Kurbelmechanismus, der die direkte Hin- und Herbewegung in eine Drehung umwandelt und umgekehrt. Kurbelwellen werden aus Schmiederohlingen hergestellt und anschließend von Werkzeugmaschinen bearbeitet.

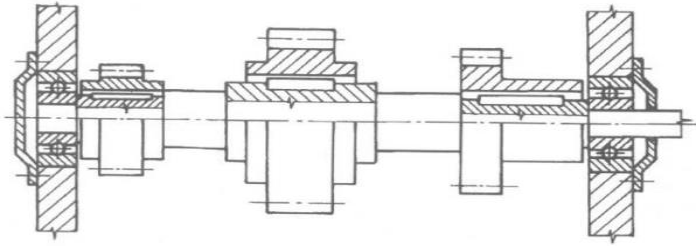


Biegsame Welle

Sie wird dort eingesetzt, wo es notwendig ist, die Position der Antriebswelle zur Abtriebswelle während der Drehung zu ändern. Um die notwendige Flexibilität zu gewährleisten, wird der Schaft aus Draht in mehreren Schichten gefertigt. Die einzelnen Schichten sind gegenläufig gewickelt, so dass der Schaft nicht zum Abwickeln neigt. Z.B. Hand-schleifmaschine.



Platzierung von Getriebewellen



Beispiel für die Anordnung der Getriebewelle auf zwei Wälzlagern

II. GLEITLAGER

II.1. Merkmal (typische Konstruktionseigenschaften)

Rotierende Lager nach dem Prinzip des Oberflächenkontaktes mit Gleitreibung (unterschiedlicher Art).

Notizen:

- Arten der Gleitreibung (durch die Schmierintensität):
 - Haftreibung: ohne Schmierung oder mit Festschmierstoff (Graphit, etc.), die Reibungsflächen stehen in vollem Kontakt.
 - Begrenzung der Reibung: bei unzureichender Schmierschicht stehen die Reibungsflächen teilweise in Kontakt.
 - Flüssigkeitsreibung: Eine ausreichende Schicht Schmiermittel (Flüssigkeit, Gas oder Plastikfett), Reibflächen berühren sich nicht
- Der damit verbundene Effekt ist der Verschleißzustand der Gleitflächen in Abhängigkeit von der Intensität der Schmierung.

II.2. Lager mit hydrodynamischen Lagern

II.2.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Gleitlager, bei denen die Schmierstoffschicht (sog. hydrodynamischer Keil) durch die Relativbewegung der Gleitflächen erzeugt wird (Keilspalt). Daher ist die so genannte Grenzreibung mit dem Beginn oder Ende der Bewegung unter Haftreibung während der Beschleunigung und Verzögerung.

FORMEN, ABMESSUNGEN, OBERFLÄCHENRAUHIGKEIT UND TOLERANZ

A) Gleitflächen

Geometrische Form

- Sie wird durch Bearbeitung (Bohren, Drehen, Schleifen) ohne zusätzliches Kratzen erreicht (Beeinträchtigung der geometrischen Form).
- Bei höheren Parametern: Es wird eine geometrische Formgenauigkeit vorgeschrieben.
- Oberflächenrauigkeit Betriebsbedingungen - Rauheit Ra: des Lagerzapfens[μm]
 - hohe Parameter 0,2 0,4
 - mittlere Parameter 0,4 0,8
 - niedrige Parameter 0,8 1,6

Toleranz

- Genauigkeit bei Radialgleitlagern IT5 ÷ IT7

B) Schmierstoffeinlass

Formen und Abmessungen:

- Schmierbohrungen, Schlitze, Taschen nach ČSN 01 5906 (immer flach mit abgerundeten Formen)
- Position der Schmiernuten an Radiallagern:
- In einem unbelasteten Bereich (senkrecht zur Bewegungsrichtung, nie zu den Kanten)

C) Lagergehäuse und Lagergehäuse (Radiallagerkomponenten)

Notizen:

- Gehäuse: Gleitlagereinsatz in Form eines Hohlzylinders.
- Fall: ein Teil der geteilten Hülse oder die gesamte, aber geteilte Hülse.

II.2.2. Gehäusetypen und Gehäuse:

- **durch die Dicke der Hülse / des Gehäuses, den Durchmesser des Stiftes d:**
 - dünnwandig: Dicke s (0,02 ÷ 0,1)-d
 - (es wird bearbeitet: fertig vor der Montage - die Genauigkeit hängt von der Genauigkeit der Bohrung im Lagergehäuse ab)
 - dickwandig: Dicke s (0,1 ÷ 0,2)-d
 - (bearbeitet: fertig wie die dünnwandige, mit zusätzlicher Bearbeitung)

- **um die Anzahl der Schichten:**

- einschichtig ("massiv"): aus Lagermaterialien, nur außnahmeungsweise (ist teuer)
- zweischichtig ("bimetallisch"): mit Auskleidung, aus Lagermaterialien (Dicke 0,2 mm), Lebensdauer des Lagers steigt mit abnehmender Dicke der Auskleidung.
- dreischichtig: mit zusätzlicher galvanischer Beschichtung aus einer weichen Zusammensetzung (Pb - Sn, etc.), die die Verwendung von nicht gehärteten Stiften ermöglicht.

Position von Gehäusen und Gehäusen (im Lagerkörper)

Mit einer Überlappung, die eine zuverlässige Übertragung eines Reibmoments im Lager gewährleistet, werden nur verwendet, um die richtige Position während der Montage zu gewährleisten.)

Übliche Position: H7/p6, H7/r6, H7/s6 (bei dünnwandigen Werkstoffen ist dies durch die Messung am Umfang gegeben).

II.2.3. Arten von Lagermaterialien

Materialklasse $p \cdot v$ [MPa · m · s⁻¹]

- Legierungen von Zinn und Blei (Verbindung) 20 ÷ 100
- Kupferlegierungen mit Zinn, Blei usw. (Bronze) 20 ÷ 100
- Aluminiumlegierungen 20 ÷ 100
- andere Metalle (Grauguss, poröse Metalle) 10
- Kunststoffe 10 ÷ 30
- andere nichtmetallische Werkstoffe (Graphit, Gummi, Holz)

Auswahl des Lagermaterials

Die Wahl des Lagermaterials sowie der Konstruktions- und Schmiereigenschaften ist ein Schlüsselfaktor für die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Lager.

Hauptkriterien:

- **Außenlagereigenschaften (erforderlich):**
 - Art und Größe der Last, Gleitgeschwindigkeit, Lebensdauer
 - Betriebstemperatur, Art des Schmierstoffs, Umgebung
 - Preis
- **Eigenschaften der Lagerkonstruktion (empfohlen):**
 - Art und Härte des Stiftmaterials (mindestens 100 HB höher als die Härte des Lagermaterials)
 - Rauheit der Gleitflächen (nach obiger Empfehlung)
 - Art und Menge des Schmierstoffs (ausreichende Menge an Qualitätsschmierstoff (ohne Verunreinigungen) - außer bei öligen und öllosen Lagern)
- **Gleitende, mechanische und physikalische Eigenschaften von Lagermaterialien (optional):**
 - Abriebfestigkeit (Kompatibilität mit dem Stiftmaterial), Anpassungsfähigkeit der harten Partikel und Aufnahmefähigkeit, Reibungskoeffizient.
 - Last (gekennzeichnet durch Koeffizient $p-v$), Dauerfestigkeit,
 - Korrosionsbeständigkeit, Abriebfestigkeit, Härte,

II.2.4. Eigenschaften

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Erfassung von radialen oder axialen Verschiebungen und Kräften; beide Funktionen können jedoch durch eine ordnungsgemäße Konstruktion innerhalb einer Einheit gewährleistet werden (siehe oben).
- Geeignet für Stoß- und dynamische Belastung (hohe Dämpfung)
- Sehr leiser und ruhiger Betrieb ohne Vibrationen
- Das Spiel in den Lagern ("Float") kann ein Fehler sein.
- Besonders geeignet für den Dauerbetrieb (zu Beginn und am Ende der Bewegung gibt es keine hydrodynamische Schmierschicht - Haft- und Gleitreibung mit hohem Verschleiß, kann durch Druckschmierung verbessert werden x ist teurer).
- breiter als bei Wälzlagern
- kleinerer Außendurchmesser als bei Wälzlagern
- Die einfache Demontage ist durch den Aufbau des Lagers gegeben.
- höhere Anforderungen an Wartung und Reinheit (Schmierung und Ölreinheit)

Produktion, Montage

- Hohe Anforderungen an die Präzision der Fertigung und die Sauberkeit der Umgebung
- Die einfache Montage wird durch die Struktur des tragenden Teils beeinflusst.

ZEITMERKMALE

Prozessgeschwindigkeit

- zeitaufwändige Konstruktion, Fertigung, Wartung, Reparatur, etc.

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Relativ aufwendige Konstruktion und Fertigung
- Relativ kostspieliger Betrieb, Wartung und Reparatur

12. KUGELLAGER

12.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Drehlager nach dem Prinzip des Wälzkontakts mit der Rollreibung, in der Regel unter Verwendung von separat hergestellten Komponenten - Wälzlagern.

FORMEN (TYPEN) VON KUGELLAGERN (ČSN 02 4629)

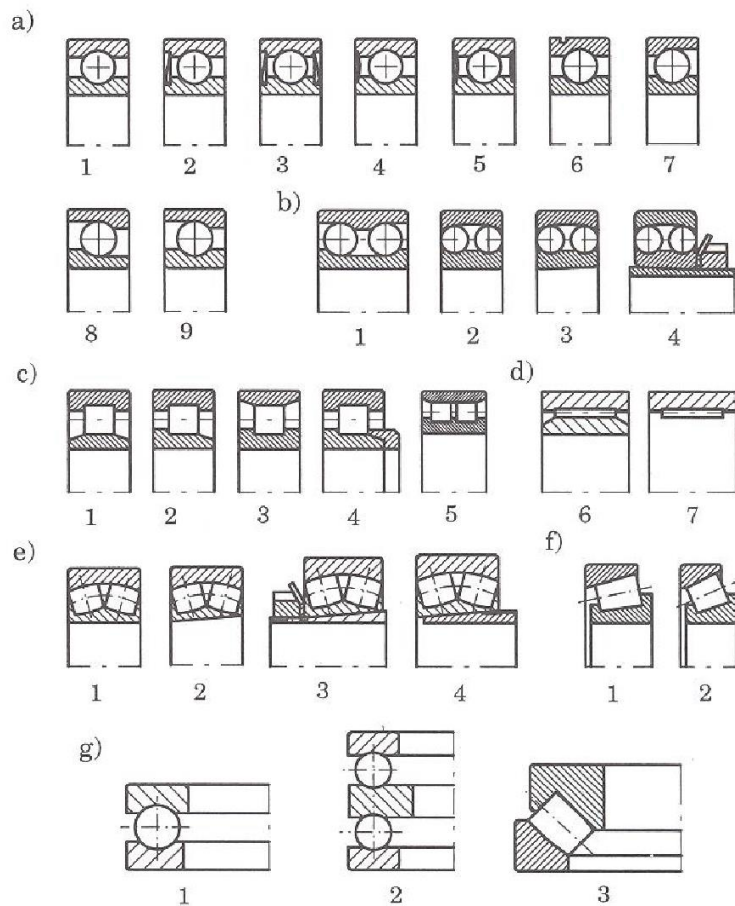
Durch die Richtung der erfassten Kräfte (und Bewegungen)

- radial (Außen- und Innenring, Käfig, Rollkörper)
- axial (Ringe, Käfig, Rollkörper)

Nach Struktur (Grundlage ist die Form des Rollkörpers)

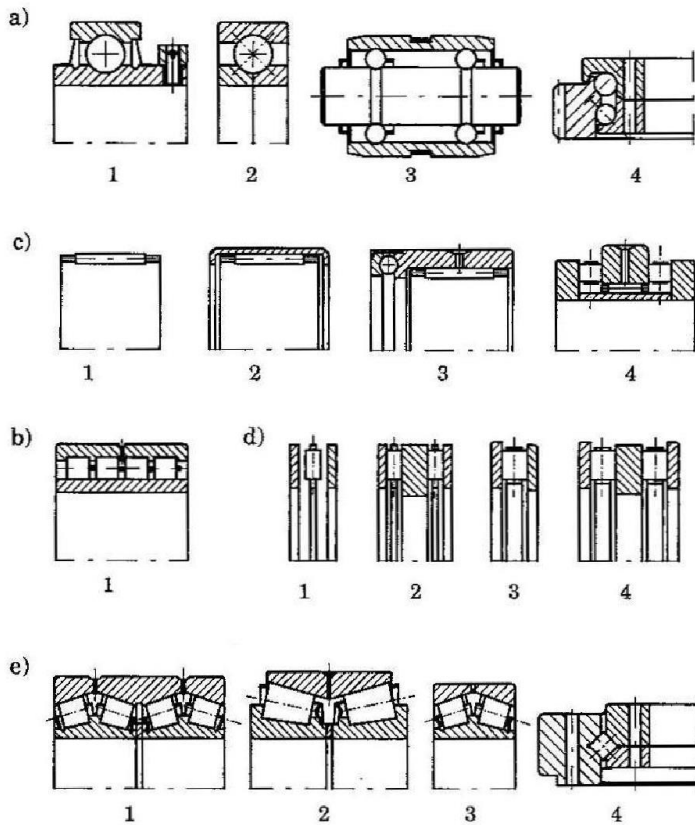
A) Standardlager

- Einreihige Kugellager a)
 - rein radial 1 ÷ 6
 - mit Winkelkontakt 7 ÷ 9
- Zweireihige Kugellager b)
 - mit Winkelkontakt 1
 - Kippen 2 ÷ 4
- Wälzlager c)
 - Jednořadá (NU, NJ, N) 1 ÷ 4
 - zweireihig (NN mit konischer Bohrung) 5
- Nadellager d)
 - einreihig (NU, NJ, N) 1 ÷ 4
 - zweireihig (NN mit konischer Bohrung) 5 2
- Zweireihige kugelförmige e) 1 ÷ 4
- Rolle f)1 ÷ 2
- Axial g)
 - Kugel einseitig gerichtet 1
 - Kugel bidirektional 2
 - Rolle 3



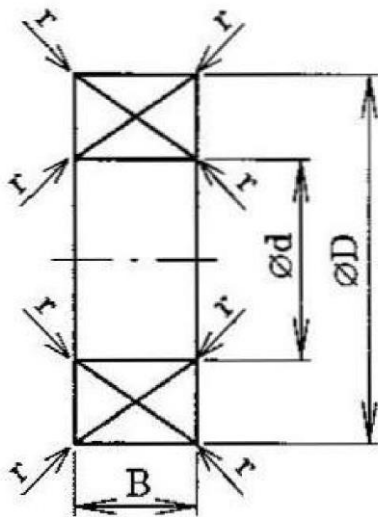
B) Sonderlager

- Kugellager a)
 - mit einem Vierpunktkontakt 2
- Rolle b)
 - mehrreihig 1
- Nadel c)
 - Käfig mit Nadeln 1
 - Gehäuse mit Nadeln 2
- Axial d)
 - Nadel 1 und 2
 - Rolle 3 und 4
- Verjüngt e)
 - ehreihig 1, 2, 3
 - Kreuz 4



12.1.1. Abmessungen der Wälzlager (ČSN 02 4629)

Grundabmessungen:



$\varnothing d$ Innendurchmesser
 $\varnothing D$ Außendurchmesser

B Breite

r Radius der Rundung

Maßreihe

Einzelne Lagertypen in Maßreihen: $d \Rightarrow D, B, \dots \Rightarrow$

Notizen:

- für d : $20 \div 480$ mm:
 $d = (\text{die letzten beiden Ziffern in der Kennzeichnung nach ČSN}) \times 5 \text{ Stück}$
z.B: $6220 \Rightarrow d = 20 \times 5 = 100 \text{ mm}$

MAßHALTIGKEIT UND LAUFGENAUIGKEIT DER KUGELLAGER

(ČSN 02 4612) (ČSN ISO 492)

Toleranz:

- Abmessungen
- beim Drehen zu werfen:
 - radial für Radiallager
 - axial für Axiallager

POSITION DER KUGELLAGER

Wichtig für die Lebensdauer der Kugellager.

Faktoren, die die Wahl der Position beeinflussen:

- Größe und Art der Ladung
- Material und Zähigkeit der Teile
- Wärmebedingungen in Lagern
- Dilatation von Komponenten
- Präzisionsanforderungen
- Anforderungen an die Montage und Demontage

Regeln und empfohlene Montage:

- Der in Belastungsrichtung rotierende Ring (Umfangsbelastung) muss fixiert werden (gegen Verrollen):
 - $(J7, K7) / j6, k6$
 - *(Außenringloch - häufiger / Stift für Innenring - häufiger)*

- Ring, der sich nicht in Lastrichtung dreht, kann frei montiert werden / mit Spiel (Punktlast)
- $H7, H8 (G7)/(h6, g6)$
- (Außenringloch - häufiger, Stift für Innenring)

12.2. Material der Kugellager

Ringe und Walzkörper

Hohe Anforderungen (lokale Wechsellastspannung); daher gibt es neben hoher statischer Festigkeit und genauer Zusammensetzung auch hohe Homogenitätsanforderungen. In der Regel: Chromstahl Klasse 14, vergütet auf min. Härte 59 HRC

Käfige

Normalerweise aus Stahlblech gepresst.
Qualitätslager haben Käfige aus Messing oder Keramik.

12.3. Eigenschaften

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Erfassung von radialen und axialen Verschiebungen und Kräften durch die Art der Lager und deren Montage an / in beiden Teilen der Maschine (meist auf der Welle und im Fall) bei hohen Drehzahlen und Temperaturen.
- Nicht geeignet für Stoßbelastungen.
- Das Spiel im Lager kann ein Defekt sein.
- geringe Verluste, Effizienz η 0,98.
- geringe Längsabmessungen im Vergleich zu anderen Lagertypen.
- größere Durchmesser im Vergleich zu anderen Lagertypen.
- Die Einfachheit oder Komplexität des Lagerwechsels wird durch die Struktur des tragenden und montierten Teils beeinflusst; meist einfach.
- Geringer Wartungsaufwand (Schmierung durch Fett oder Öl für die Verzahnungsschmierung).

Produktion, Montage

- Die Fertigung erfordert Präzision, Lager werden gekauft.
- Die Einfachheit oder Komplexität der Montage wird durch die Struktur des tragenden und montierten Teils beeinflusst; meist einfach.

ZEITMERKMALE

Prozessgeschwindigkeit

- Relativ schnelles Design, Produktion (und Einkauf), Montage und Demontage.

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Bei entsprechendem Design ist die Fertigung relativ günstig (bei Massenproduktion deutlich günstiger).
- Niedrige Betriebskosten (Schmierstoffe).
- Geringe Demontagekosten.

13. WELLENKUPPLUNGEN

13.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Maschinenteile, die die Übertragung von Drehmoment und Bewegung zwischen zwei benachbarten rotierenden Teilen einer technischen Ausrüstung (System) mit ihren Achsen ermöglichen:

- parallel
- leicht konkurrierend
- leicht schräg

Diese Funktion wird oft mit anderen Funktionen kombiniert (die in der Regel die Hauptfunktionen sind):

- zur Reduzierung des übertragenen Drehmoments
- zur Dämpfung von Torsionsschwingungen
- um die Herstellung großer Teile zu ermöglichen.
- um die Montage und Demontage zu ermöglichen.
- um Positionsänderungen der verbundenen Teile zu vermeiden (aufgrund von geometrischen Ungenauigkeiten, Verformbarkeit, Wärmeausdehnung, etc.).

Basierend auf dem Prinzip und Verfahren zur Übertragung von Drehmoment und Drehung (d.h. durch Funktion / Arbeitsprinzip und Verfahren) kann die Kupplung unterteilt werden in:

A) Mechanische Kupplungen

- **nicht getrennt (im Betrieb fest verbunden):**
 - (unflexibel) starr (Rohr, Wanne, Flansch/Scheibe, mit Stirnrad)
 - (unflexible) Nivellierung (Rohr, Stift, verzahnt, mit Kreuzscheibe, mit Gelenken, verzahnt)
 - flexibel (Scheibe, mit integrierten flexiblen Körpern, mit eingesetzten flexiblen Körpern, Ring und Scheibe, mit Metallfedern, Membran)
- **gesteuert (mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektromagnetisch) mit Änderungen der Verbindung, gesteuert von der Kupplungsumgebung aus:**
 - gezahnt (vorne, zylindrisch)
 - Reibung (Scheibe, Schaufeln)

- **automatisch / halbautomatisch, mit Änderungen in der Verbindung, die vollständig / teilweise von der Kupplung gesteuert werden.**
 - versichernd (destruktiv, rutschend)
 - Start (Pulver, Segment)
 - Leerlauf (Axialprinzip, Radialprinzip)

B) Hydraulische Kupplungen:

- **hydrodynamisch**
 - mit geschlossenem Ring (unkontrolliert, selbstkontrollierend, kontrolliert)
 - mit offenem Ring
- **hydrostatisch**

C) Elektrické spojky:

- **asynchron**
 - mit Wirbelarmatur
 - mit Käfiganker
- **synchron**
 - mit Widerwillen Anker
 - mit aufgeregten Anker

Magnetkupplungen

Notizen:

- Die Klassifizierung ist in ČSN 02 6400 eingebettet, bei mechanischen Kupplungen wird eine geeignetere Funktionsstruktur und Kennzeichnung verwendet.

Durch die Sicherstellung von Unterfunktionen bestehen Kupplungen aus den folgenden Teilen:

- **Antriebsteil** (verbunden mit dem Antriebsteil des technischen Systems)
- **Antriebsteil** (Verbindung mit dem Antriebsteil des technischen Systems)
- **Verbindungsteil** (Verbindung zwischen den beiden Antriebsteilen der Kupplung)

Wenn die Kupplung "symmetrisch" ist (in Bezug auf Abmessungen, Gewicht, Funktion), wird die Aufteilung der Welle in verschiedene Antriebsteile nur durch die gewählte Ausrichtung im technischen System bestimmt. Bei vielen Arten von "nicht-mechanischen" Kupplungen ist jedoch die richtige Unterscheidung zwischen dem antreibenden und dem angetriebenen Teil der Kupplung (zum antreibenden und angetriebenen Teil des technischen Systems) eine notwendige Voraussetzung für die Sicherstellung ihrer

ordnungsgemäßen Funktion).

Notizen:

- Aufgrund ihrer einfachen Klassifizierung werden Kupplungen meist als Komponenten entworfen, hergestellt und geliefert. Dies gilt für alle Arten von mechanischen, "nicht-mechanischen" (= elektromagnetisch, hydraulisch und pneumatisch) gesteuerten Kupplungen und teilweise auch für in Sonderfällen verwendete hydraulische, elektrische und magnetische Kupplungen.
- Informationen zur Verwendung von Serienkupplungen sind im Katalog der Hersteller oder in der Fachliteratur zu finden. Von nun an werden nur noch gängige mechanische Kupplungen berücksichtigt, wobei der Schwerpunkt auf den individuell konstruierten und gefertigten Typen liegt.

13.2. Feste (starre) Kupplungen

13.2.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Kupplungen nach dem Prinzip der festen Verbindungen, die alle Relativbewegungen der verbundenen rotierenden Teile (meist Wellen) verhindern.

13.2.2. Eigenschaften von gängigen Kupplungen

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung auch von periodisch wechselnden Drehmomenten
- Möglichkeit der Übertragung von Biegemomenten
- Im Betrieb kann die Nicht-Ausrichtung der verbundenen Teile zusätzliche Lasten erzeugen, die zu
- Kupplungsschäden führen können.

Produktion, Montage

- Relativ einfache Produktion
- Die Montage ist relativ komplex, eine genaue Ausrichtung des verbundenen Teils ist immer erforderlich; einige Typen erfordern auch die Möglichkeit der axialen Verschiebung von (mindestens einem) verbundenen Teilen.

ZEITMERKMALE

Prozessgeschwindigkeit

- Schnelle Konstruktion und Produktion (Einkauf)
- Der Auf- und Abbau kann langsam erfolgen (zeitaufwendig, kompliziert).

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Relativ günstig
- Keine Betriebskosten

13.3. Nivellierung (starres Kippen)

13.3.1. Merkmale (typische Konstruktionseigenschaften)

Kupplungen nach dem Prinzip von (starren) kinematischen Paaren, die eine Änderung der relativen Position der verbundenen Teile ermöglichen.

13.3.2. Eigenschaften von gängigen Kupplungen

GEBRAUCHSEIGENSCHAFTEN

Betrieb, Wartung, Instandhaltung, Reparaturen

- Übertragung des Drehmoments beim Ermöglichen der axialen, radialen, winkligen oder kombinierten Abweichung der Achsen von verbundenen rotierenden Teilen.
- Erfordert in der Regel eine Schmierung.
- Produktion, Montage
- Die Einfachheit oder Komplexität der Produktion hängt von der Art der Verbindung ab.
- Normalerweise relativ einfache Montage

ZEITMERKMALE

Prozessgeschwindigkeit

- es hängt von der Art der Kupplung ab; in der Regel schnelle Montage und Demontage

KOSTENVERLÄUFE

Wirtschaftlichkeit der Prozesse

- Die Produktionskosten sind abhängig von der Art der Kupplung.
- Die Betriebskosten sind durch die Notwendigkeit der Wartung, insbesondere der Schmierung, gegeben.

LITERATUR

Bach C.: *Die Maschinen-Elemente; Ihre Berechnung und Konstruktion, Erster Band: Text*, Arnold Bergsträsser Verlagsbuch Handlung, Stuttgart, 1903.

Bach C.: *Die Maschinen-Elemente; Ihre Berechnung und Konstruktion, Zweite Band: Tafeln und Tabellen*, Arnold Bergsträsser Verlagsbuch Handlung, Stuttgart, 1903.

Berard S. J., Watters E. O.: *Machine Design Problems*; D. Van Nostrand Company, New York, 1927.

Bhushan, B.: *Handbook of Nanotechnology*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, ISBN 3-540-01218-4.

Boháček, F.: *Části a mechanismy strojů – Zásady konstruování spoje*; Skripta; Ediční středisko VUT Brno, Brno, 1984.

Boháček, F.: *Části a mechanismy strojů II – Hřídele, tribologie, ložiska*; Skripta; Ediční středisko VUT Brno, Brno, 1987.

Boháček, F.: *Části a mechanismy strojů III – Převody*; Skripta; Ediční středisko VUT Brno, Brno, 1987.

Boháček, F. et al.: *Základy strojnictví*, SNTL, Praha, 1989, ISBN 80-03-00083-1.

Bolek, A. a kol.: *Části strojů - Díl II; Převody a převodová ústrojí*; Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha, 1963.

Bolek, A. a kol.: *Části strojů, 1. Svazek*, SNTL Praha, Praha, 1989, ISBN 80-03-00046-7.

Bolek, A. a kol.: *Části strojů, 2. Svazek*, SNTL Praha, Praha, 1990, ISBN 80-03-00426-8.

Branowski, B.: *Podstawy konstrukcji napędów maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007, ISBN 978-83-7143-347.

Budynas a kol.: *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 8th edition, Boston: Mc Graw Hill, 2008, ISBN 978-0-07-312193-2 (ještě nenaskenovaný obsah).

Bureš, V.: *Části strojů II (Převody; pružiny, součásti potrubí)*; Ediční středisko VŠSE Plzeň, Plzeň, 1979.

Bureš, V.: *Části strojů I (Části spojovací, hřídele, osy, ložiska a spojky)*; Ediční středisko VŠSE Plzeň, Plzeň, 1988.

Černoch, S.: *Strojně technická příručka*; SNTL, Praha, 1959.

Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. – Spojovací části strojů*. Praha: MONTANEX a.s., 2000, ISBN 80-7225-018-3.

Dietrych, J.: *Podstawy konstrukcji maszyn*, Wydawnictwa naukowo - techniczne, Warszawa, 1967.

Deutschman, A. D. a kol.: *Machine Design - Theory and Practice*; Macmillan Publishing Co., Inc., New York and Collier Macmillan Publishers, London, 1963, ISBN 0-02-329000-5 (Hardbound), ISBN 0-02-979720-9 (International Edition).

Dubbel, I.: *Inženýrská příručka pro stavbu strojů – Díl I*; SNTL, Praha, 1961.

Dubbel, I.: *Inženýrská příručka pro stavbu strojů – Díl II*; SNTL, Praha, 1961.

Faires, V. M., Wingren, R. M.: *Problems on the Design of Machine Elements*; The Macmillan Company, New York, 1955.

Glezl, Š. a kol.: *Základy strojíctva*, Alfa vydavateľstvo Technickej a ekonomickej literatury, Bratislava, 1986.

Grote, A.: *Handbook of Mechanical Engineering*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, ISBN 978-3-540-49131-6.

Hamrock a kol.: *Fundamentals of Machine Elements*, 2nd edition, Boston: Mc Graw Hill, 2005, ISBN 978-0-07-246532-7.

Hájek, E. a kol.: *Pružnost a pevnost I*, SNTL, Praha, 1988.

Heiligeberg Workshop: *Die Zukunft der Maschinenelementen – Lehre (Heilingenberger Manifest)*, Institute für Maschinen – Konstruktionlehre und Kraftfahrzeugbau Universität Karlsruhe a Maschinenelemente und Konstruktionslehre TH Darmstadt (Prof. Dr. Ing. Birkhofer), Schloß Heiligeberg, 23. – 24. 4. 1997.

Hosnedl, S., Krátký, J.: *Příručka strojího inženýra - Obecné strojíčásti 1*. Praha: Computer Press, 1999, ISBN 80-7226-055-3.

Hosnedl, S., Krátký, J.: *Příručka strojího inženýra - Obecné strojí části 2* Praha: Computer Press, 2000, ISBN 80-7226-202-5.

Juinall, R. C.: *Fundamentals of Machine Component Design*, John Wiley&Sons, New York, 1983, ISBN 0-471-06485-8.

Kenneth, S. E., McKee, R.B.: *Fundamentals of Mechanical Component Design*, McGraw-Hill, New York, 1991, ISBN 0-07-019102-6.

Klepš, Z., Nožička, J.: *Technické tabulky*; SNTL, Praha, 1986.

Kochman, J. a kol.: *Části strojů - Díl I; Spojování částí strojů a spojovací části*; Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha, 1956.

Kříž, R. Vávra, P.: *Strojírenská příručka, 5. svazek; Technika konstruování, Technická dokumentace, Části strojů a převody (1. část)*; Praha: Scientia, 1994, ISBN 80-85827-59-X.

Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka, 6. svazek*; Praha: Scientia, 1995, ISBN 80-85827-88-3.

Málik, L. a kol.: *Konstruovanie*, Žilinská univerzita v Žilině, 2007, ISBN 978-80-8070-971-6.

Medvecký, Š. a kol.: *Základy konštruovania*, EDIS – vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žilině, Žilina, 1999, ISBN 80-7100-547-9.

Medvecký, Š. a kol.: *Konstruovanie 1*, EDIS – vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žilině, Žilina, 2007, ISBN 978-80-8070-640-1.

Meerkamm, H.: *Maschinenelemente*, Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, 1985.

Moravec, V.: *Konstrukce strojů a zařízení II – Čelní ozubená kola*. Praha: MONTANEX a.s., 2000, ISBN 80-7225-051-5.

Mott, R. L.: *Machine Elements in Mechanical Design*, Upper Saddle River, New Jersey, 2004, ISBN 0-13-061885-3.

Neukirchner, J.: *Fachwissen des Ingenieurs*; Veb Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig, 1976.

Němec, J. a kol.: *Pružnost a pevnost ve strojírenství*, SNTL, Praha, 1989, ISBN 80-03-00193-5.

Niemann, V. a kol.: *Maschinen-elemente*. Berlin: Springer, 2001, ISBN 3-540-65816-5.

Orlov, P. I.: *Základy konštruovania*, Alfa vydavateľstvo Technickej a ekonomickej literatury, Bratislava, 1979.

Pešík, L.: *Části strojů, stručný přehled, 1. díl*, TU v Libereci, Liberec: Spoltisk s.r.o., 2001, ISBN 80-7083-584-2.

Pešík, L.: *Části strojů, stručný přehled, 2. díl*, TU v Libereci, Liberec: Spoltisk s.r.o., 2002,

7083-608-3.

Roloff, H. a kol.: *Aufgabesammlung Maschinenelementen*, F. Vieweg&Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig, 1975, ISBN 3-528-34015-0.

Schmidt, Z., Dobrovolný, B.: *Technická příručka - Výpočty a konstrukce; Práce* - Vydavatelstvo ROH, Praha, 1956.

Shigley, J.E., Mitchell, L.D.: *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983, ISBN 0-07-056888-X.

Shigley, J. E.: *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1983, ISBN 0-07-056898-7.

Shigley, J. E., Budynas, R. G., Nisbett K. J.: *Shigley's Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 2008, ISBN 978-0-07-312193-2.

Shigley, J. E., Mischke, R. Ch., Budynas, R. G.: *Konstruování strojních součástí. Z angl. orig. Mechanical Engineering Design*, 7th ed. 2004 přel. M. Hartl at al. Eds. M. Hartl a M. Vlk. VUT v Brně, Nakladatelství VUTIUM, Brno, 2010, ISBN 978-80-214-2629-0 .

Spotts, M. F.: *Design of Machine Elements*, Third Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1961.