



Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek

Roloff / Matek

Machineonderdelen

5e herziene druk

Opgavenboek

Herbert Wittel
Dieter Muhs
Dieter Jannasch
Joachim Voßiek

ROLOFF/MATEK MACHINEONDERDELEN

Opgavenboek

5e herziene druk



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

Oorspronkelijke titel: Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek,
Roloff/Matek Maschinenelemente. Aufgabensammlung. 15. Auflage.

© 2010 Vieweg+Teubner | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Springer Fachmedien is part of Springer Science+Business Media

© Nederlandse vertaling 1993-2013 Sdu Uitgevers bv, Den Haag

Academic Service is een imprint van Sdu Uitgevers bv.

1e druk 1995

2e druk 1997

3e druk 2001

4e druk 2005

5e druk 2013

Opmaak: Redactiebureau Ron Heijer, Markelo

Omslag: Carlito's Design, Amsterdam

ISBN 978 90 395 2646 0

NUR 173 / 929

Alle rechten voorbehouden. Alle intellectuele eigendomsrechten, zoals auteurs- en databankrechten, ten aanzien van deze uitgave worden uitdrukkelijk voorbehouden. Deze rechten berusten bij Sdu Uitgevers bv en de auteur.

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.

Voor zover 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.

Voorwoord

Deze vertaling van de nieuwste druk van de ‘Aufgabensammlung Maschinenelemente’ vormt een aanvulling op het theorieboek *Machineonderdelen* en is afgestemd op de vijfde druk van de Nederlandse vertaling daarvan. In deze 5^{de} geheel herziene druk zijn vele waardevolle aanwijzingen en voorstellen van gebruikers verwerkt.

De eerste opgaven van elk hoofdstuk zijn vaak basisopgaven die geen rechtstreeks verband hebben met een bepaalde toepassing. Deze opgaven moeten de student vooral inzicht geven in de samenhang tussen de verschillende invloedsfactoren. De opgaven die hierop volgen hebben betrekking op praktische toepassingen. Omdat er vaak meerdere wegen bestaan om tot een oplossing te komen, wordt in het vraagstuk zelf soms een beperking aangebracht. Naarmate de beheersing van de leerstof toeneemt, worden ook vraagstukken gegeven die het samenspel tussen verschillende bij elkaar horende elementen tonen, en door berekening bevestigen. Dit biedt de mogelijkheid tot herhaling en verdieping van de leerstof. Afbeeldingen - deels schematisch uitgevoerd, deels uitvoeriger constructief uitgewerkt - moeten bijdragen tot een goed begrip van de opgaven.

In het tweede deel van dit opgavenboek zijn bij elke opgave aanwijzingen voor de uitwerking gegeven. Dit kunnen nadere toelichtingen op de opgave of oplossing zijn, of verwijzingen naar het betreffende gedeelte in het theorieboek. Vooral bij moeilijke opgaven worden oplossingsmethoden aangereikt. Ook worden eventueel noodzakelijke aanvullingen op het betreffende hoofdstuk uit het theorieboek gegeven.

De uitwerkingen aan het eind van dit boek (met de tussenantwoorden tussen haakjes en vaak voorzien van afbeeldingen) geven de oplossing weer en dienen ter controle van de eigen oplossing. Uw eigen berekeningsresultaten kunnen afwijken van die in de uitwerking. Dat betekent niet direct dat ze fout zijn. Kleine verschillen bij het aflezen van diagrammen en de diverse aannamen die voor eigen verantwoording gedaan zijn (bij bedrijfs-, correctie-, kerf-, veiligheidsfactoren en dergelijke) kunnen tot andere resultaten leiden. De praktische opgaven zijn zo opgezet dat er verschillende oplossingsmogelijkheden bestaan, die allemaal een bruikbaar resultaat opleveren. Afwijkende berekeningsresultaten moet u daarom altijd aan een kritische controle onderwerpen, om te achterhalen hoe u tot een ander antwoord gekomen bent.

Wij hopen dat ook de vijfde druk van het *Opgavenboek*, in combinatie met het theorieboek *Machineonderdelen*, voor de gebruikers in het onderwijs en in de praktijk een waardevol hulpmiddel zal zijn.

Aanwijzing

Zowel het theorieboek als dit opgavenboek zijn in de eerste plaats voor het onderwijs ontwikkeld. Bij gebruik van deze leermethode in de praktijk is het nodig 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.

Inhoud

	Opgaven	Aanwijzingen	Uitwerkingen
1 Algemene grondbeginselen	1	179	262
2 Toleranties, passingen, oppervlaktegesteldheid	5	180	264
3 Sterkte en toelaatbare spanning	11	182	267
4 Tribologie	15	184	271
5 Lijm- en soldeerverbindingen	16	185	272
6 Lasverbindingen	23	188	274
7 Klinkverbindingen	40	199	284
8 Schroefverbindingen	50	205	290
9 Penverbindingen, spanbussen en borgelementen	64	214	300
10 Elastische veren	75	218	304
11 Draagassen, aandrijfassen en astappen	88	224	309
12 Onderdelen voor het verbinden van assen en naven	99	228	315
13 Koppelingen en remmen	107	231	318
14 Wentellagers en -lageringen	119	237	324
15 Glijlagers	129	241	328
16 Riemoverbrengingen	136	245	333
17 Kettingoverbrengingen	144	248	336
18 Pijpleidingen en toebehoren	149	250	338
20 Tandwielen en tandwieloverbrengingen (grondslagen)	152	252	339
21 Cilindrische tandwielen	154	253	340
22 Kegeltandwielen en kegeltandwieloverbrengingen	169	258	349
23 Schroefwiel- en wormoverbrengingen	173	260	351

Opgaven

1 Algemene grondbeginselen

Opmerkingen vooraf

Onderstaande eenvoudige en deels gestileerde voorbeelden dienen als inleiding in het werken met normgetallen en ter demonstratie van enkele toepassingsmogelijkheden.

Constructies van verschillende grootten bijvoorbeeld, die aan dezelfde belasting respectievelijk dezelfde druk blootgesteld zijn, kunnen – indien ze voor een gelijke werksnelheid worden geconstrueerd – geometrisch op dezelfde manier uitvoerbaar zijn en daarmee dan mechanisch gelijkwaardig. De spanningsgelijkheid is echter niet het enige criterium daarvoor. Als essentieel criterium komt soms de gelijkheid in het gedrag ten aanzien van vervorming of energie-uitwisseling in de plaats van of naast het spanningscriterium. Het kan ook zijn dat er theoretische of elektrische gelijkvormigheidswetten gelden. Het zou te ver voeren om bijzondere problemen van de gelijkvormigheidsmechanica te onderzoeken, aangezien deze vaak volledige beheersing van het hele samenspel van factoren vereisen. Bijvoorbeeld in een situatie waarin bepaald moet worden hoe in centrifugaalpomp uit een naar transporthoeveelheden onderverdeelde reeks met dezelfde druk, *loopwieldiameter*, *as diameter*, *lengte* en *breedte* van het omhulsel, enzovoort toenemen.

Toch is het aan te bevelen ter verdieping aanvullende eenvoudige opgaven met behulp van de gelijkvormigheidswetten op passende momenten in het lopende onderwijs in verschillende vakgebieden te behandelen. Op deze wijze krijgt men voor de constructiepraktijk belangrijke inzichten. Referenties kunnen worden ontleend aan de omvangrijke hoeveelheid literatuur over normgetallen.

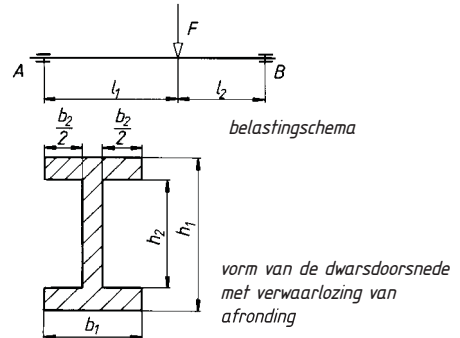
- 1 Beschrijf het begrip *machineonderdeel* en geef aan naar welke criteria machineonderdelen in het algemeen kunnen worden ingedeeld.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.1.
- 2 Noem de bekende normeringsinstituten (nationale en internationale) en geef van elk het regionale geldigheidsgebied aan.
Bestaat er een algemene toepassingsverplichting van de normen en de technische voorschriften?
Wanneer kunnen ze juridisch bindend zijn?
Aanwijzing: zie leerboekparagrafen 1.2.1 en 1.2.2.
- 3 Geef de betekenis aan van de *decimaalclassificatie*.
Naar welke indelingscriteria is dit systeem opgebouwd en welke hoofdgroep is van toepassing voor het technisch toepassingsgebied?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.2.3.
- 4 Geef het verschil aan tussen een rekenkundig en een geometrisch gerangschikte reeks aan de hand van een dienovereenkomstige getallenreeks en benoem de wiskundige relatie van de op-eenvolgende termen binnen de reeks onderling.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.
- 5 Wat onderscheidt de algemeen geometrisch gerangschikte reeks van de decimaalgeometrisch gerangschikte reeks en hoe wordt deze aangeduid?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.

- 6 Hoeveel normgetalreeksen zijn op technisch toepassingsgebied zinvol te gebruiken, hoe worden ze aangeduid, welke betekenis heeft de desbetreffende aanduiding en wat zijn kenmerken van de toepassingsvoorbeelden op technisch gebied?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.
- 7 Geef de algemene wiskundige relatie aan ter bepaling van de reden van een decimaal gerangschikte reeks, en geef kwantitatief de reden aan voor de volgens NEN 3070(DIN 323) genormeerde reeksen.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.
- 8 Wat betekent het getal 5 in de aanduiding R5 en welke getallenreeksen leveren de normgetalreeksen R5 en R10 voor het gebied 1...100 op?
Welke principe-uitspraak kunnen we doen als we de termen van de reeksen tegenover elkaar stellen?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.2.
- 9 Geef voor de hoofdreeks R10 en de afgeleide deelreeksen R10/2 (1), R10/4 (10) en R20/-3(100) telkens vijf opeenvolgende termen.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.2.
- 10 Hoe kunnen vlakken en volumina voor opeenvolgende termen uit een geometrisch gerangschikte reeks worden berekend indien de lengtemaat q_L bekend is?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.3.3.
- 11 Noem de algemene constructieprincipes die de ontwerper in acht dient te nemen en licht ze toe aan de hand van voorbeelden.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.4.1.
- 12 Noem de vier hoofdfasen van het algemene constructieproces in chronologische volgorde en beschrijf deze inhoudelijk.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.4.2.
- 13 Geef de verschillende soorten algemene oplossingsroutes binnen het constructieproces aan en beschrijf voor elk de werkmethode.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.4.2.
- 14 Geef de zinvolle toepassingsmogelijkheden van computerapparatuur in de constructiefase aan. Noem de betekenissen van de afkortingen CAD, CAM, CNC, CIM en verklaar deze inhoudelijk.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 1.4.4.
-
- 1.1 Bepaal voor elk van de volgende begrensde afgeleide reeksen de normgetallenreeks en reden:
- a) R20/3(140 ...) met 8 termen.
 - b) R10/2(200 ... 2000).
 - c) R5/4(0,16 ...) met 5 termen.
 - d) R40/3(11,8 ...) met 6 termen.
 - e) R20/-2(1600 ...) met 6 termen.
 - f) R10/-3(400 ...) met 4 termen.
-

- 1.2 a) Volgens de leveropdracht dienen de diameters d van de bestelde onderdelen te zijn gerangschikt volgens R'10. Welke diameters d voor het bereik 4...25 mm (hele waarden) zijn leverbaar?
b) Radii overeenkomstig DIN 250 zijn van $R = 0,4$ tot 16 mm volgens R"5 gerangschikt. Welke radii R in mm worden bij voorkeur toegepast?
-
- 1.3 Geef de aanduiding voor elk van de volgende normgetalreeksen met opgave van de onderste respectievelijk de bovenste grens en de desbetreffende reden:
a) 5 8 12,5 20 31,5
b) 0,0053 0,0071 0,0095 0,125
c) 6,3 40 250 1600
d) 200 140 100 71 50
e) 18 25 36 50 70
f) 560 450 360 280 220 180
-
- 1.4 Zes asdiameters d moeten volgens de afgeleide NG-reeks R20/3 worden gerangschikt. De kleinste diameter is 20 mm. Rangschik volgens normaalgetallen de bijbehorende dwarsdoorsneden A in cm^2 na berekening van de kleinste dwarsdoorsnede en bepaal de reden.
-
- 1.5 De inhouden V in ℓ van vier cilindrische reservoirs, waarvan de kleinste 2 ℓ kan bevatten, moeten volgens normgetallen zodanig worden gerangschikt dat hun inhoud zich telkens verdubbelt. Bij alle reservoirs moet voor de inhoud overeenkomstig de gevoelsmatige grootte de verhouding hoogte h tot diameter d gelijk aan de reden van de NG-hoofdreeks worden gekozen. Geef de aanduiding van de betreffende reeks en geef voor de inhouden in ℓ de bijbehorende afmetingen d en h in mm in tabelvorm. Voer een voorbeeldberekening uit, bijvoorbeeld voor het derde reservoir.
-
- 1.6 Er moeten vier volgens NG gerangschikte cilindrische reservoirs worden vervaardigd, waarvan de inhouden bij benadering $V = 3 \ 6 \ 12 \ 24 \ell$ bedragen.
a) Geef de aanduiding van de NG-reeks voor V .
b) Welke aanduiding van genoemde NG-reeks van V moet voor de diameter d en voor de hoogte h gekozen worden?
c) Bepaal d en h in mm voor de betreffende V , indien de verhouding h/d telkens gelijk is aan het kwadraat van de reden van de hoofdreeks voor V .
-
- 1.7 Het model van een machine heeft een vermogen $P_0 = 4 \text{ kW}$ bij een toerental $n_0 = 1250 \text{ min}^{-1}$. Men heeft het plan een grotere machine van dezelfde materialen te construeren, waarvan de hoofdafmetingen in normgetallen het vijfvoudige van de modelafmetingen moeten bedragen. Bereken het vermogen P_1 en het toerental n_1 voor de geplande machine.
-
- 1.8 Een machine moet in vijf oplopende groottes worden gefabriceerd, waarbij de vermogens effectief volgens de afgeleide reeks afgeronde waarden R"20/4 zijn gerangschikt. De hoofdafmetingen voor de kleinste machine zijn: vermogen $P_1 = 5 \text{ kW}$, toerental $n_2 = 560 \text{ min}^{-1}$, vliegwiel-diameter $D_1 = 900 \text{ mm}$. Noem de aanduidingen en geef de hoofdafmetingen van de afgeleide machines bij de betreffende vermogens in tabelvorm aan. Hierbij dient in aanmerking te worden genomen dat D in mm en n in min^{-1} bij nagenoeg gelijke omtreksnelheid van het vliegwiel v in m/s volgens afgeleide hoofdreksen moeten worden gerangschikt. Toon door proefberekening (bijvoorbeeld voor de eerste en vierde machinegrootte) aan dat $v_1 \approx v_4$.
-

- 1.9** Een gietijzeren draagbalk is voor de buigbelasting bij de belasting $F = 2$ kN volgens normgetallen vastgelegd met de volgende lengtematen en maximale doorsnedeafmetingen: $l_1 = 1400$ mm, $l_2 = 900$ mm, $b_1 = 125$ mm, $h_1 = 200$ mm, $b_2 = 100$ mm, $h_2 = 140$ mm.

Ten behoeve van standaardisering en opname in de bedrijfsnorm moeten voor in totaal vier belastingen $F = 2 \quad 2,5 \quad 3,2 \quad 4$ kN bij nagenoeg gelijke buigbelasting de lengten en doorsnedeafmetingen bij de betreffende belastingen in tabelvorm worden gerangschikt, evenals de bijbehorende weerstandsmomenten W_x in cm^3 volgens afgeleide hoofdreeksen.



- 1.10** Geef de resultaten van opgave 1.9 weer op een NG-datablad, uitgaande van de waarden van de kleinste grootheid. Voorzie de assen van een exacte aanduiding om alle grootheden te kunnen aflezen.

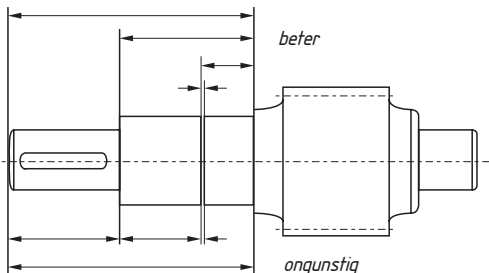
2 Toleranties, passingen, oppervlaktegesteldheid

Opmerkingen vooraf

Bij de in de praktijk gestelde 'passingsopgaven' gaat het er gewoonlijk om waar mogelijk genormeerde ISO-toleranties en -passingen te bepalen, die van toepassing zijn voor bedrijfsmatig bij elkaar passende delen en die met de aard van het samenspel overeenstemmen. Maar in veel gevallen worden er eisen gesteld die niet zonder meer door genormeerde passingscombinaties zijn te vervullen en die evenmin onmiddellijk zijn te overzien. In dergelijke gevallen moeten de toleranties rekenkundig worden bepaald.

Aan de passingsopgaven gaan algemene vragen bij hoofdstuk 2 vooraf.

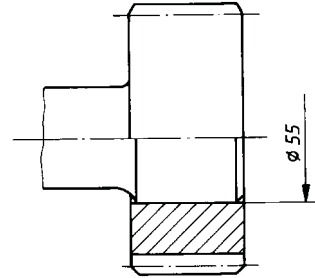
- 1 Verklaar het verschil tussen *tolerantie* en *passing* aan de hand van een voorbeeld. Geef aan waarom het vermelden van toleranties absoluut noodzakelijk is.
Aanwijzing: zie leerboekparagrafen 2.1 en 2.2.
- 2 Geef de voor het vastleggen van de tolerantiegrootte beslissende tolerantiefactor i (I) aan in de vorm $i = f(D)$, respectievelijk $I = f(D)$. Verklaar de opbouw van tabel 2-1 met de getalswaarden voor de standaardtoleranties IT .
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.1.1-2 en tabel 2-1. D is het geometrische midden van de grenzen voor een nominaal waardenbereik, zie toelichting bij vergelijking (2.4).
- 3 Geef de tolerantieveldposities aan door middel van de letters $a...z$ respectievelijk $A...Z$ voor buiten- en binnenvlakken ten opzichte van de nullijn. Verklaar hoe de maatafwijkingen $ES(es)$ en $IE(ei)$ voor bepaling van de betreffende maattolerantie T_A en T_B totstandkomen.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.1.1-4 bij figuur 2-3. Een maatafwijking wordt ten opzichte van de nullijn wiskundig vastgelegd, zie tabellen 2-2 en 2-3.
- 4 Geef voor de passingen H7/s6, K7/h6, H8/d9, N7/h6 het betreffende passingsstelsel (eenheidsboringsstelsel EB respectievelijk eenheidsasstelsel EA) en de soort passing (losse passing, overgangspassing, vaste passing) aan. Geef de plaats van de tolerantievelden T_B en T_A ten opzichte van de nullijn en de plaats van het passingstolerantieveld P_T schematisch weer.
Aanwijzing: voor passingsstelsel zie leerboekparagraaf 2.2.2-1 met figuur 2-9. Zie leerboekparagraaf 2.1.1-4 met figuur 2-3 voor de plaats van de tolerantievelden. Zie leerboekparagraaf 2.2.3 met figuur 2-10 voor het soort passing. Passingstolerantieveld volgens leerboekparagraaf 2.2.1 met figuur 2-8 en tabel 2-9.
- 5 Schrijf aan de hand van een voorbeeld vorm- en plaatstoleranties in, noem de mogelijke soorten vorm- en plaatstoleranties, verklaar de betekenis ervan en geef aan wanneer het vermelden van deze toleranties absoluut noodzakelijk is.
Aanwijzing: zie leerboekparagrafen 2.1.2 tot en met 2.1.4 en tabellen 2-7 en 2-8.
- 6 Leg aan de hand van een voorbeeld uit waarom maatreeksen met getolereerde maten niet zinvol zijn en vermeden moeten worden. Geef aan hoe de bewerkings speelruimte bij niet-getolereerde maten kan worden beperkt door een algemene tekeningsinschrijving.



- 7 Geef schematisch de mogelijke afwijkingen in de gesteldheid van een technisch oppervlak ten opzichte van het geometrisch ideale oppervlak weer. Geef de mogelijke daaruit voortvloeiende consequenties voor de functieervulling aan. Door welke (tekenings)inschrijvingen kan de toelaatbare afwijking worden begrensd (inschrijvingsvoorbeelden)?
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.3 met figuur 2-11 en leerboekparagraaf 2.3.2.
- 8 Verklaar aan de hand van een tekening het verschil tussen de *ruwheidshoogte* R , de *gemiddelde ruwheidshoogte* R_z en de *ruwheidswaarde* R_a . Licht ook de begrippen *golping* A_t en *draagvermogen* t_f toe.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.3.1 met figuur 2-13.
- 9 Geef aan of er een oorzakelijk en functioneel getalsmatig verband in de vorm $y = f(x)$ bestaat tussen de maattolerantie enerzijds en de oppervlaktegesteldheid anderzijds. Vermeld eveneens van welke beïnvloedende grootheden een zinvolle indeling van maattolerantie en oppervlakteruwheid afhangt en hoe deze indeling kan worden aangebracht.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.3.1 met tabel 2-11.
- 10 Breng aan de hand van tekeningen inschrijvingen aan om de toelaatbare oppervlakteruwheid vast te leggen.
Aanwijzing: zie leerboekparagraaf 2.3.2.
-
- 2.1 Kies voor de volgende montagevoorbeelden geschikte ISO-passingen tussen buiten- en binnenmaat (boring en as) voor het *eenheidsboringsstelsel* (EB):
- Een lagerbus moet, zonder achteraf tegen verdraaien geborgd te zijn, in een huisboring worden ingeperst.
 - Een tandwiel moet op een grotere aandrijfas worden gezet; in een borging tegen verdraaien door middel van een spie is voorzien.
 - Een koppelingsnaaf moet zo vast mogelijk op een aseinde zitten; in extra borging tegen verdraaien is voorzien.
 - De centreerrand van een lagerdeksel moet in een huisboring worden gezet.
-
- 2.2 Bereken voor de hierna genoemde toleranties voor de nominale maat $N = 110$ mm de grensmaatafwijkingen ES en EI respectievelijk es en ei en geef de tolerantievelden op juiste schaal weer.
- H7, H8, H9, H11
 - K5, K6, K7, K8
 - f5, f6, f7, f8
 - m5, m6, m7, m8
-
- 2.3 Om een V-riemschijf op de aandrijfastap met de nominale diameter $d = 50$ mm te bevestigen, heeft men de passing H7/k6 gepland en als borging tegen verdraaien een spie overeenkomstig DIN 6885.
Bereken respectievelijk:
- De grensmaatafwijkingen ei en es voor de as (uitwendige maat), EI en ES voor het gat (inwendige maat).
 - De grensmaten G_{KA} en G_{GA} voor de as, G_{KB} en G_{GB} voor de boring.
 - De grootste en kleinste speling $P_{\max}$ en $P_{\min}$, alsmede de spelingstolerantie P_T .
 - De plaatsen van het tolerantieveld voor de as T_A en die voor het gat T_B .
-

- 2.4 Geef voor de nominale maat $N = 30$ mm voor de boringstolerantie H7 de tolerantievelden grafisch weer voor de volgens DIN 7154 (NEN ISO 286) aanbevolen astoleranties s6, r6, n6, m6, k6, j6, g6, f7. Geef telkens aan om welke soort passing het gaat (losse passing, overgangspassing, vaste passing).

- 2.5 Voor de bevestiging van een tandwiel van cementeerstaal op een aandrijfas van constructiestaal met $d = 55$ mm is constructief een persverbinding gepland. Voor de veilige overbrenging van de tandkrachten is rekenkundig een grenspassing $P_{\max} = -93 \mu\text{m}$ (komt overeen met de minimale negatieve speling $S_{n\min}$) vastgesteld en op grond van de toelaatbare vlaktedruk tussen tandwiel/as een grenspassing $P_{\min} = -142 \mu\text{m}$ (komt overeen met de maximale negatieve speling $S_{n\max}$).

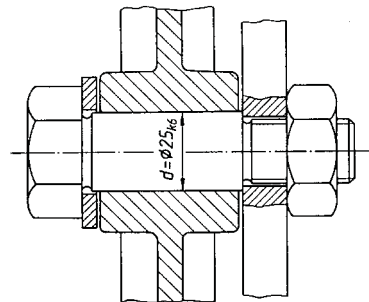


Bereken:

- de passingstolerantie P_T ;
- de boringstolerantie T_B en de astolerantie T_A , aangenomen dat $T_B = 0,6 A P_T$;
- voor het ISO-passingsstelsel *EB* een geschikte tolerantie voor de boring;
- de grensmaatafwijkingen voor de as;
- een geschikte tolerantie voor de as.

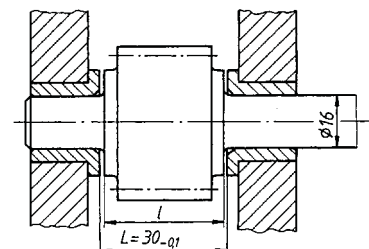
- 2.6 De schacht van een pasbout moet worden gebruikt voor de lagerconstructie van een snaarrol. De schroefschacht heeft een diameter $d = 25\text{k}6$.

Welke ISO-tolerantie moet voor de naafboring worden gekozen, indien de passing tussen de schacht en het gat in de naaf ongeveer overeen dient te komen met de losse passing H8/e8?



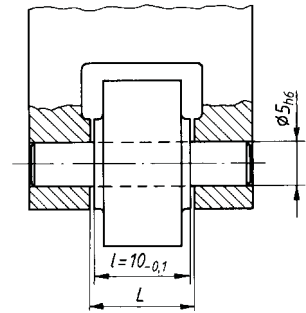
- 2.7 Bereken voor het inbouwen van een rondsel:

- Een geschikte ISO-passing tussen de as en het gat in de bus voor een normale lopende passing.
- De aan de nominale maat 30 mm gerelateerde maat-tolerantie T_l voor de naaflengte l , zodanig dat zijdelings een minimale positieve speling $S_{p\min}$ van 0,2 mm en een maximale positieve speling $S_{p\max}$ van 0,4 mm ontstaat. Geef de maatinschrijving volgens de norm aan.



2.8 Bereken voor de lagerconstructie van een schakelrol in een contacthefboom:

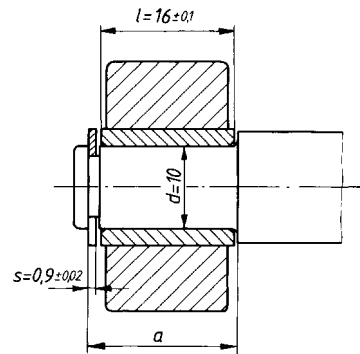
- Geschikte ISO-toleranties voor de gaten in de hefboom en het gat in de rol, indien de as van geslepen, gepolijst rondstaal $\varnothing 5h6$ volgens NEN EN 10278 in de rol moet vastzitten en in de gaten van de hefboom moet draaien. Geef de passingstolerantie grafisch weer.
- De aan de nominale maat $N = 10$ mm gerelateerde maattolerantie T_L voor de breedte van de gaffel L , indien een zijdelingse minimale positieve speling van $S_{p\min} = 0,2$ en een maximale positieve speling van $S_{p\max} = 0,4$ mm moet worden aangehouden. Geef de maatschrijving volgens de norm aan.



2.9 Het op de astap rustende geleidewiel moet door middel van een borgring volgens DIN 6799 axiaal worden vastgelegd.

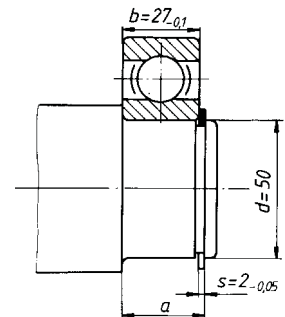
Bereken:

- Een geschikte losse passing tussen glijlagerbus en as.
- De nominale maat N (geheel getal) en de vereiste maattolerantie T_a voor de afstand a van de asschouder tot de buitenste groefrand, indien de zijdelingse positieve speling van de bus ongeveer 0,2 tot 0,5 mm mag bedragen. Geef de maatschrijving volgens de norm aan.
- De voor de astap te voorziene oppervlakteruwheid. Geef de maatschrijving volgens de norm aan.

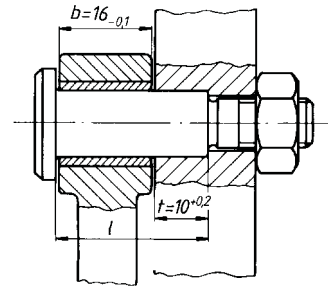


2.10 Een groefkogellager 6310 moet op de lagertap met $d = 50k6$ door middel van een borgring axiaal worden vastgelegd. Volgens DIN 616 heeft de lagerbinnenring de breedte $b = 27_{-0,1}$ mm, de borgring de dikte $s = 2_{-0,05}$ mm.

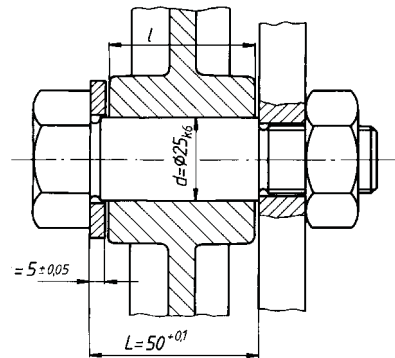
- Bereken voor de afstand a van de asschouder tot de buitenste groefrand de nominale maat N en de maattolerantie T_a , waarbij de zijdelingse lagerspeling S van 0 tot maximaal 0,2 mm bedraagt. Geef de maatschrijving volgens de norm.
- Welke maattolerantie geldt in het geval dat de zijdelingse lagerspeling 0 tot maximaal 0,1 mm mag bedragen?
- Bereken de voor de astap te voorziene oppervlakteruwheid. Geef de maatschrijving volgens de norm.



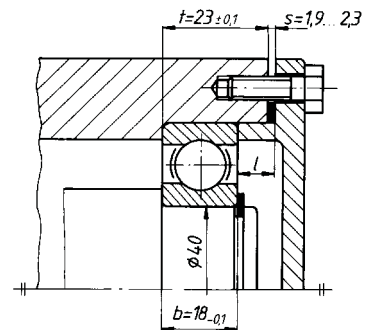
- 2.11** Bereken voor de lagerconstructie van een hefboom de nominale maat N en de maattolerantie T_l voor de aanslagmaat l van de bout, waardoor voor de hefboomnaaf een zijdelingse minimale positieve speling $S_{p \min}$ van 0,2 mm en maximale positieve speling $S_{p \max}$ van 0,6 mm zijn gegarandeerd. Geef de maatinschrijving volgens de norm.



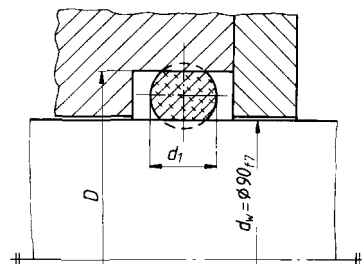
- 2.12** Een pasbout met schachtlengte $L = 50^{+0.1}$ mm moet voor de lagerconstructie van een snaarrol worden gebruikt. Bereken voor de naaflengte l de nominale maat N en de maattolerantie T_l voor een zijdelingse speling van 0,2 tot 0,6 mm. Geef de maatinschrijving volgens de norm.



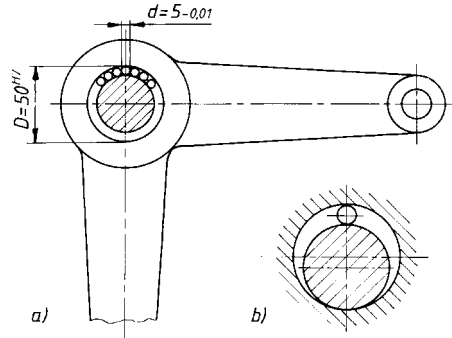
- 2.13** Een oliegesmeerd lager moet door een pakkingplaat tussen lagerdeksel en huis worden afgedicht. De afdichtingsring met de (nominale) dikte $s = 2,4$ mm kan tot $s = 1,9$ mm worden samengeperst. Bereken voor de lengte l van de centreerrand van het deksel de nominale maat N en de maattolerantie T_l , zodanig dat een 'samengeperste' ringdikte tussen 1,9 en 2,3 mm wordt aangehouden. Geef de maatinschrijving volgens de norm.



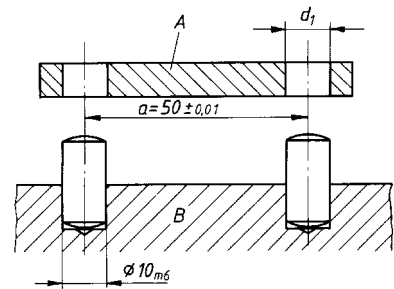
- 2.14** De radiale druk van een afdichtingsring met de profieldoorsnede $d_1 = 7 \pm 0,25$ mm moet om voldoende af te dichten minstens 10%, maar om bovenmatige belasting te voorkomen hoogstens 20% van de profieldiameter bedragen. Bereken de nominale maat N van de steekrand D en de maattolerantie T_D waarbij de minimale spanning $\delta_{\min}$ en de maximale spanning $\delta_{\max}$ bedraagt.



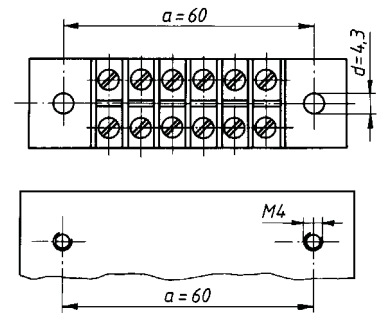
- 2.15** Een haakse hefboom voert slingerbewegingen uit rondom een as en moet door middel van naalden gelagerd worden. Het gat in de hefboom wordt uitgevoerd met $D = 50H7$. De geplande naalden hebben een doorsnede $d = 5_{-0,01}^{0}$ mm. Bereken voor een gunstige radiale speling van de naalden tussen as en gat van 0,05 tot 0,12 mm de nominale maat N en de ongeveer overeenkomstige ISO-tolerantie van de as.



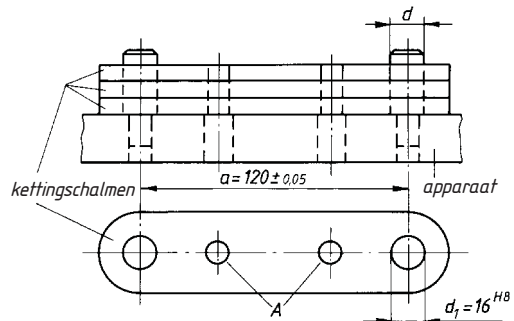
- 2.16** Bereken de grootste en de kleinste doorsnede van het gat d_1 in strip A, zodat deze met een positieve speling van $S_{p \min} = 0$ tot $S_{p \max} = 0,08$ mm op plaat B met cilindrische pennen $d = 10m6$ kan worden gezet. Stel vast of aan deze voorwaarde met een ISO-tolerantie kan worden voldaan.



- 2.17** Een schroefcontacthouder moet met twee cilindrische schroeven M4 op een draagplaat worden bevestigd. Geef voor de afstanden a tussen de gaten voor de lat en de draagplaat gelijke maattoleranties aan. Geef de maatschrijving volgens de norm.



- 2.18** Welke grootste en kleinste doorsnede d moeten de opnamepennen van een boorapparaat hebben, zodat de kettingschalen voor het boren van de gaten A (ter bevestiging van meenemers) in het apparaat een speling van $S_{p \min} = 0$ tot $S_{p \max} = 0,3$ mm hebben?



Aanwijzingen

1 Algemene grondbeginselen

- 1.1** Zie leerboekparagraaf 1.3.2. Afgeleide reeks $R_{r/p}$ met elke p -de term volgens tabel 1-16. De reden volgt rekenkundig uit $q_{r/p} = q_r^p$ voor de hoofdreksen R_r , wanneer de verhouding van een willekeurig NG van de reeks tot het daaraan voorafgaande NG wordt gevormd ($q_{r/p}$ steeds NG).
-
- 1.2** a) en b) Zie tabel 1-16 en aanwijzing 1.1.
-
- 1.3** Zie leerboekparagraaf 1.3.2 met tabel 1-16 voor aanduidingen van de begrensde afgeleide reeksen. Let ook op gegevens bij opgave 1.1.
-
- 1.4** Zie leerboekparagrafen 1.3.2 en 1.3.3 en de tabellen 1-15 1-16. Vergelijk met de resultaten bij opgave 1.1.
-
- 1.5** Zie leerboekparagrafen 1.3.2 en 1.3.3 en de tabellen 1-15 en 1-16.
-
- 1.6** a) Inhoud (volume) $R_r/3p$ met $q_{r/3p}$ volgens tabel 1-15.
 b) Lengte R_r/p volgens tabel 1-15.
 c) Reden voor V volgt uit tabel 1-16. Uit $V_1 = (d_1^2 \cdot \pi/4) \cdot h_1 = 3$ door inzetten van h_1 (uit de verhouding h/d) wordt d_1 en daarmee h_1 als NG berekend. Afgeleide NG volgt uit tabel 1-16.
-
- 1.7** Zie leerboekparagraaf 1.3.3. Reden en reeksen voor de standaardisering van het vermogen P en het toerental n volgens tabel 1-15.
-
- 1.8** Zie leerboekparagrafen 1.3.2 en 1.3.3. Reden en reeksen voor de standaardisering van de lengte (diameter D), het vermogen P en het toerental n volgens tabel 1-15; $v = D \cdot \pi \cdot n$. Opgave van P -waarden volgens de reeks afgeronde getallen, D - en n -waarden volgens overeenkomstige hoofdreksen.
-
- 1.9** Zie aanwijzingen bij opgave 1.8. Bepaal volgens tabel 1-15 voor de kracht F , voor de lengteafmetingen l , b , h en voor het weerstandsmoment W de bijbehorende reden en reeksen voor de standaardisering. Bepaal voor de gegeven krachten F volgens tabel 1-16 de passende reeks afgeronde waarden R .
 Bereken $W_{x1} = (b_1 \cdot h_1^3 - b_2 \cdot h_2^3)/(6 \cdot h_1)$ met de gegeven waarden.
-
- 1.10** Zie leerboekparagraaf 1.3.4, berekeningsvoorbeeld 2.
-

2 Toleranties, passingen, oppervlaktegesteldheid

- 2.1 Zie leerboekparagraaf 2.2.3 met figuur 2-10 en tabel 2-9.
-
- 2.2 De grensmaatafwijkingen (ES , EI respectievelijk es , ei) kunnen uit de tabellen 2-4 en 2-5 worden afgelezen of worden berekend met de waarden in tabellen 2-2 en 2-3 (let op de voetnoten). De grensmaatafwijking die het dichtst bij de nullijn ligt (maximale en minimale grensmaatafwijking) wordt uit tabel 2-2 respectievelijk 2-3 afgelezen. De ontbrekende grensmaatafwijking kan overeenkomstig de tolerantieklasse worden berekend met de waarden van de standaardtoleranties IT volgens tabel 2-1 en de gegevens bij de tabellen 2-2 en 2-3 (zie voetnoten).
-
- 2.3
- De grensmaatafwijkingen (E , e) kunnen worden afgelezen uit tabel 2-4 of worden berekend op basis van de waarden in tabellen 2-2 en 2-3 (let op voetnoten). Zie ook de aanwijzingen bij opgave 2.2.
 - Algemene grensmaten (G_G , G_K) uit de vergelijkingen (2.1) en (2.2).
 - De grenspassingen $P_{\max}$ en $P_{\min}$ volgens vergelijking (2.5) en de passingstolerantie volgens vergelijking (2.6).
-
- 2.4 Zie aanwijzingen bij 2.3. Zie voor de soorten passingen leerboekparagraaf 2.2.1 en figuren 2-8 en 2-10.
-
- 2.5
- Zie vergelijking (2.6).
 - $T'_B \approx 0,6 \cdot P_T$ (zie opgave); $T'_A = P_T - T_B$.
 - Voor stelsel EB wordt de plaats van tolerantieveld H en daarmee wordt $EI = 0$ en $ES = T_B$. Leg volgens tabel 2-1 (leerboek) de betreffende tolerantieklasse vast.
 - Aan de hand van een tekening met maattolerantieveld T_B en passingstolerantie P_T volgens vergelijking (2.8) kunnen de gezochte grensmaatafwijkingen ei en es voor de as worden berekend.
 - Leg volgens tabel 2-2 de onderste grensmaatafwijking ei voor de as vast en bepaal volgens tabel 2-1 de tolerantieklasse.
-
- 2.6 Eerst worden volgens tabel 2-4 of tabel 2-2 respectievelijk tabel 2-3 plus tabel 2-1 de grensmaatafwijkingen berekend. De hieruit volgende grenspassingen $P_{\max}$ en $P_{\min}$ van de passing 25H8/e8 worden volgens vergelijking (2.5) bepaald. Deze grenspassingen dienen globaal ook met de aangegeven tolerantie k6 te worden bereikt. Een grafische weergave van de plaats van tolerantieveld k6 ten opzichte van de nullijn en de gewenste grenspassingen maken het 'aflezen' van de grensmaatafwijkingen ES' en EI' voor het gat in de naaf mogelijk. Volgens tabel 2-3 kan de basisgrensmaatafwijking en met tabel 2-1 de tolerantieklasse worden bepaald.
-
- 2.7
- Zie leerboekparagraaf 2.2.3 met figuur 2-10 en tabel 2-9.
 - Algemeen ontstaat $l = L -$ positieve speling. Voor geval 1 (los): $l_k = L_g - S_{p \max}$; voor geval 2 (vast): $l_k = L_k - S_{p \min}$.
-
- 2.8
- Zie leerboekparagraaf 2.2.3 met figuur 2-10 en tabel 2-9.
 - Algemeen: $L = l +$ positieve speling. Voor geval 1 (los): $L_g = l_k + S_{p \max}$; voor geval 2 (vast): $L_k = l_g + P_{\min}$.
-

- 2.9** a) Zie leerboekparagraaf 2.2.3 met figuur 2-10 en tabel 2-9.
 b) Algemeen: $a = l + s$ + positieve speling. Geval 1 (los): $a_g = l_k + s_k + S_{p \max}$; geval 2 (vast): $a_k = l_g + s_g + S_{p \min}$.
 c) Zie tabel 2-11.
-
- 2.10** a) Algemeen: $a = b + s$ + positieve speling. Geval 1 (los) $a_g = b_k + s_k + S_{p \max}$; geval 2 (vast): $a_k = b_g + s_g + S_{p \min}$.
 b) Zoals aangegeven onder a), maar dan met andere grenswaarde voor de zijdelingse lagerspeling s_k .
 c) Zie tabel 2-11.
-
- 2.11** Algemeen: $l = b + t$ + positieve speling. Geval 1 (los) $l_g = b_k + t_k + S_{p \max}$; geval 2 (vast): $l_k = b_g + t_g + S_{p \min}$.
-
- 2.12** Algemeen: $l = L - s$ – positieve speling. Geval 1 (los) $l_k = L_k - s_k - S_{p \max}$; geval 2 (vast): $l_g = L_g - s_g - S_{p \min}$.
-
- 2.13** Algemeen: $l = t + s - b$. Geval 1 (los): $l_g = t_k + s_g - b_g$ (afdichtingsring wordt minimaal samengeperst); geval 2 (vast): $l_k = t_g + s_k - b_k$ (afdichtingsring wordt op $s = 1,9$ mm maximaal samengeperst).
-
- 2.14** Voor de oplossing van deze opgave kan men eveneens van de extreme benadering los/vast uitgaan. Heel algemeen volgt de doorsnede van de indraaiing uit $D = d_a + 2(d_1 - \delta)$.
 Geval 1 (los): $D_g = d_{ak} + 2(d_{1k} - \delta_{\min})$, waarbij $\delta_{\min}$ de kleinst mogelijke spanning vormt. Geval 2 (vast): $D_k = d_{ag} + 2(d_{1g} - \delta_{\max})$, waarbij $\delta_{\max}$ de grootst mogelijke spanning vormt.
-
- 2.15** Algemeen: $d_a = D - 2d$ – positieve speling.
-
- 2.16** Geval 1 (los) doet zich voor wanneer gatafstand a in de onderdelen A en B absoluut hetzelfde is (geen opvulling) voor de kleinste pendiameter d , het grootste gat d_1 en de grootste positieve speling. De grootste diameter van gat d_1 volgt uit $d_{1g} = 2r_{1g}$.
 Geval 2 (vast) ontstaat als gatafstand in de onderdelen A en B tegenovergestelde grenswaarden – minimaal en maximaal – hebben (maximale opvulling) voor de grootste pendiameter d , de kleinste gatdiameter d_1 en kleinste positieve speling. De kleinste gatdiameter: $d_{1k} = 2r_{1k}$.
-
- 2.17** Volgens DIN heeft een schroefschacht de tolerantieklasse H13 en het doorlopende gat tolerantieklasse H12. Daarmee wordt voor de schacht de grootste maat $d_g = 4$ mm en voor het gat de kleinste maat $D_k = 4,3$ mm. Voor het ongunstigste geval vast (zie figuur) moet gelden:
 $(a - A) + D_k = (a + A) + d_g$.
-
- 2.18** Zie aanwijzingen bij voorgaande opgaven.
-

Uitwerkingen

1 Algemene grondbeginselen

- 1.1 a) 140 200 280 400 560 800 1120 1600; $q_{20/3} = 1,12^3 \approx 1,4$
 b) 200 315 500 800 1250 2000; $q_{10/2} = 1,25^2 \approx 1,6$
 c) 0,16 1,0 6,3 40 250; $q_{5/4} = 1,6^4 \approx 6,3$
 d) 11,8 14 17 20 23,6 28; $q_{40/3} = 1,06^3 \approx 1,18$
 e) 1600 1250 1000 800 630 500; $q_{20/-2} = 1/1,12^2 = 1/1,25 = 0,8$
 f) 400 200 100 50; $q_{10/-3} = 1/1,25^3 = 0,5$
-
- 1.2 a) 4 5 6 8 10 12 16 20 25 mm
 b) 0,4 0,6 1,0 2,5 4 6 10 16 mm
-
- 1.3 a) R10/2(5 ...) met 5 grootheden (of R20/4, of bij wijze van uitzondering R 40/8); $q_{10/2} = 1,6$ (of $q_{20/4}$ of $q_{40/8}$).
 b) R40/5(0,053 ...) met 4 termen; $q_{40/5} = 1,32$.
 c) R5/4(6,3 ...) met 4 grootheden (of R10/8 of R20/16); $q_{5/4} = 6,3$ (of $q_{10/8}$ of $q_{20/16}$).
 d) R20/-3(200 ...) met 5 termen (of bij wijze van uitzondering R40/-6); $q_{20/-3} = 1/1,4$ (of $q_{40/-6}$).
 e) R'20/3(18 ...) met 5 grootheden (of bij wijze van uitzondering R'40/6); $q_{20/3} = 1,4$.
 f) R'20/-2(560 ...) met 6 termen (of bij wijze van uitzondering R'40/-4); $q_{20/-2} = 1/1,25$.
-
- 1.4 $d = 20 \ 28 \ 40 \ 56 \ 80 \ 112 \text{ mm}$ volgens R20/3 met $q_{20/3} = 1,4$.
 $A = 3,15 \ 6,3 \ 12,5 \ 25 \ 50 \ 100 \text{ cm}^2$ volgens R20/6 met $q_{20/6} = 2$.
-
- 1.5 $V = 2 \ 4 \ 8 \ 10 \ \ell$ volgens volume $Rr/3p = R10/3$ ($p = 1$); $q_{10/3} = 2$.
 $d = 125 \ 160 \ 200 \ 250 \text{ mm}$ volgens lengte $Rr/p = R10$ ($p = 1$); $q_{10} = 1,25$.
 $h = 160 \ 200 \ 250 \ 315$ (respectievelijk 320) mm volgens lengte $Rr/p = R10$ (respectievelijk R'10).
 Voorbeeldberekening: $V_3 = (2 \text{ dm})^2 \cdot (\pi/4) \cdot 2,5 \text{ dm} = 8 \text{ dm}^3$ respectievelijk 1.
-
- 1.6 a) R'40/12 ($p = 4$); $q_{40/12} = 2$
 b) R'40/4
 c) $h/d = 1,12$ ($q_{40} = 1,06$; $q_{40}^2 = 1,12$)

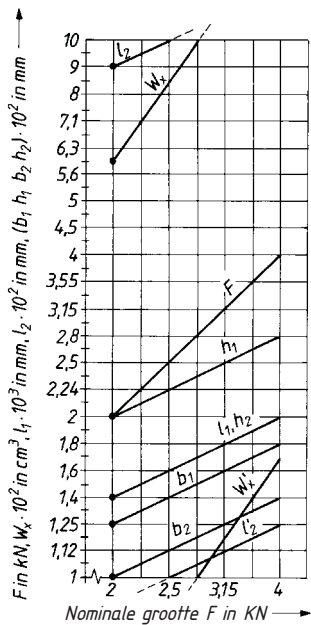
V in ℓ	3	6	12	24
d in mm	150	190	240	300
h in mm	170	210	260	340

- 1.7 Hier geldt lengte $q_L = L_1/L_0 = (5 \cdot L_0)/L_0 = 5$. Het vermogen is derhalve
 $q_P = P_1/P_0 = q_L^2 = 5^2 = 25$. Hieruit volgt dat $P_1 = q_P \cdot P_0 = 25 \cdot 4 \text{ kW} = 100 \text{ kW}$. Hetzelfde geldt voor het toerental $q_n = n_1/n_0 = 1/q_L = 1/5$, waaruit volgt dat $n_1 = n/5 = 1250 \text{ min}^{-1}/5 = 250 \text{ min}^{-1}$.

- 1.8** Vermogen P volgens $R'20/4 = Rr/2p$ ($p = 2$); $P = 5.8 \quad 12 \quad 20 \quad 30$ kW.
 Lengte (diameter D) volgens $Rr/p = R20/2$; $D = 900 \quad 1120 \quad 1400 \quad 1800 \quad 2240$ mm.
 Toerental n volgens $Rr/p = R20/-2$ (dalend); $n = 560 \quad 450 \quad 355 \quad 280 \quad 224$ min⁻¹.
 Proefberekening met D_1 in m en n_1 in min⁻¹ uit $v_1 = D_1 \cdot \pi \cdot (n_1/60)$ geeft: $v_1 \approx 26,4$ m/s $\approx v_4$.

- 1.9** Krachten F volgens $Rr/2p$, weerstandsmomenten W_x volgens $Rr/3p$, derhalve de afmetingen l , b , h volgens Rr/p . Omdat $W_{x1} \approx 600$ cm³ (berekend) en $F_1 = 2$ kN (gegeven), wordt de reeks afgeronde waarden $R'40$ bepaald. Daarmee worden F volgens $R'40/4$ ($p = 2$), W_x volgens $R40/6$ en de afmetingen l , b , h volgens $R40/2$ gerangschikt.

F in kN	2	1,5	3,2	4
W_x in cm ³	600	850	1200	1700
l_1 in mm	1400	1600	1800	2000
l_2 in mm	900	1000	1100	1250
b_1 in mm	125	140	160	180
h_1 in mm	200	220	250	280
b_2 in mm	100	110	125	140
h_2 in mm	140	160	180	200

1.10

2 Toleranties, passingen, oppervlaktegesteldheid

- 2.1 a) H7/r6 b) H7/k6 c) H7/n6 d) H7/h6

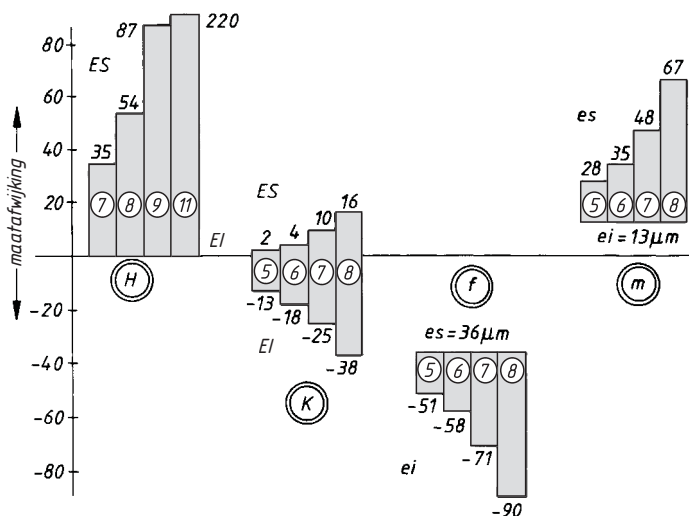
2.2 Plaats tolerantieveld H: $EI = 0$.

Plaats tolerantieveld K: $ES = -3 + \delta$ ($\delta = 5, 7, 13, 19 \mu\text{m}$ afhankelijk van tolerantieklasse, zie tabel 2-3).

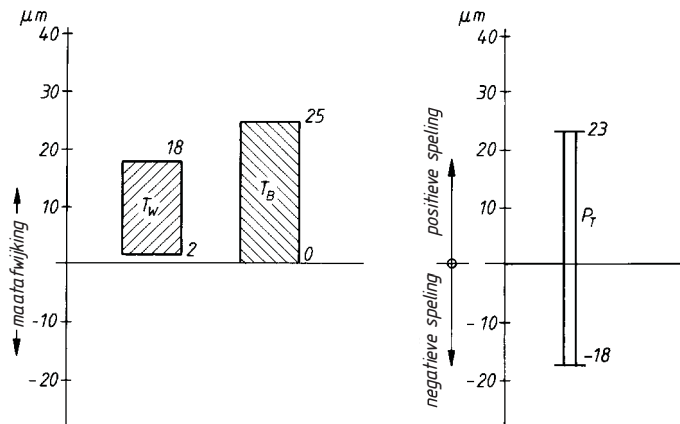
Plaats tolerantieveld f: $es = -36 \mu\text{m}$ (tabel 2-2).

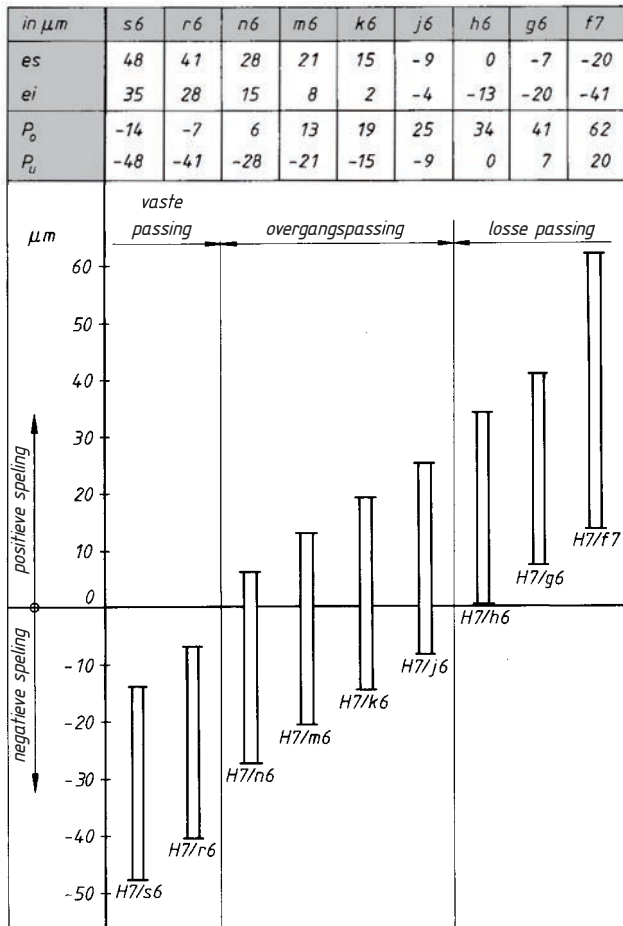
Plaats tolerantieveld m: $ei = 13 \mu\text{m}$ (tabel 2-2).

Tolerantieklasse IT ...	5	6	7	8	9	11
Standaardtolerantie IT in μm	15	22	35	54	87	220



- 2.3 a) As $\varnothing 50$ k6, $es = 18 \mu\text{m}$, $ei = 2 \mu\text{m}$.
 Gat $\varnothing 50$ H7, $ES = 25 \mu\text{m}$, $EI = 0$.
 b) $G_{GA} = 50,018 \text{ mm}$, $G_{KA} = 50,002 \text{ mm}$.
 $G_{GB} = 50,025 \text{ mm}$, $G_{KB} = 50,000 \text{ mm}$.
 c) $P_{\max} = 23 \mu\text{m}$, $P_{\min} = -18 \mu\text{m}$. (Overgangspassing omdat $P_{\max} > 0$ en $P_{\min} < 0$; er is zowel positieve als negatieve speling mogelijk.)



2.4 $\varnothing 30$ H7: $ES = 21 \mu\text{m}$, $EI = 0$.

- 2.5
- $P_T = 49 \mu\text{m}$.
 - $T'_B \approx 30 \mu\text{m}$; $T'_A \approx 19 \mu\text{m}$.
 - H7 (tolerantie met tolerantieklasse 7) met $EI = 0$, $ES = 30 \mu\text{m}$, $T_B = 30 \mu\text{m}$.
 - $ei' = 123 \mu\text{m}$, $es' = 142 \mu\text{m}$.
 - x6 met $ei = 122 \mu\text{m}$, $es = 141 \mu\text{m}$ en daarmee $T_A = 19 \mu\text{m}$.

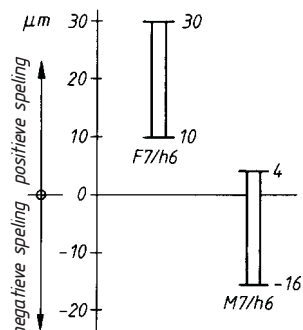
- 2.6
- Voor de passing 25 H8/e8 zijn de grenspassingen $P_{\min} = 40 \mu\text{m}$ en $P_{\max} = 106 \mu\text{m}$ (gewenste waarden).
 Voor de passing 25 D9/k6 zijn de grenspassingen $P_{\min} = 50 \mu\text{m}$ en $P_{\max} = 115 \mu\text{m}$ (werkelijke waarden).
 D9 met $ES = 117 \mu\text{m}$, $EI = 65 \mu\text{m}$.

- 2.7
- H7/f7.
 - $N = 30 \text{ mm}$, $T_l = 0,2 \text{ mm}$ ($l_g = 29,7 \text{ mm}$, $l_k = 29,6 \text{ mm}$).

$$30 \begin{smallmatrix} -0,3 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$$

- 2.8 a) Hefboomgat: F7, rolgat: M7.
 b) $N = 100 \text{ mm}$; $T_L = 0,1 \text{ mm}$ ($L_g = 10,3 \text{ mm}$, $L_k = 10,2 \text{ mm}$).

$$10^{+0,3}_{+0,2}$$



- 2.9 a) H7/f7; $P_{\max} = 43 \mu\text{m}$, $P_{\min} = 13 \mu\text{m}$ ($ES = 15 \mu\text{m}$, $EI = 0$; $es = -13 \mu\text{m}$, $ei = -28 \mu\text{m}$).
 b) $N = 10 \text{ mm}$, $T_a = 0,06 \text{ mm}$ ($a_g = 17,28 \text{ mm}$, $a_k = 17,22$). De maatschrijving is derhalve:

$$17^{+0,3}_{+0,2}$$

- c) $R_z = 6,3 \mu\text{m}$ (tolerantieklasse 7, nominale maat $N = 10 \text{ mm}$, gemiddeld functioneel vlak)

$$\sqrt{R_z} 6,3$$

- 2.10 a) $N = 29 \text{ mm}$, $T_a = 0,05 \text{ mm}$ ($a_g = 29,05 \text{ mm}$, $a_k = 29 \text{ mm}$).

$$29^{+0,05}$$

- b) Aan de voorwaarde van de zijdelingse lagerspeling van 0 tot maximaal 0,1 mm kan niet worden voldaan!
 c) $R_z = 6,3 \mu\text{m}$ (tolerantieklasse 6, nominale maat $N = 50 \text{ mm}$, gemiddeld functioneel vlak).

$$\sqrt{R_z} 6,3$$

- 2.11 $N = 26 \text{ mm}$, $T_l = 0,1 \text{ mm}$ ($l_g = 26,5 \text{ mm}$, $l_k = 26,4 \text{ mm}$).

$$26^{+0,5}_{+0,4}$$

- 2.12 $N = 45 \text{ mm}$, $T_l = 0,2 \text{ mm}$ ($l_g = 44,75 \text{ mm}$, $l_k = 44,55 \text{ mm}$).

$$45^{+0,25}_{-0,45}$$

- 2.13 $N = 7 \text{ mm}$, $T_l = 0,1 \text{ mm}$ ($l_g = 7,2 \text{ mm}$, $l_k = 7,1 \text{ mm}$).

$$7^{+0,2}_{+0,1}$$

- 2.14 $N = 102 \text{ mm}$, $T_D = 0,515 \text{ mm}$ ($D_g = 102,079 \text{ mm}$, $D_k = 101,564 \text{ mm}$).

$$\varnothing 102^{+0,008}_{-0,44}$$

- 2.15 $N = 40 \text{ mm}$, $D_{Ag} = 39,95 \text{ mm}$, $D_{Ak} = 39,925 \text{ mm}$, $es' = -0,05 \text{ mm}$, $ei' = -0,075 \text{ mm}$;
 $e8$ ($es = -0,05 \text{ mm}$, $ei = -0,089 \text{ mm}$).

- 2.16 $N = 10 \text{ mm}$, $d_{1g} = 10,086 \text{ mm}$, $d_{1k} = 10,035 \text{ mm}$; vastgesteld D9 ($ES = 76 \mu\text{m}$, $EI = 40 \mu\text{m}$).

$$\varnothing 10^{D9}$$

- 2.17 $A_k = A_g = 0,15 \text{ mm}$.

$$60 \pm 0,15$$

- 2.18 $N = 16 \text{ mm}$, $d_g = 15,9 \text{ mm}$, $d_k = 15,727 \text{ mm}$.

$$\varnothing 16^{+0,1}_{-0,27}$$

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

Deze vijfde druk van het *Opgavenboek* bestaat uit drie delen: opgaven, aanwijzingen en uitwerkingen. Er zijn meer dan 400 opgaven opgenomen. Elk hoofdstuk bestaat uit een aantal basisopgaven, gevolgd door een serie inzichtvragen die een praktische invalshoek hebben. De praktische vragen zijn zo opgezet dat er verschillende oplossingsmogelijkheden zijn.

Het aanwijzingendeel bestaat uit tips en toelichtingen bij de opgaven, met waar nodig een verwijzing naar de stof in het theorieboek. Het laatste deel van het boek geeft de antwoorden en uitwerkingen van de opgaven. De uitwerkingen, met de tussenantwoorden tussen haakjes en vaak voorzien van afbeeldingen, zijn bedoeld om de eigen oplossing te kunnen controleren.

ISBN 978 90 395 2646 0

NUR 173 / 929



9 789039 526460

www.academicservice.nl