

Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim VoBiek

Roloff / Matek

Machineonderdelen

5e herziene druk

Formuleboek

HERBERT WITTEL
DIETER MUHS
DIETER JANNASCH
JOACHIM VOBIEK

ROLOFF/MATEK
MACHINEONDERDELEN

Vijfde druk

Formuleboek



Oorspronkelijke titel: *Roloff/Matek Maschinenelemente Formelsammlung*, 10., überarbeitete Auflage
© Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010

Meer informatie over deze en andere uitgaven kunt u verkrijgen bij:

Sdu Klantenservice
Postbus 20014
2500 EA Den Haag
tel.: (070) 378 98 80
www.sdu.nl/service

© 2011 Sdu Uitgevers bv, Den Haag
Academic Service is een imprint van Sdu Uitgevers

1e druk 1996
5e druk 2011

Vertaling en opmaak: Tony Vandeborn Consult bvba, Hasselt (B)
Omslagontwerp: Carlito's Design, Amsterdam

ISBN: 978 90 395 2645 3
NUR: 173/929

Alle rechten voorbehouden. Alle auteursrechten en databankrechten ten aanzien van deze uitgave worden uitdrukkelijk voorbehouden. Deze rechten berusten bij Sdu Uitgevers bv.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen, mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich te wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro). Voor het overnemen van een gedeelte van deze uitgave ten behoeve van commerciële doeleinden dient men zich te wenden tot de uitgever.

Hoewel aan de totstandkoming van deze uitgave de uiterste zorg is besteed, kan voor de afwezigheid van eventuele (druk)fouten en onvolledigheden niet worden ingestaan en aanvaarden de auteur(s), redacteur(en) en uitgever deswege geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventueel voorkomende fouten en onvolledigheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the publisher's prior consent.

While every effort has been made to ensure the reliability of the information presented in this publication, Sdu Uitgevers neither guarantees the accuracy of the data contained herein nor accepts responsibility for errors or omissions or their consequences

Inhoud

| | | |
|----|--|-----|
| | Voorwoord | vii |
| 1 | Algemene grondbeginselen | 1 |
| 2 | Toleranties, passingen en oppervlaktegesteldheid | 2 |
| 3 | Sterkte en toelaatbare spanning | 6 |
| 4 | Tribologie | 19 |
| 5 | Lijm- en soldeerverbindingen | 21 |
| 6 | Lasverbindingen | 28 |
| 7 | Klinkverbindingen | 56 |
| 8 | Schroefverbindingen | 62 |
| 9 | Penverbindingen, spanbussen en borgelementen | 91 |
| 10 | Elastische veren | 99 |
| 11 | Draagassen, aandrijfassen en astappen | 125 |
| 12 | Onderdelen voor het verbinden van assen en navens | 139 |
| 13 | Koppelingen en remmen | 154 |
| 14 | Wentellagers | 162 |
| 15 | Glijlagers | 170 |
| 16 | Riemoverbrengingen | 194 |
| 17 | Kettingoverbrengingen | 204 |
| 18 | Pijpleidingen en toebehoren | 211 |
| 19 | Afdichtingen | 230 |
| 20 | Tandwielen en tandwieloverbrengingen (grondslagen) | 233 |
| 21 | Uitwendige cilindrische tandwielen | 238 |
| 22 | Kegeltandwielen en kegeltandwieloverbrengingen | 258 |
| 23 | Schroefwiel- en wormoverbrengingen | 271 |

Voorwoord

Deze vertaling van de 10e druk van *Roloff/Matek Maschinenelemente Formelsammlung* maakt deel uit van de succesvolle Nederlandse methode *Roloff/Matek Machineonderdelen* en is te gebruiken met de vierde en de vijfde druk van het theorieboek.

In dit *Formuleboek* zijn alle belangrijke grootheden zoals die in het theorieboek worden behandeld overzichtelijk gerangschikt naar hun symbolen en eenheden, en wordt hun betekenis toegelicht. Alle voor de constructiepraktijk relevante formules zijn opgenomen. Bij deze formules zijn toelichtingen en – indien van toepassing – technische tekeningen opgenomen die de onderlinge relaties van de grootheden duidelijk illustreren.

Door deze opzet is dit *Formuleboek* heel overzichtelijk ingedeeld en is het een waardevol hulpmiddel voor educatieve doeleinden en voor gebruikers in de praktijk. Immers, zowel in het onderwijs als in de praktijk zijn slim ingedeelde formuleboeken onontbeerlijk bij het construeren en dimensioneren van een apparaat of een onderdeel.

Elk hoofdstuk bevat een selectie van de belangrijkste DIN-normen. Van vele van deze Duitse normen bestaan Nederlandse equivalenten. Wij adviseren u daarom dat u zich bij het ontwerpen van constructies baseert op de meest recente stand van zaken op het gebied van normering (NEN EN, NEN, ISO, DIN), technische voorschriften en fabriekscatalogi.

Den Haag, februari 2011

de Uitgever

1 Algemene grondbeginselen

Technische richtlijnen (selectie)

| Technische richtlijn | | Titel |
|------------------------|-------|---|
| DIN 323-1 | 08.74 | Normzahlen und Normzahlreihen, Hauptwerte, Genauwerte, Rundwerte |
| DIN 323-2 | 11.74 | Normzahlen und Normzahlreihen, Einführung |
| DIN 820-1 | 04.94 | Normungsarbeit, Grundsätze |
| DIN 1301-1 | 10.02 | Einheiten, Einheitennamen, Einheitenzeichen |
| DIN 1304-1 | 03.94 | Formelzeichen, Allgemeine Formelzeichen |
| VDI 2211-1 | 04.80 | Datenverarbeitung in der Konstruktion; Methoden und Hilfsmittel |
| VDI 2211-2 | 03.03 | Informationverarbeitung in der Produktentwicklung; Berechnungen in der Konstruktion |
| VDI 2211-3 | 06.80 | Datenverarbeitung in der Konstruktion: Maschinelle Herstellung von Zeichnungen |
| VDI 2220 | 05.80 | Produktplanung; Ablauf, Begriffe und Organisation |
| VDI 2221 | 05.93 | Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte |
| VDI 2222-1 | 06-97 | Konstruktionsmethodik; Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien |
| VDI 2223 | 01.04 | Methodisches Entwerfen technischer Produkte |
| VDI 2225-1 | 11.97 | Konstruktionsmethodik; Technisch-wirtschaftliches Konstruieren, Vereinfachte Kostenermittlung |
| VDI 2225-2 | 07.98 | -; -; Tabellenwerk |
| VDI 2225-3 | 11.98 | -; -; Technisch-wirtschaftliche Bewertung |
| VDI 2225-4 | 11.97 | -; -; Bemessungslehre |
| VDI 2234 | 01.90 | Wirtschaftliche Grundlagen für den Konstrukteur |
| VDI 2235 | 10.87 | Wirtschaftliche Entscheidungen beim Konstruieren; Methoden und Hilfen |
| VDI 2242-1 | 04.86 | Konstruieren ergonomiegerechter Erzeugnisse; Grundlagen und Vorgehen |
| VDI 2243 | 07.02 | Recyclingorientierte Produktentwicklung |
| VDI 2244 | 05.88 | Konstruieren sicherheitsgerechter Erzeugnisse |
| VDI 2246-1 | 03.01 | Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse; Grundlagen |
| VDI 2246-2 | 03.01 | - -; Anforderungskatalog |
| VDI/VDE 2424-1, -2, -3 | 05.86 | Industrial design; Grundlagen, Begriffe, Wirkungsweisen; Darstellung an Beispielen; Der Industrial-Design-Prozess |

2 Toleranties, passingen en oppervlaktegesteldheid

| Symbol | Dimensie | Omschrijving |
|--------------------------|---------------|--|
| c | 1 | factor voor het in rekening brengen van de functionele belasting |
| D_{\min}, D_{\max} | mm | minimale resp. maximale nominale maat |
| EI, ES | μm | onderste resp. bovenste grensmaatafwijking voor boringen |
| ei, es | μm | onderste resp. bovenste grensmaatafwijking voor assen |
| G | mm | grensmaat, algemeen |
| G_G, G_K | mm | grootste grensmaat, kleinste grensmaat |
| i, I | μm | tolerantie-eenheid (tolerantiefactor) |
| I_B, I_A | mm | werkelijke maat van de boring resp. de as |
| N | mm | nominale maat |
| P | μm | passing, algemeen |
| P_p, P_n | μm | losse passing, vaste passing |
| P_T | μm | passingstolerantie |
| R_Z | μm | gemiddelde ruwheidshoogte |
| S | μm | speling, algemeen |
| S_p, S_n | μm | positieve speling, negatieve speling |
| $S_{p \max}, S_{p \min}$ | μm | maximale positieve speling, minimale positieve speling |
| $S_{n \max}, S_{n \min}$ | μm | maximale negatieve speling, minimale negatieve speling |
| T | μm | maattolerantie |
| T_B, T_A | μm | maattolerantie van de boring resp. de as |
| $z_1 \dots z_5$ | μm | afzonderlijke ruwheden |

| Nr. | Formule | Toelichting | | | | |
|---------------|---|---|--------|--------|---------------|----|
| 1 | <p><i>Grootste grensmaat</i> Boring: $G_{GB} = N + ES$ As : $G_{GA} = N + es$</p> | | | | | |
| 2 | <p><i>Kleinste grensmaat</i> Boring: $G_{KB} = N + EI$ As: $G_{KA} = N + ei$</p> | | | | | |
| 3 | <p><i>Maattolerantie</i> Algemeen: $T = G_G - G_K$ Boring: $T_B = G_{GB} - G_{KB} = ES - EI$ As : $T_A = G_{GA} - G_{KA} = es - ei$</p> | <p>Vormtoleranties zie tabel 2-7. Plaattoleranties zie tabel 2-8. D meetkundig gemiddelde voor de betreffende nominale maatgroep $D = \sqrt[3]{D_{\min} \cdot D_{\max}}$ Standaardtolerantie IT uit tabel 2-1.</p> | | | | |
| 4 | <p><i>Tolerantiefactor</i> ter bepaling van de standaardtolerantie $0 < N \leq 500$: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$ $500 < N \leq 3150$: $I = 0,004 \cdot D + 2,1$</p> | <p>Standaardtolerantie IT uit tabel 2-1.</p> <table border="1" data-bbox="785 728 914 782"> <thead> <tr> <th>i, I</th> <th>D, N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>μm</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> | i, I | D, N | μm | mm |
| i, I | D, N | | | | | |
| μm | mm | | | | | |
| 5 | <p><i>Passing</i> Algemeen: $P = I_B - I_A$ Maximale passing: $P_{\max} = G_{GB} - G_{KA} = ES - ei$ Minimale passing: $P_{\min} = G_{KB} - G_{GA} = EI - es$</p> | | | | | |
| 6 | <p><i>Passingstolerantie</i> $P_T = P_{\max} - P_{\min} = (G_{GB} - G_{KA}) - (G_{KB} - G_{GA})$ $P_T = T_B + T_A = (ES - EI) + (es - ei)$</p> | | | | | |
| 7 | <p><i>Positieve speling</i> (indien $P_{\max} > 0$ en $P_{\min} \geq 0$) Algemeen: $S_p = G_B - G_A \geq 0$ Maximaal positieve speling: $S_{p \max} = G_{GB} - G_{KA} = ES - ei > 0$ Minimaal positieve speling: $S_{p \min} = G_{KB} - G_{GA} = EI - es \geq 0$ <i>Negatieve speling</i> (indien $P_{\max} < 0$ en $P_{\min} < 0$) Algemeen: $S_n = G_B - G_A < 0$ Maximaal negatieve speling: $S_{n \max} = G_{KB} - G_{GA} = EI - es < 0$ Minimaal negatieve speling: $S_{n \min} = G_{GB} - G_{KA} = ES - ei < 0$</p> | | | | | |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|-----|--|---|
| 8 | Zinvolle gemiddelde ruwheidshoogte $R_z \leq c \cdot T$ | $c \approx 0,5$ wanneer er geen bijzondere eisen gesteld worden, $c \approx 0,25$ bij geringe eisen, $c \approx 0,1$ bij hoge en $c \approx 0,05$ als er zeer hoge eisen gesteld worden aan de functie. Ruwheidswaarde niet groter kiezen dan $T/2$, met T volgens nr.3. Bereikbare ruwheidshoogte R_z en gemiddelde ruwheidswaarde R_a volgens tabellen 2-11 en 2-12. |

Technische richtlijnen (selectie)

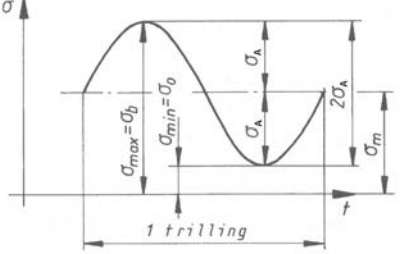
| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|------------------------|---|
| DIN 406-12 | 12.92 | Technische Zeichnungen; Maßeintragung; Eintragung von Toleranzen für Längen- und Winkelmaße. |
| DIN 4760 | 06.82 | Gestaltabweichungen; Begriffe, Ordnungssystem |
| DIN 4764 | 06.82 | Oberflächen an Teilen für Maschinenbau und Feinwerktechnik; Begriffe nach der Beanspruchung |
| DIN 7154-1, -2 | 08.66 | ISO-Passungen für Einheitsbohrung |
| DIN 7155-1, -2 | 08.66 | ISO-Passungen für Einheitswelle |
| DIN 7157 | 01.66 | Passungsauswahl; Toleranzfelder, Abmaße, Paßtoleranzen |
| DIN 7167 | 01.87 | Zusammenhang zwischen Maß-, Form- und Parallelitätstoleranzen, Hüllbedingung ohne Zeichnungseintragung |
| DIN 7168 | 04.91 | Allgemeintoleranzen, Längen- und Winkelmaße, Form und Lage; nicht für Neukonstruktionen |
| DIN 7172 | 04.91 | Toleranzen und Grenzabmaße für Längenmaße über 3150 bis 10 000 mm, Grundlagen, Grundtoleranzen, Grenzabmaße |
| DIN 7178-1 ... 5 | 12.74 08.86 2.76 | Kegeltoleranz- und Kegelpasssystem für Kegel von Verjüngung $C = 1:3$ bis $1:500$ und Längen von 6 bis 630 mm; Kegeltoleranzsystem, Kegelpasssystem, Auswirkung der Abweichungen, axiale Verschiebemaße und Benennungen |
| DIN 30630 | 03.08 | Technische Zeichnungen; Allgemeintoleranzen in mechanischer Technik; Toleranzregeln und Übersicht |
| DIN EN ISO 1101 | 08.08 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Geometrische Tolerierung; Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf |
| DIN EN ISO 1302 | 06.02 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in der technischen Produktdokumentation |
| DIN EN ISO 3274 | 08.08 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Oberflächenbeschaffenheit, Tastschnittverfahren; Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten |

| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|-------|--|
| DIN EN ISO 4288 | 04.98 | –; –; –; Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit |
| DIN EN ISO 5458 | 02.99 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Form- und Lagetolerierung, Positionstolerierung |
| DIN EN ISO 11562 | 09.98 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Oberflächenbeschaffenheit, Tastschnittverfahren; Messtechnische Eigenschaften von phasenkorrekten Filtern |
| DIN EN ISO 13565-1 | 04.98 | –; –; –; Oberflächen mit plateauartigen funktionsrelevanten Eigenschaften; Filterung und allgemeine Messbedingungen |
| DIN EN ISO 13565-2 | 04.98 | –; –; –; Beschreibung der Höhe mittels linearer Darstellung der Materialanteilkurve |
| DIN EN ISO 13565-3 | 08.00 | –; –; –; Beschreibung der Höhe von Oberflächen mit der Wahrscheinlichkeitsdichtekurve |
| DIN EN ISO 14660-1 | 11.99 | Geometrische Produktspezifikation (GPS); Geometrielemente; Grundbegriffe und Definitionen |
| DIN EN ISO 14660-2 | 11.99 | –; –; Erfasste mittlere Linie eines Zylinders und eines Kegels, erfasste mittlere Fläche, örtliches Maß eines erfassten Geometrielementes |
| DIN ISO 286-1 | 11-90 | ISO-System für Grezmaße und Passungen; Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen |
| DIN ISO 286-2 | 11-90 | –; Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen |
| DIN ISO 2768-1 | 06.91 | Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung |
| DIN ISO 2768-2 | 04.91 | –; Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung |
| DIN ISO 5459 | 01.82 | Technische Zeichnungen; Form- und Lagetolerierung, Bezüge und Bezugssysteme für geometrische Toleranzen |
| DIN ISO 8015 | 06.86 | Technische Zeichnungen; Tolerierungsgrundsatz |
| VDI/VDE 2601 | 10.91 | Anforderungen an die Oberflächengestalt zur Sicherung der Funktionstauglichkeit spanend hergestellter Flächen; Zusammenstellung der Kenngrößen |
| VDI/VDE 2602 | 09.83 | Rauheitsmessung mit elektrischen Tastschnittgeräten |

3 Sterkte en toelaatbare spanning

| Symbol | Dimensie | Omschrijving |
|--------------------------------------|------------------------|---|
| a_M | mm^2/N | factor voor de berekening van de middelspanningsgevoeligheid |
| b_M | 1 | factor voor de berekening van de middelspanningsgevoeligheid |
| F_{eq} | N | equivalente kracht |
| f_σ, f_τ | 1 | factoren voor de berekening van de materiaalsterkte (trek/druksterkte resp. afschuifsterkte) |
| f_{W_σ}, f_{W_τ} | 1 | factoren voor de berekening van de materiaalsterkte (bij wisselende belasting) |
| G' | mm^{-1} | relatieve spanningsgradiënt |
| K_A | 1 | bedrijfsfactor |
| K_B | 1 | statische constructiefactor |
| K_g | 1 | geometrische groottefactor |
| K_{O_σ}, K_{O_τ} | 1 | oppervlaktecoëfficiënten |
| K_t | 1 | technologische groottefactor voor treksterkte resp. rekgrens |
| K_V | 1 | oppervlakteverstevigingsfactor |
| $K_\alpha, K_{\alpha, \text{proef}}$ | 1 | van de vorm afhankelijke groottefactor van het onderdeel resp. de proefstaaf (geldt voor d_{proef}) |
| K_D | 1 | dynamische constructiefactor |
| n | 1 | ondersteunfactor van het gekerfde onderdeel |
| n_0 | 1 | ondersteunfactor van het ongekerfde onderdeel |
| n_{pl} | 1 | plastische steunfactor |
| R_e | N/mm^2 | rekgrens, vloeigrens van het onderdeel (omgerekend naar de grootte ervan) |
| R_m | N/mm^2 | treksterkte, trekvastheid van het onderdeel (omgerekend naar de grootte ervan) |
| R_{mN} | N/mm^2 | treksterkte voor normaaldiameter (normwaarde) |
| $R_{p0,2}, R_p$ | N/mm^2 | 0,2% rekgrens, rekgrens van het onderdeel (omgerekend naar de grootte ervan) |
| R_{pN} | N/mm^2 | rekgrens voor normaaldiameter (normwaarde) |
| R_z | μm | gemiddelde ruwheidshoogte |
| S | 1 | veiligheid |
| S_B | 1 | (statische) veiligheid tegen breuk |
| S_D | 1 | (dynamische) veiligheid tegen vermoeingsbreuk |
| S_V | 1 | (statische) veiligheid ten opzichte van vloeien |
| S_{eis} | 1 | vereiste veiligheid |
| T_{eq} | Nm | equivalent torsiemoment |
| α_0 | 1 | belastingsverhouding |

| Symbol | Dimensie | Omschrijving |
|--|-------------------|---|
| α_{pl} | 1 | plastische vormfactor van het ongekerfde onderdeel |
| α_k | 1 | kerfvormfactor |
| $\beta_k, \beta_{k\text{ proef}}$ | 1 | dynamische kerffactor, experimenteel bepaalde kerffactor (geldt voor d_{proef}) |
| κ | 1 | spanningsverhouding |
| σ, τ | N/mm ² | normaalspanning (trek, druk, en buiging) resp. schuifspanning (afschuiving, torsie) |
| σ_A, τ_A | N/mm ² | spanningsamplitude |
| σ_b | N/mm ² | buigspanning |
| σ_B, τ_B | N/mm ² | sterkte van het onderdeel tegen breuk |
| σ_{bv}, τ_{bv} | N/mm ² | buigvloei grens, torsievloei grens |
| σ_D, τ_D | N/mm ² | vermoeiingssterkte |
| σ_V, τ_V | N/mm ² | sterkte van het onderdeel tegen vloeien |
| σ_{GA}, τ_{GA} | N/mm ² | geometrische amplitudesterkte |
| σ_{GW}, τ_{GW} | N/mm ² | geometrische wisselsterkte |
| σ_m, τ_m | N/mm ² | gemiddelde spanning |
| $\sigma_{m\text{ verg}}, \tau_{m\text{ verg}}$ | N/mm ² | vergelijkmiddelspanning |
| σ_0, τ_0 | N/mm ² | onderste spanning |
| σ_{res}, τ_{res} | N/mm ² | resulterende spanning |
| σ_{Zw}, τ_{Zw} | N/mm ² | zwellsterkte |
| σ_b, τ_b | N/mm ² | bovenste spanning |
| $\sigma_V (\sigma_{\text{verg}})$ | N/mm ² | vergelijkspanning |
| σ_W, τ_W | N/mm ² | wisselsterkte van het onderdeel (omgerekend naar de grootte ervan) |
| σ_{WN}, τ_{WN} | N/mm ² | wisselsterkte voor normaalafmetingen (normwaarde) |
| σ_t, σ_d | N/mm ² | trek- resp. drukspanning |
| $\bar{\sigma}, \bar{\tau}$ | N/mm ² | toelaatbare spanning |
| τ_s | N/mm ² | schuifspanning |
| τ_t | N/mm ² | torsiespanning |
| φ | 1 | factor bij de berekening van de belastingsverhouding |
| Ψ_σ, Ψ_τ | 1 | middelspanningsgevoeligheid |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|--|--|---|
| Spanningen in het onderdeel en andere krachten/momenten | | |
| 1 | Resulterende spanning (in een richting werkend) - uit normaalspanningen $\sigma_{\text{res}} = \sigma_{\text{td}} + \sigma_{\text{b}}$ - uit tangentialspanningen $\tau_{\text{res}} = \tau_{\text{s}} + \tau_{\text{t}}$ | σ en τ bepalen volgens de wetten van de technische mechanica trek: $\sigma_{\text{t}} = F/A$, buiging: $\sigma_{\text{b}} = M/W$ afschuiving: $\tau_{\text{s}} = F_{\text{s}}/A$ torsie: $\tau_{\text{t}} = T/W_{\text{p}}$ |
| 2 | Vergelijksspanning volgens de hypothese van - de vormveranderingsenergie (VEH) $\sigma_{\text{v}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$ - de schuifspanningshypothese (SH) $\sigma_{\text{v}} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$ - de normaalspanningshypothese (NH) $\sigma_{\text{v}} = 0,5 \cdot \left(\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \right)$ Vergelijksspanning bij inachtnaeme van de verschillende soorten belasting - volgens de VEH $\sigma_{\text{v}} = \sqrt{\sigma_{\text{b}}^2 + 3 \cdot \left(\frac{\bar{\sigma}}{\varphi \cdot \bar{\tau}} \cdot \tau_{\text{t}} \right)^2}$ $\sigma_{\text{v}} = \sqrt{\sigma_{\text{b}}^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau_{\text{t}})^2}$ - volgens de NH $\sigma_{\text{v}} = 0,5 \cdot \left(\sigma_{\text{b}} + \sqrt{\sigma_{\text{b}}^2 + 4 \cdot \left(\frac{\bar{\sigma}}{\varphi \cdot \bar{\tau}} \cdot \tau_{\text{t}} \right)^2} \right)$ $\sigma_{\text{v}} = 0,5 \cdot \left(\sigma_{\text{b}} + \sqrt{\sigma_{\text{b}}^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau_{\text{t}})^2} \right)$ | $\varphi = 1,75$ bij VEH $\varphi = 1,0$ bij NH $\alpha_0 \approx 0,7$ bij buiging, wisselend werkend en torsie, rustend (zwellend) $\alpha_0 \approx 1,0$ bij buiging, wisselend en torsie, wisselend $\alpha_0 \approx 1,5$ bij buiging, rustend (zwellend) en torsie, wisselend |
| 3 | Kengetallen voor een trilling - spanningsamplitude $\sigma_{\text{A}} = \sigma_{\text{b}} - \sigma_{\text{m}}$ of $\sigma_{\text{A}} = (\sigma_{\text{b}} - \sigma_{\text{o}})/2$ - gemiddelde spanning $\sigma_{\text{m}} = (\sigma_{\text{b}} + \sigma_{\text{o}})/2$ - spanningsverhouding $\kappa = \sigma_{\text{o}}/\sigma_{\text{b}}$ |  <p>Voor τ-spanningen geldt een analogie. Afzonderlijke spanningen bepalen volgens de wetten van de technische mechanica.</p> $\sigma_{\text{o}} = F_{\text{o}}/A, \quad \sigma_{\text{m}} = M_{\text{o}}/W$ $\sigma_{\text{m}} = F_{\text{m}}/A, \quad \sigma_{\text{m}} = M_{\text{m}}/W$ |

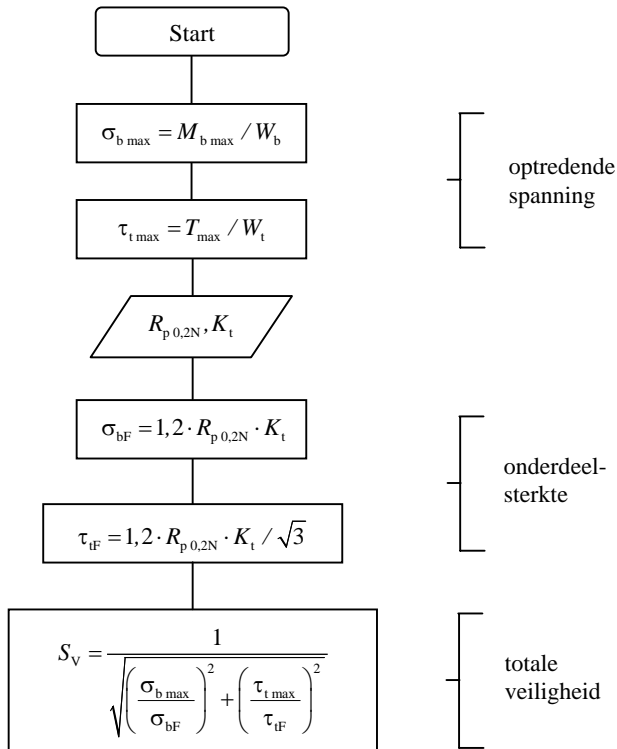
| Nr. | Formule | Toelichting |
|--------------------------|--|--|
| 4 | Kracht/moment bij dynamische belasting $F_{eq} = K_A \cdot F_{nom}$ $T_{eq} = K_A \cdot T_{nom}$ | Bij statische belasting de maximaal optredende kracht F_{max} resp. het maximaal optredende torsiemoment T_{max} gebruiken voor F_{eq} resp. T_{eq} . Bij dynamische belasting zijn de uitslagspanningen nodig, die met de uitslagwaarden voor de kracht F_{ueq} resp. het moment T_{ueq} berekend worden. Vaak optredende belastingsgevallen zijn - wisselende nominale belasting ($\kappa = -1$): $F_{ueq} = F_{eq}, T_{ueq} = T_{eq}$ - zwellende nominale belasting ($\kappa = 0$): $F_{ueq} = F_{eq}/2, T_{ueq} = T_{eq}/2$ - statische nominale belasting ($\kappa = 1$): $F_{ueq} = F_{eq} - F_{nom} = (K_A - 1) \cdot F_{nom}$ $T_{ueq} = T_{eq} - T_{nom} = (K_A - 1) \cdot T_{nom}$ |
| Sterkte | | |
| 5 | Treksterkte van het onderdeel $R_m = K_t \cdot R_{mN}$ | K_t uit tabel 3-11a resp. 3-11b R_{mN} en R_{pN} uit tabellen 1-1 en 1-2. K_t verschilt voor treksterkte en rekgrens bij constructie- en gietstaal. |
| 6 | Rekgrens van het onderdeel $R_p = K_t \cdot R_{pN}$ | |
| 7 | Wisselsterkte van het onderdeel $\sigma_{idW} \approx f_{W\sigma} \cdot K_t \cdot R_{mN}$ $\sigma_{bW} = K_t \cdot \sigma_{bWN} \text{ resp.}$ $\sigma_{bW} = K_t \cdot n_0 \cdot \sigma_{idWN}$ $\tau_{sW} \approx f_{W\tau} \cdot f_{W\sigma} \cdot K_t \cdot R_{mN}$ $\tau_{tW} = K_t \cdot \tau_{tWN} \text{ resp.}$ $\tau_{tW} = K_t \cdot n_0 \cdot \tau_{sWN}$ | $R_{mN}, \sigma_{idWN}, \sigma_{bWN}, \tau_{tWN}$ uit tabel 1-1. K_t uit tabel 3-11a resp. 3-11b Voor de omrekening van de wisselsterkte moet K_t voor de treksterkte gebruikt worden. $n_0 \square n$ uit tabel 3-7 voor omgekeerde proefstaaf. $f_{W\tau}, f_{W\sigma}$ uit tabel 3-2a. |
| Constructiefactor | | |
| 8 | Statische belasting $K_B = 1/n_{pl}$ | n_{pl} , zie nr. 10 |
| 9 | Dynamische belasting $K_\sigma = \left(\frac{\beta_{k\sigma}}{K_g} + \frac{1}{K_{O\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V}$ $K_\tau = \left(\frac{\beta_{k\tau}}{K_g} + \frac{1}{K_{O\tau}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V}$ | $\beta_{k\sigma}, \beta_{k\tau}$ volgens nr. 11 of nr. 12 K_g uit tabel 3-11c $K_{O\sigma}, K_{O\tau}$ uit tabel 3-10 K_V uit tabel 3-12 Zie ook stroomschema A3-3. |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|--|--|---|
| 10 | Plastische steunfactor $n_{pl} = \frac{\sqrt{\frac{E \cdot \varepsilon_{schijnbaar}}{R_p}}}{\alpha_k} \leq \alpha_p \text{ resp.}$ $n_{pl} = \sqrt{\frac{R_{pmax}}{R_p}} \leq \alpha_p$ | E uit tabellen 1-2 en 1-3. voor staal: $E \approx 210\,000 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{schijnbaar} = 5\%$ voor staal en gietstaal $\varepsilon_{schijnbaar} = 2\%$ voor EN-GJS en EN-GJM R_p uit nr. 6 $R_{pmax} = 1050 \text{ N/mm}^2$ voor staal en gietstaal $R_{pmax} = 320 \text{ N/mm}^2$ voor EN-GJS α_k uit tabel 3-6 α_p uit tabel 3-2b n uit tabel 3-7 |
| 11 | Kerffactor $\beta_k = \sigma_w / \sigma_{wk}$ - berekend vanuit de kerfvormfactor $\beta_k = \frac{\alpha_k}{n}$ | β_k uit tabel 3-9 $K_{\alpha\text{proef}}, K_{\alpha}$ uit tabel 3-11d |
| 12 | - experimenteel bepaalde waarde β_k $\beta_k = \beta_{k\text{proef}} \cdot \frac{K_{\alpha\text{proef}}}{K_{\alpha}}$ | |
| 13 | Gezamenlijke kerffactor bij meerdere kerven in één doorsnede $\beta_k \leq 1 + (\beta_{k1} - 1) + (\beta_{k2} - 1)$ | β_{k1}, β_{k2} uit $\beta_k = \alpha_k / n$ of $\beta_k = \beta_{k\text{proef}} \cdot K_{\alpha\text{proef}} / K_{\alpha}$ Kerven beïnvloeden elkaar indien de onderlinge afstand kleiner is dan $2r$, waarbij r de grootste van beide kerfstralen is. |
| Statische onderdeelsterkte | | |
| 14 | tegen vloeien $\sigma_v = f_{\sigma} \cdot R_p / K_B$ $\tau_v = f_{\tau} \cdot R_p / K_B$ | f_{σ}, f_{τ} uit tabel 3-2a R_p uit nr. 6 K_B uit nr. 8 |
| 15 | tegen breuk $\sigma_B = f_{\sigma} \cdot R_m / K_B$ $\tau_B = f_{\tau} \cdot R_m / K_B$ | R_m uit nr. 5 |
| 16 | eenvoudige controle - trek/druk $\sigma_v = R_p$ - buiging $\sigma_v = \sigma_{bv}$ - torsie $\tau_v = \tau_{tv}$ | $\sigma_{bv} \approx 1,2R_p$ voor taaie ronde staven $\tau_{tv} \approx 1,2R_p / \sqrt{3}$ |
| Geometrische sterkte (dynamische sterkte van het onderdeel) | | |
| 17 | Geometrische wisselsterkte $\sigma_{bGW} = \sigma_{bw} / K_{Db}$ $\tau_{tGW} = \tau_{tw} / K_{Dt}$ | σ_w, τ_w uit nr. 7 K_{σ}, K_{τ} uit nr. 9 Bij trek/druk de index b door td , bij schuiven t door s vervangen |

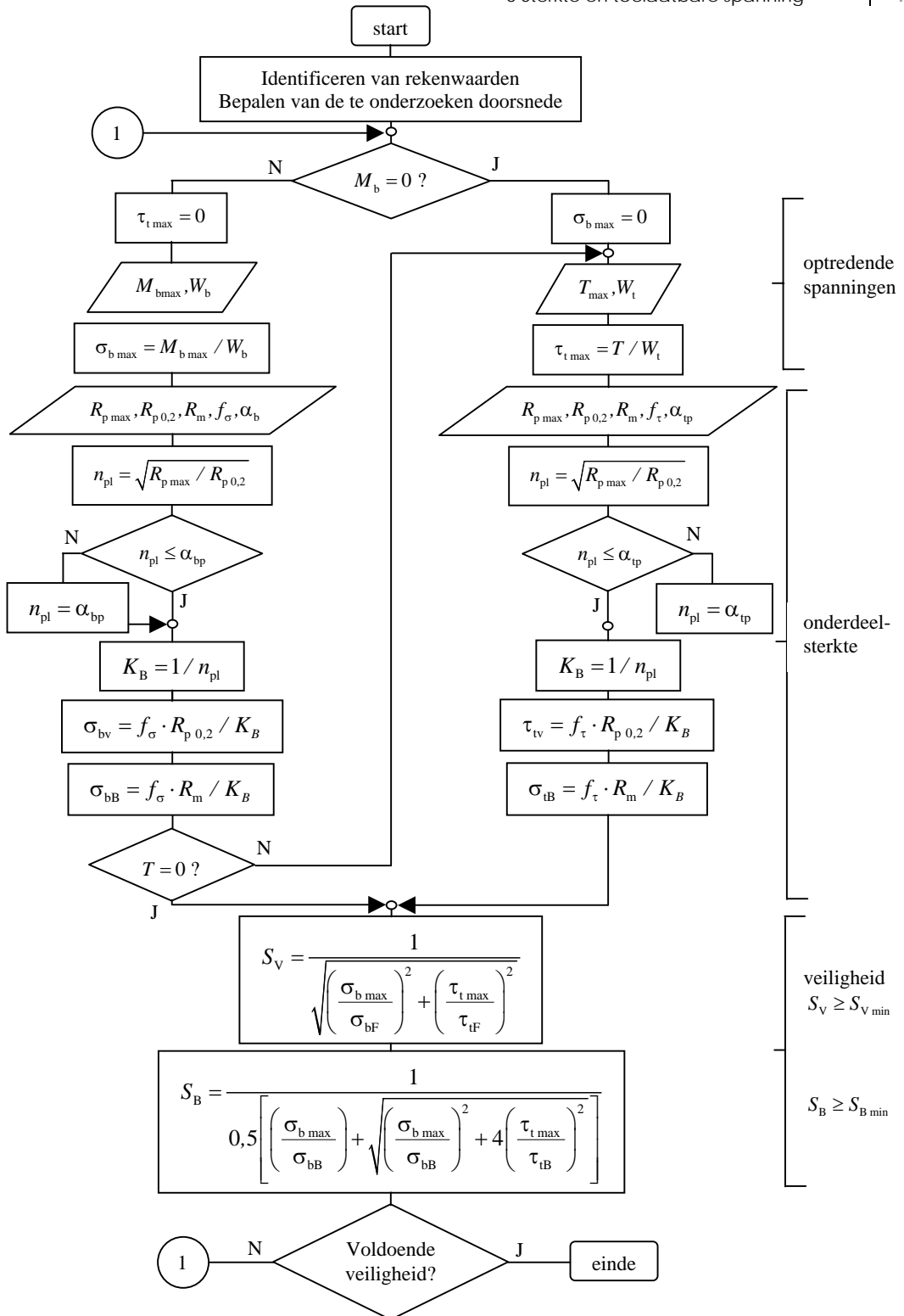
| Nr. | Formule | Toelichting |
|--------------------|---|--|
| 18 | Geometrische amplitudesterkte - overbelastingsgeval 1 ($\sigma_m = \text{constant}$) $\sigma_{GA} = \sigma_{GW} - \Psi_\sigma \cdot \sigma_{m \text{ verg}}$ $\tau_{GA} = \tau_{GW} - \Psi_\tau \cdot \tau_{m \text{ verg}}$ | σ_{GW}, τ_{GW} uit nr. 17 Ψ_σ, Ψ_τ uit nr. 21 $\sigma_{m \text{ verg}}, \tau_{m \text{ verg}}$ uit nr. 22 |
| 19 | - overbelastingsgeval 2 ($K = \text{constant}$) $\sigma_{GA} = \frac{\sigma_{GW}}{1 + \Psi_\sigma \cdot \sigma_{m \text{ verg}} / \sigma_a}$ $\tau_{GA} = \frac{\tau_{GW}}{1 + \Psi_\tau \cdot \tau_{m \text{ verg}} / \tau_a}$ | σ_a, τ_a bepalen volgens de wetten van de technische mechanica met F_{eq} resp. T_{eq} . |
| 20 | - overbelastingsgeval 3 ($\sigma_o = \text{constant}$) $\sigma_{GA} = \frac{\sigma_{GW} - \Psi_\sigma \cdot (\sigma_{m \text{ verg}} - \sigma_a)}{1 + \Psi_\sigma}$ $\tau_{GA} = \frac{\tau_{GW} - \Psi_\tau \cdot (\tau_{m \text{ verg}} - \tau_a)}{1 + \Psi_\tau}$ | |
| 21 | Middelspanningsgevoeligheid $\Psi_\sigma = a_M \cdot R_m + b_M$ $\Psi_\tau = f_\tau \cdot \Psi_\sigma$ | a_M, b_M uit tabel 3-13 R_m uit nr. 5 f_τ uit tabel 3-2a |
| 22 | Vergelijkmiddelspanning - hypothese van de vormveranderingsenergie (VEH) $\sigma_{m \text{ verg}} = \sqrt{(\sigma_{tdm} + \sigma_{bm})^2 + 3 \cdot \tau_{tm}^2}$ $\tau_{m \text{ verg}} = f_\tau \cdot \sigma_{m \text{ verg}}$ | $\sigma_{tdm}, \sigma_{bm}, \tau_{tm}$ bepalen volgens de wetten van de technische mechanica met F_{eq} resp. T_{eq} . |
| 23 | - normaalspanningshypothese (NH) $\sigma_{m \text{ verg}} = 0,5 \cdot \left[(\sigma_{tdm} + \sigma_{bm}) + \sqrt{(\sigma_{tdm} + \sigma_{bm})^2 + 4 \cdot \tau_{tm}^2} \right]$ $\tau_{m \text{ verg}} = f_\tau \cdot \sigma_{m \text{ verg}}$ | f_τ uit tabel 3-2a |
| Veiligheden | | |
| 24 | Bezwijkgrenscurve - hypothese van de vormveranderingsenergie (VEH) $\left(\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bW}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{ba}}{\tau_{tW}} \right)^2 \leq 1$ - normaalspanningshypothese (NH) $\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bW}} + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tW}} \right)^2 \leq 1$ | σ_{ba}, τ_{ta} bepalen volgens de wetten van de technische mechanica met F_{eq} resp. T_{eq} . σ_{bW}, τ_{tW} uit nr. 7 |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|-------------------------------------|---|---|
| Praktische sterkteberekening | | |
| 25 | Globale berekeningen - statisch belaste onderdelen $\sigma_t \leq \bar{\sigma}_t = R_{eN} / S_{v \min}$ $\sigma_t \leq \bar{\sigma}_t = R_{mN} / S_{B \min}$ - dynamisch belaste onderdelen $\sigma \leq \bar{\sigma} = \sigma_D / S_{D \min}$ $\tau \leq \bar{\tau} = \tau_D / S_{D \min}$ | R_{eN}, R_{mN} uit tabel 1-1 tot 1-2. $S_{v \min} = 1, 2 \dots 1, 8$ $S_{B \min} = 1, 5 \dots 3$ σ_D, τ_D naargelang het soort belasting, wisselend $\sigma_D = \sigma_w$ of zwellend $\sigma_D = \sigma_{Zw}$ (analoog voor τ) volgens tabel 1-1 tot 1-2. $S_{D \min} = 3 \dots 4$ |
| 26 | Controle van de statische sterkte - bezwijken door vloeien (taai materialen) $S_V = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{t \max}}{R_p} + \frac{\sigma_{b \max}}{\sigma_{bv}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{t \max}}{\tau_{tv}}\right)^2}}$ $\geq S_{V \min}$ | $\sigma_{t \max}, \sigma_{b \max}, \tau_{t \max}$ bepalen volgens de wetten van de technische mechanica met F_{\max} resp. T_{\max} . R_p volgens nr. 6 σ_{bv}, τ_{tv} volgens nr. 14 of 16 $S_{V \min}$ volgens tabel 3-14 Vereenvoudigde controle volgens stroomschema A 3-1. Nauwkeurige controle volgens stroomschema A 3-2. |
| 27 | - bezwijken door breuk (brosse materialen) $S_B = \frac{1}{0,5 \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{\sigma_{td \max}}{R_m} + \frac{\sigma_{b \max}}{\sigma_{bB}}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{t \max}}{R_m} + \frac{\sigma_{b \max}}{\sigma_{bB}}\right)^2} + 4 \cdot \left(\frac{\tau_{t \max}}{\tau_{tB}}\right)^2 \right]}$ $\geq S_{B \min}$ | $R_m, \sigma_{bB}, \tau_{tB}$ bepalen volgens nr. 15 met voor α_k in nr. 10 α_{kt} resp. α_{kb} $S_{B \min}$ volgens tabel 3-14, zie ook stroomschema A 3-2. |
| 28 | Controle van de dynamische sterkte - taai materialen $S_D = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{ta}}{\sigma_{tGA}} + \frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bGA}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tGA}}\right)^2}}$ $\geq S_{D \min}$ | $\sigma_{ta}, \sigma_{ba}, \tau_{ta}$ bepalen volgens de wetten van de technische mechanica met F_{eq} resp. T_{eq} . σ_{GA}, τ_{GA} volgens nr. 18, 19 of 20. $S_{D \min}$ volgens tabel 3-14, zie ook stroomschema A 3-4. |

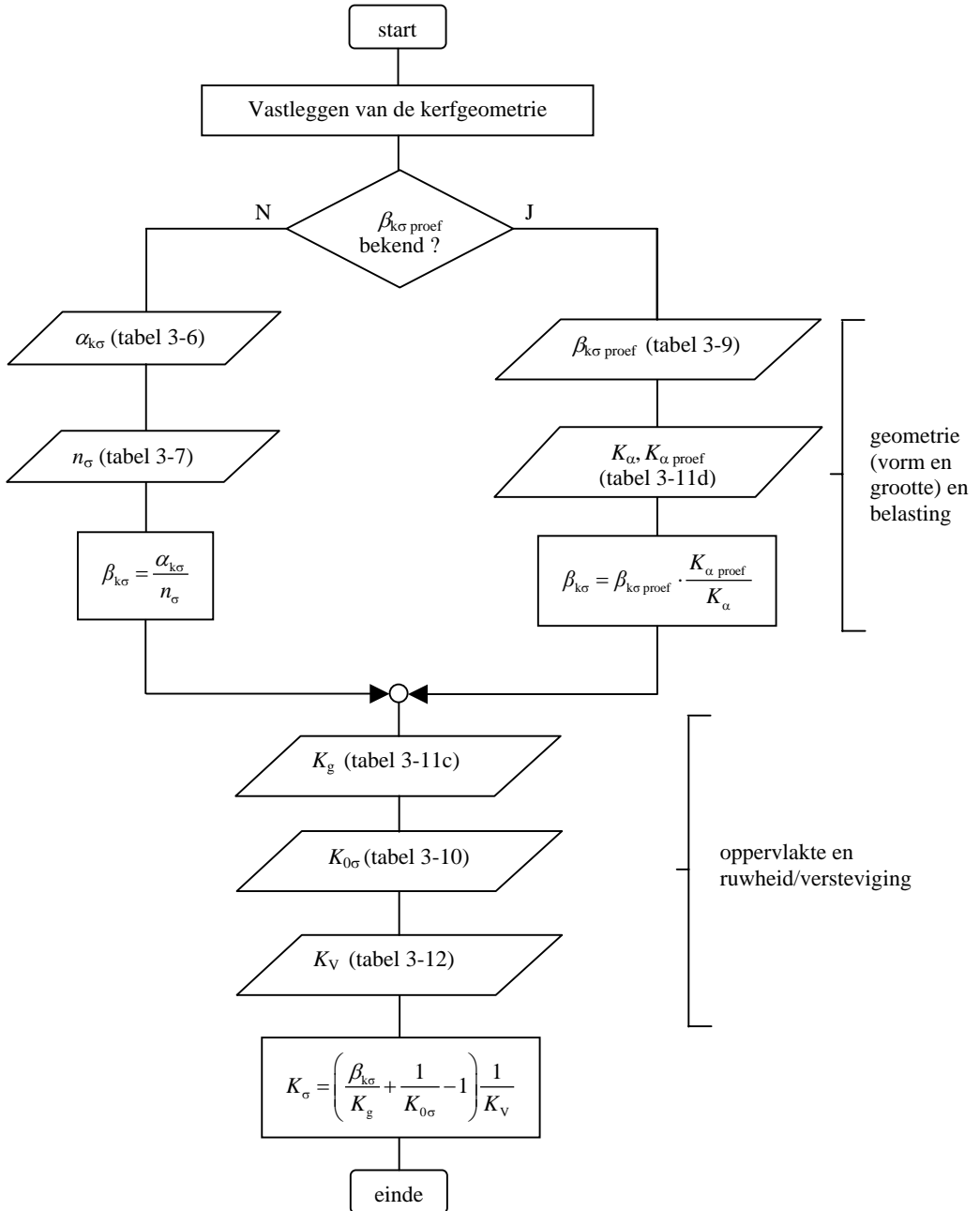
| Nr. | Formule | Toelichting |
|-----|--|-------------|
| 29 | <p data-bbox="338 232 521 256">- brosse materialen</p> $S_D = \frac{1}{0,5 \cdot \left[\left(\frac{\sigma_{ta} + \sigma_{ba}}{\sigma_{tGA} + \sigma_{bGA}} \right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ta} + \sigma_{ba}}{\sigma_{tGA} + \sigma_{bGA}} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tGA}} \right)^2} \right]}$ <p data-bbox="338 505 409 529">$\geq S_{D \min}$</p> | |



A 3-1 Vereenvoudigde statische sterktecontrole tegen vloeien (voor taaie ronde staven)

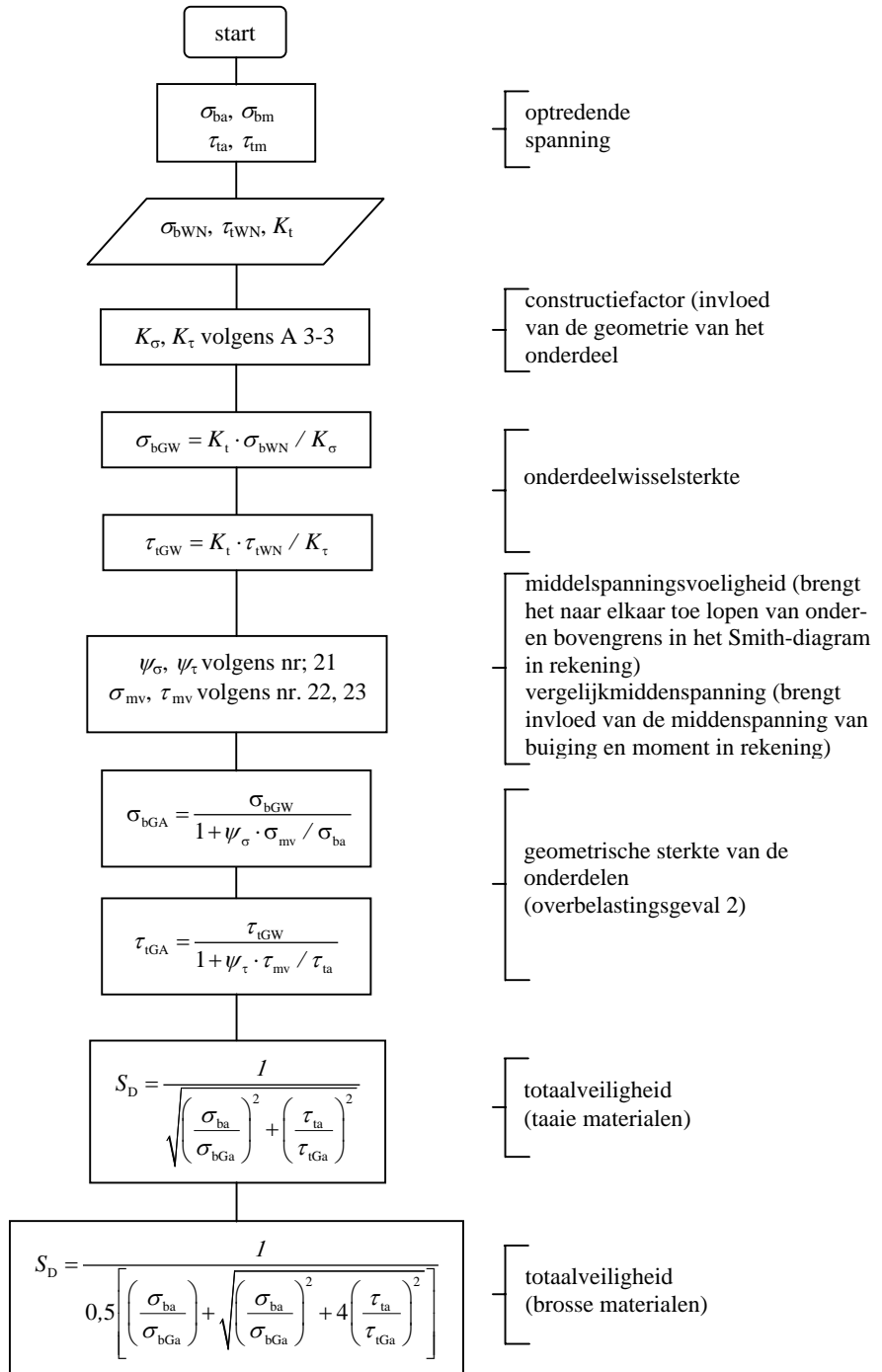


A 3-2 Statische sterktecontrole tegen vloeien (taai materialen) en breuk (brosse materialen)



A 3-3 Bepaling van de constructiefactor $K\sigma$ voor buiging

Bij trek/druk moet de index σ worden vervangen door td . Bij schuiven moet σ door s resp. bij torsie door t worden vervangen, en bij schuiven en torsie $K0\sigma$ door $K0\tau$.



A 3-4 Controle van de vermoeingssterkte voor overbelastingsgeval 2 (buiging en torsie)

Technische richtlijnen (selectie)

| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|-------|---|
| DIN 743-1 | 10.00 | Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen; Einführung, Grundlagen |
| DIN 743-2 | 10.00 | -; Formzahlen und Kerbwirkungszahlen |
| DIN 743-3 | 10.00 | -; Werkstoff- Festigkeitswerte |
| DIN 743 Beiblatt 1 | 10.00 | -; Anwendungsbeispiele |
| DIN 4113-1 | 05.80 | Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung |
| DIN 15018-1 | 11.84 | Krane; Grundsätze für Stahltragwerke; Belastung |
| DIN 50100 | 02.78 | Werkstoffprüfung; Dauerschwingversuch |
| DIN 50113 | 03.82 | Prüfung metallischer Werkstoffe; Umlaufbiegeversuch |
| DIN 50125 | 04.91 | -; Zugproben |
| DVS 2402 | | Festigkeitsverhalten geschweißter Bauteile |
| FKM-Richtlinie 154 | 1998 | Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile |

4 Tribologie

| Symbol | Dimensie | Omschrijving |
|------------------|-----------------|---|
| E | N/mm^2 | gereduceerde elasticiteitsmodulus |
| E_1, E_2 | N/mm^2 | elasticiteitsmoduli van de contactpartners |
| F_N | N | normaalkracht |
| h_{\min} | μm | minimale dikte van de smeefilm |
| l | mm | contactlengte |
| R_a | μm | gemiddelde oppervlakteruwheid van beide contactpartners |
| p_H | N/mm^2 | Hertzse spanning |
| λ | 1 | specifieke smeefilmdikte |
| ν_1, ν_2 | 1 | dwarsuitzettingscoëfficiënten van de contactpartners |
| ρ | mm | gereduceerde krommingsstraal |
| ρ_1, ρ_2 | mm | dynamische bindsterkte bij zwellende belasting |

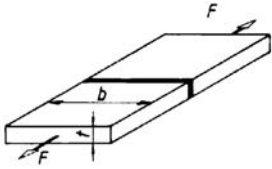
| Nr. | Formule | Toelichting |
|-----|--|--|
| 1 | Hertzse spanning $p_H = \sqrt{\frac{F_N \cdot E}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot l}}$ | Lineair contact |
| 2 | Gereduceerde krommingsstraal $\rho = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{(\rho_1 + \rho_2)}$ | |
| 3 | Gereduceerde elasticiteitsmodulus $E = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{(1 - \nu_1^2) \cdot E_2 + (1 - \nu_2^2) \cdot E_1}$ | |
| 4 | Specifieke smeefilmdikte $\lambda = \frac{h_{\min}}{R_a}$ | $\lambda < 2$: grenswrijving $2 \leq \lambda \leq 3$: gemengde wrijving $\lambda > 3$: vloeistofwrijving |

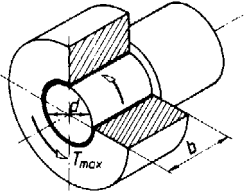
Technische richtlijnen (selectie)

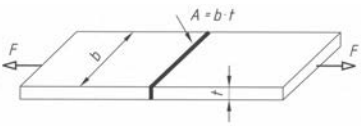
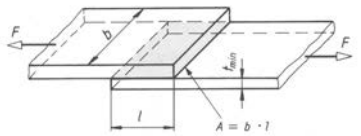
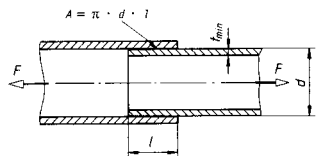
| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|-------|--|
| DIN 31661 | 12.83 | Gleitlager; Begriffe, Merkmale und Ursachen van Veränderungen und Schäden |
| DIN 3979 | 07.79 | Zahnradschäden an Zahnradgetrieben; Bezeichnung, Merkmale, Ursachen |
| DIN 51502 | 08.90 | Schmierstoffe und verwandte Stoffe; Kurzbezeichnung der Schmierstoffe und Kennzeichnung der Schmierstoffbehälter; Schmiergeräte und Schmierstellen |
| DIN 51506 | 09.85 | Schmierstoffe; Schmieröle VB und VC ohne Wirkstoffe und mit Wirkstoffen und Schmieröle VDL; Einteilung und Anforderung |
| DIN 51509-1 | 06.76 | Auswahl van Schmierstoffen für Zahnradgetriebe; Schmieröle |
| DIN 51512 | 05.88 | Schmierstoffe; SAE-Viskositätsklassen für Schmieröle Kraftfahrzeuggetriebe |
| DIN 51515 | 06.01 | Schmierstoffe und Reglerflüssigkeiten für Turbinen; L-DT für normale thermische Beanspruchung |
| DIN 51517-1 | 06.09 | Schmierstoffe; Schmieröle; Schmieröle C; Mindestanforderungen |
| DIN 51517-2 | 06.09 | -; -; Schmieröle CL; Mindestanforderungen |
| DIN 51810-1 | 07.07 | Prüfung van Schmierstoffen; Bestimmung der Scher-Viskosität von Schmierfetten mit dem Rotationsviskosimeter; Messsystem Kegel und Platte |
| DIN 51818 | 12.81 | Schmierstoffe; Konsistenz-einteilung für Schmierfette; NLGI-Klassen |
| DIN 51524-1 | 04.06 | Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HL; Mindestanforderungen |
| DIN 51524-2 | 04.06 | Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HLP; Mindestanforderungen |
| DIN 51524-3 | 04.06 | Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HVLP; Mindestanforderungen |
| DIN 51825 | 04.06 | Schmierstoffe; Schmierfette K; Einteilung und Anforderungen |
| DIN 51826 | 01.05 | Schmierstoffe; Schmierfette G; Einteilung und Anforderungen |
| DIN ISO 2909 | 08.04 | Mineralölerzeugnisse; Berechnung des Viskositätsindex aus der kinematischen Viskosität |

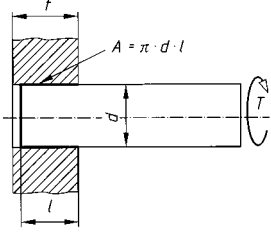
5 Lijm- en soldeerverbindingen

| Symbol | Dimensie | Omschrijving |
|------------------------|-----------------|--|
| A_L | mm^2 | lijmvoegoppervlak |
| A_S | mm^2 | soldeernaadoppervlak |
| b | mm | breedte van de lijm- resp. soldeervoeg |
| d | mm | diameter van de soldeernaadring (bij steekverbindingen) as diameter |
| F | N | over te dragen langskracht |
| F_{eq} | N | equivalente kracht ($K_A \cdot F_{\text{nom}}$) |
| F_s | N | scheurkracht (breukbelasting) bij lijmverbindingen |
| F_{nom} | N | nominale over te dragen kracht |
| K_A | 1 | bedrijfsfactor |
| l | mm | overlappingslengte, insteekdiepte |
| R_m | N/mm^2 | trekvastheid van het basismateriaal |
| $R_{p0,2}$ | N/mm^2 | 0,2%-rekgrens van het basismateriaal |
| S | 1 | veiligheid |
| T_{eq} | Nmm | equivalent torsiemoment ($K_A \cdot T_{\text{nom}}$) |
| T_{nom} | Nmm | nominaal over te dragen torsiemoment |
| t | mm | dikte onderdeel, plaat |
| t_{min} | mm | kleinste dikte onderdeel |
| σ' | N/mm^2 | afschilsterkte bij lijmverbindingen |
| σ'_{abs} | N/mm^2 | absolute afschilsterkte bij lijmverbindingen |
| σ'_{rel} | N/mm^2 | relatieve afschilsterkte bij lijmverbindingen |
| σ_{bW} | N/mm^2 | dynamische buigsterkte bij wisselende belasting |
| σ_L | N/mm^2 | normaalspanning in de lijmnaad |
| σ_{LB} | N/mm^2 | statische bindsterkte (treksterkte) bij lijmverbindingen |
| σ_t | N/mm^2 | normaalspanning in de soldeernaad |
| σ_{tB} | N/mm^2 | treksterkte van de soldeernaad |
| τ_{LB} | N/mm^2 | statische bindsterkte (trek-schuifsterkte) bij lijmverbindingen |
| τ_{LW} | N/mm^2 | dynamische bindsterkte van lijmverbindingen bij wisselende belasting |
| τ_{LZW} | N/mm^2 | dynamische bindsterkte van lijmverbindingen bij zwellende belasting |
| τ_a | N/mm^2 | schuifspanning in de soldeernaad |
| τ_{aB} | N/mm^2 | schuifsterkte van de soldeernaad |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|--|---|--|
| Lijmverbindingen | | |
| <p>Bindsterkte De bindsterkte is de belangrijkste grootte bij het berekenen van lijmverbindingen. Ze wordt bepaald met proefstukken met enkelsnedige overlappingsen en berekend uit de verhouding bij trekken tussen de scheurkracht F_s en de grootte van A van het lijmvoegoppervlak.</p> | | |
| 1 2 | <p>Statische bindsterkte</p> $\tau_{LB} = \frac{F_s}{A} = \frac{F_s}{l \cdot b}$ <p>Dynamische bindsterkte bij wisselende belasting</p> $\tau_{LW} \approx (0,2 \dots 0,4) \cdot \tau_{LB}$ <p>zwellende belasting</p> $\tau_{LZW} \approx 0,8 \cdot \tau_{LB}$ | <p>Richtwaarden voor de bindsterkte (trek-, afschuifsterkte) volgens tabel 5-2. l, b zie afbeelding bij nr. 9.</p> |
| <p>Afschilsterkte De afschilsterkte van een lijmverbinding is duidelijk kleiner dan de bindsterkte. Afschilbelastingen moeten daarom constructief vermeden worden.</p> | | |
| 3 | <p>Afschilsterkte</p> $\sigma' = \frac{F}{b}$ | <p>Richtwaarden voor σ'_{abs} voor 1 mm dikke met Araldit verlijmde platen uit: zuiver aluminium: $\sigma'_{abs} = 5$ (N/mm) AlMg-legering: $\sigma'_{abs} = 25$ (N/mm) AlCuMg-legering: $\sigma'_{abs} = 35$ (N/mm)</p> |
| <p>Sterkteberekening Met voldoende nauwkeurigheid berekent men de onder de belasting F resp. T optredende belasting als gelijkmatig verdeelde nominale spanningen, om deze vervolgens te vergelijken met de toegelaten spanningen (richtwaarden).</p> | | |
| 4 | <p>Op trek belaste stompverbinding</p> <p>Normaalspanning in de lijmnaad</p> $\sigma_L = \frac{F}{A_L} = \frac{F}{b \cdot t} \leq \frac{\sigma_{LB}}{S}$ |  <p>$\sigma_{LB} \approx \tau_{LB}$ volgens tabel 5-2 en 5-3. Veiligheid $S = 1,5 \dots 2,5$ Opmerking: gelijkde stompe verbindingen zijn omwille van het kleine lijmoppervlak over het algemeen weinig zinvol.</p> |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|-----|---|---|
| 5 | <p>Eenvoudige overlapverbinding</p> <p>Schuifspanning in de lijmmaad</p> $\tau_L = \frac{F}{A_L} = \frac{F}{b \cdot l} \leq \frac{\tau_{LB}}{S}$ | <p>Zie afbeelding bij nr. 9</p> <p>Bij een algemeen <i>dynamische belasting</i> wordt de equivalente vervangbelasting gezocht:</p> $F_{eq} = K_A \cdot F \text{ resp. } F_m + K_A \cdot F_a$, met K_A volgens tabel 3-5C en de dynamische bindsterkte volgens nr. 2. <p>τ_{LB} volgens tabel 5-2 en 5-3.</p> <p>Veiligheid $S = 1,5 \dots 2,5$</p> |
| 6 | <p>Lijmverbinding onder torsiemoment</p> <p>Schuifspanning in de omtrekringing</p> $\tau_L = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot d^2 \cdot b} \leq \frac{\tau_{LB}}{S}$ |  <p>Bij algemeen dynamische belasting wordt het equivalente torsiemoment gevormd:</p> $T_{eq} = K_A \cdot T \text{ resp. } T_m + K_A \cdot T_a$, met K_A volgens tabel 3-5C en de dynamische bindsterkte volgens nr. 2. <p>τ_{LB} volgens tabel 5-2 en 5-3.</p> <p>Veiligheid $S = 1,5 \dots 2,5$</p> |
| 7 | <p>Overlappingslengte</p> $l \approx 0,1 \cdot R_{p0,2} \cdot t \text{ resp. } l \approx (10 \dots 20) \cdot t$ | <p>Om voldoende grote lijmvlakken te verkrijgen hebben verbindingen met overlappingslengte de voorkeur. De meest optimale bindsterkte bij lichtmetalen ontstaat bij de volgende overlappingslengte:</p> <p>Voor t wordt de kleinste dikte van de overlappende onderdelen gebruikt.</p> |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|----------------------------|---|---|
| Soldeerverbindingen | | |
| 8 | <p>Stompe verbindingen</p> <p>Normaalspanning in de soldeernaad</p> $\sigma_t = \frac{K_A \cdot F_{\text{nom}}}{A_S} \leq \frac{\sigma_{tB}}{S}$ | <p>Dit soort verbindingen is alleen geschikt voor weinig belaste onderdelen met plaatdikte $t \geq 1 \text{ mm}$.</p>  <p>$A = b \cdot t$</p> <p>σ_{SB} volgens tabel 5-10. Veiligheid $S = 2 \dots 3$ Richtwaarde voor hardsoldeerverbindingen bij dynamische belasting: $\sigma_{bW} \approx 160 \text{ N/mm}^2$.</p> <p>Overwegend daar gebruikt waar met name de soldeernaad dezelfde draagkracht moet vertonen als de te verbinden onderdelen (zie ook onder nr. 11).</p> |
| 9 | <p>Overlappende stompe verbindingen</p> <p>Schuifspanning in de soldeernaad</p> $\tau_a = \frac{K_A \cdot F_{\text{nom}}}{A_S} \leq \frac{\tau_{aB}}{S}$ |  <p>$A = b \cdot l$</p> <p>τ_{SB} volgens tabel 5-10 Veiligheid $S = 2 \dots 3$ Richtwaarden voor onderdelen uit constructiestaal bij statische belasting</p> <p>hardsoldeerverbindingen: $\tau_{S \text{ toeg}} \approx 100 \text{ N/mm}^2$ zachtsoldeerverbindingen: $\tau_{S \text{ toeg}} \approx 2 \text{ N/mm}^2$</p> |
| 10 | <p>Insteekverbindingen</p> <p>Afschuifspanning in de ringvormige soldeernaad door een langskracht</p> $\tau_a = \frac{K_A \cdot F_{\text{nom}}}{d \cdot \pi \cdot l} \leq \frac{\tau_{aB}}{S}$ |  <p>$A = \pi \cdot d \cdot l$</p> |

| Nr. | Formule | Toelichting |
|-----|--|--|
| 11 | <p>Afschuifspanning in de soldeernaad door een torsiemoment</p> $\tau_a = \frac{2 \cdot K_A \cdot T_{\text{nom}}}{\pi \cdot d^2 \cdot l} \leq \frac{\tau_{aB}}{S}$ |  <p>Opmerking: Voor met een buigmoment belaste gesoldeerde penverbindingen conform hoofdstuk 9, afbeelding Penverbindingen, kan de max. oppervlaktepersing in de soldeernaad benaderend worden berekend met behulp van vergelijking nr. 19. Als richtwaarde voor p_{max} kan daarbij σ_{aB} volgens tabel 5-10 worden gebruikt. Er geldt: $p_{\text{max}} \approx \sigma_{\text{max}} \approx \sigma_{aB} / S$.</p> |
| 12 | <p>Overlappingslengte</p> <p>Vereiste overlappingslengte bij volledige aansluiting</p> $l = \frac{R_m}{\tau_{aB}} \cdot t_{\text{min}}$ | <p>De overlappingslengte wordt meestal zodanig gekozen dat de soldeernaad dezelfde draagkracht biedt als de te verbinden onderdelen.</p> <p>De formule geldt bij benadering ook voor de overlappingslengte van de buisverbinding onder nr. 10 en met $d/4$ in de plaats van t_{min} voor de penverbinding volgens nr. 11.</p> <p>R_m volgens tabellen 1-1 en 1-3.</p> <p>τ_{aB} volgens tabel 5-10.</p> |

Technische richtlijnen (selectie)

| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|-------|---|
| DIN 1707-100 | 02.01 | Weichlote; chemische Zusammensetzung und Lieferformen |
| DIN 1912-4 | 05.81 | Zeichnerische Darstellung Schweißen, Löten; Begriffe und Benennungen für Lötstöße und Löt Nähte |
| DIN 8514 | 05.06 | Lötbarkeit |
| DIN 8526 | 11.77 | Prüfung von Wichtlötverbindungen; Spaltlötverbindungen, Scherversuch, Zeitstandsversuch |
| DIN 8593-7 | 09.03 | Fertigungsverfahren Fügen; Fügen durch Löten; Einordnung, Unterteilung, Begriffe |
| DIN 8593-8 | 09.03 | Fertigungsverfahren Fügen; Kleben; Einordnung, Unterteilung, Begriffe |
| DIN 53281 | 06.06 | Prüfung von Klebverbindungen; Probenherstellung |
| DIN 53287 | 01.06 | Prüfung von Metallklebstoffen und Metallklebungen; Bestimmung der Beständigkeit gegenüber Flüssigkeiten |
| DIN 54455 | 05.84 | Prüfung von Metallklebstoffen und Metallklebungen; Torsionsscher-Versuch |
| DIN 54456 | 01.06 | Prüfung von Konstruktionsklebstoffen und -klebungen; Klimabeständigkeitversuch |
| DIN 65169 | 10.86 | Luft- und Raumfahrt; Hart- und hochtemperaturgelötete Bauteile; Konstruktionsrichtlinien |
| DIN 65170 | 02.97 | -; -; Technische Lieferbedingungen |
| DIN EN 923 | 06.08 | Klebstoffe; Benennungen und Definitionen |
| DIN EN 1044 | 07.99 | Hartlöten; Lotzusätze |
| DIN EN 1045 | 08.97 | -; Flussmittel zum Hartlöten, Einteilung und technische Lieferbedingungen |
| DIN EN 1464 | 01.95 | Klebstoffe; Bestimmung des Schälwiderstandes von hochfesten Klebungen; Rollenschälversuch |
| DIN EN 1465 | 01.95 | Klebstoffe – Bestimmung der Zugfestigkeit hochfester Überlappungsklebungen |
| DIN EN 12797 | 12.00 | Hartlöten; Zerstörende Prüfung von Hartlötverbindungen |
| DIN EN 12799 | 12.00 | -; Zerstörungsfreie Prüfung von Hartlötverbindungen |
| DIN EN 13134 | 12.00 | -; Hartlötverfahrensprüfung |
| DIN EN 14324 | 12.04 | Hartlöten; Anleitung zur Anwendung hartgelöteter Verbindungen |
| DIN EN 22553 | 03.97 | Schweiß- und Löt Nähte; Symbolische Darstellung in Zeichnungen |
| DIN EN 26922 | 05.93 | Klebstoffe; Bestimmung der Zugfestigkeit von Stumpklebverbindungen |
| DIN EN 28510-1 | 05.93 | Klebstoffe; Schälprüfung für flexibel/starr geklebte Proben; 90°-Schälversuch |
| DIN EN 28510-2 | 05.93 | -; 180°-Schälversuch |
| DIN EN 29454-1 | 02.94 | Flussmittel zum Weichlöten; Einteilung und Anforderungen; Einteilung, Kennzeichnung und Verpackung |
| DIN EN ISO 3677 | 04.95 | Zusätze zum Weich-, Hart- und Fugenlöten; Bezeichnung |
| DIN EN ISO 9454-2 | 09.00 | Flussmittel zum Weichlöten; Einteilung und Anforderungen; Eignungsanforderungen |

| Technische richtlijn | | Titel |
|----------------------|-------|--|
| DIN EN ISO 9653 | 10.00 | Klebstoffe; Prüfverfahren für die Scherschlagfestigkeit von Klebungen |
| DIN EN ISO 9664 | 08.95 | Klebstoffe – Verfahren zur Prüfung der Ermüdungseigenschaften von Strukturklebungen bei Zugscherbeanspruchung |
| DIN EN ISO 12224-1 | 10.98 | Massive Lötdrähte und flussmittelgefüllte Röhrenlote; Festlegungen und Prüfverfahren; Einteilung und Anforderungen |
| E DIN EN ISO 17672 | 05.08 | Hartlöten; Lotzusätze |
| DIN EN ISO 18279 | 04.04 | Hartlöten; Unregelmäßigkeiten in hartgelöteten Verbindungen |
| DIN ISO 857-2 | 02.04 | Schweißen und verwandte Prozesse; Begriffe; Weichlöten, Hartlöten und verwandte Befriffe |
| DVS 2204-3 | 04.81 | Kleben von thermoplastischen Kunststoffen; Polystyrol und anverwandte Kunststoffe |
| DVS 2204-5 | 11.03 | Kleben von Rohren und Formstücken aus thermoplastischen Kunststoffen; chloriertes Polyvinylchlorid (PVC-C) |
| DVS 2606 | 12.00 | Hinweise auf mögliche Oberflächenvorbereitungen für das flussmittelfreie Hart- und Hochtemperaturlöten |
| VDI 2229 | 06.79 | Metallkleben ; Hinweise für Konstruktion und Fertigung |
| VDI/VDE 2251-3 | 09.98 | Feinwerkelemente; Lötverbindungen |
| VDI/VDE 2251-8 | 09.07 | Feinwerkelemente; Klebverbindungen |
| VDI 3821 | 06.79 | Kunststoffkleben |

Roloff / Matek

Machineonderdelen

5e herziene druk

Roloff/Matek geldt al vele jaren als een standaardwerk voor de werktuigbouw. De uitvoerige en up-to-date behandeling van machineonderdelen maakt het een compleet studieboek en een onmisbaar naslagwerk voor iedere ontwerper. De complete methode bestaat uit:

- Theorieboek
- Tabellenboek
- Opgavenboek
- Formuleboek

In het *Formuleboek* zijn alle belangrijke grootheden die het *Theorieboek* behandelt overzichtelijk gerangschikt naar hun symbolen en eenheden en wordt hun betekenis toegelicht. Alle voor de constructiepraktijk relevante formules zijn opgenomen. Bij de formules zijn toelichtingen en technische tekeningen opgenomen die de onderlinge relaties van de grootheden duidelijk illustreren.

Zowel in het onderwijs als de praktijk zijn slim-ingedeelde formuleboeken onontbeerlijk bij het construeren van een apparaat of een onderdeel en het dimensioneren daarvan. Het *Formuleboek* is dan ook in beide gevallen een bijzonder waardevol hulpmiddel.

ISBN 978 90 3952645 3

NUR 173 / 929



www.academicservice.nl