

Colofon

MK Publishing
Fokkerstraat 39, 3905 KV Veenendaal
Telefoon: (0318) 52 42 92
E-mail: info@mkpublishing.nl
Internet: www.mkpublishing.nl

Omslag: Inkijk in een planetaire kast
[bron: De Graaf aandrijvingen B.V.]

Deze Technische Leergang is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met onderstaande bedrijven.

Met dank aan:

| | |
|-----------------------------|--|
| ABI B.V. | www.abi.nl |
| Apex Dynamics B.V. | www.apexdyna.nl |
| Bakker & CO B.V. | www.bakker-co.com |
| Brevini Group Benelux | www.brevini.nl |
| De Graaf aandrijvingen B.V. | www.degraaf-aandrijvingen.nl |
| Elsto Drives & Controls | www.elsto.eu |
| WEG Benelux N.V. | www.weg.net/nl |



Delta Press is een merknaam van MK Publishing

Eerste druk: 2016
© MK Publishing, Veenendaal
ISBN 978-94-6271-092-4

Samengesteld door Ing. R. van den Brink



Dit werk, en al zijn delen inbegrepen, is auteursrechtelijk beschermd. Ieder gebruik buiten de beperkte mogelijkheden die de auteurswet toelaat, is zonder toestemming van de uitgever ontoelaatbaar, illegaal en dus strafbaar.

De auteur/uitgever kan, ondanks de maximale inspanning om een uitstekend boekwerk samen te stellen, geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten in deze Technische leergang noch voor de gevolgen ervan.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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 kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Inhoud

| | | | | |
|--|-----------|-------------------------------------|--|-----------|
| Tandwielkasten | 7 | 5 | Rechte en haakse planetaire tandwielkasten | 39 |
| 1 De aandrijfketen | 9 | 5.1 | Inleiding | 39 |
| 1.1 Inleiding | 9 | 5.2 | Het planetaire tandwielstelsel | 40 |
| 1.2 Hoofddeling aandrijfketen | 9 | 5.3 | Combinaties van planetaire tandwielstelsels | 42 |
| 1.3 Natuurkundige begrippen | 10 | 5.4 | Uitvoeringen en technische details van een planetaire tandwielkast | 43 |
| 1.4 Arbeid | 11 | 5.5 | Planetaire opsteektandwielkast met torsie-arm | 46 |
| 1.5 Vermogen | 11 | 5.6 | Lamellenrem | 47 |
| 1.6 Koppel | 11 | 5.7 | Toepassingen van planetaire tandwielkasten | 48 |
| 1.7 Verband tussen mechanisch vermogen, koppel en toerental | 12 | 6 Wormkasten | 51 | |
| 1.8 De vier kwadranten van een aandrijving | 13 | 6.1 | Inleiding | 51 |
| 1.9 De rol van de tandwielkast in de aandrijfketen | 14 | 6.2 | Opbouw en werking | 52 |
| 2 Tandwieloverbrengingen | 17 | 7 Motorreductoren | 55 | |
| 2.1 Inleiding | 17 | 7.1 | Inleiding | 55 |
| 2.2 Principe tandwieloverbrenging | 17 | 7.2 | Opbouw en werking | 55 |
| 2.3 Overbrengverhouding i en toerental n | 17 | 8 Overige tandwielkasten | 57 | |
| 2.4 Overbrengverhouding i en koppel T | 18 | 8.1 | Inleiding | 57 |
| 2.5 Evolvente vertanding | 19 | 8.2 | Cycloïde overbrenging | 57 |
| 2.6 In elkaar grijpen van tandwielen, de drukhoek en de ingrijpweg | 22 | 8.3 | Harmonic drive | 58 |
| 2.7 Het aantal tanden en de overbrengverhouding i in relatie tot het slijtagepatroon | 24 | 9 Smering van tandwielkasten | 61 | |
| 3 Tandwielkasten, rechte en haakse overbrengingen | 27 | 9.1 | Inleiding | 61 |
| 3.1 Inleiding | 27 | 9.2 | Smering algemeen | 61 |
| 3.2 Functie van de behuizing of kast | 27 | 9.3 | Smeren van tandwielen | 63 |
| 3.3 Rechte en haakse overbrenging | 27 | 9.4 | Smeermiddelen voor tandwielkasten | 64 |
| 3.4 Soorten haakse tandwieloverbrengingen | 28 | 9.5 | Smeersystemen voor tandwielkasten | 67 |
| 4 Rechte en haakse vlakke tandwielkasten | 33 | 9.6 | Pitting | 68 |
| 4.1 Inleiding | 33 | | | |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 10 | Techniek, onderhoud, montage en inbedrijfstelling van tandwielkasten | 71 |
| 10.1 | Onderhoudsstrategieën en onderhoudsmanagement | 71 |
| 10.2 | ToestandsAfhankelijk Onderhoud (TAO) | 71 |
| 10.3 | Lagers | 72 |
| 10.4 | Rendement | 74 |
| 10.5 | Koeling en verwarming | 74 |
| 10.6 | Afdichtingen | 76 |
| 10.7 | Onderhoud aan afdichtingen | 77 |
| 10.8 | Behuizing | 77 |
| 10.9 | Onderhoud van tandwielkast en smeermiddel | 80 |
| 10.10 | Vervangen van het smeermiddel | 80 |
| 10.11 | Montage | 82 |
| 10.12 | Machinerichtlijn en ATEX | 86 |
| 10.13 | ATEX | 86 |
| 10.14 | In bedrijfstellen | 86 |
| 11 | Selectie van tandwielkasten | 89 |
| 11.1 | Type tandwielkast | 89 |
| 11.2 | Koppel, toerental en vermogen | 90 |
| 11.3 | Principe van tandwielkastselectie | 90 |
| 11.4 | Selectie kleine tandwielkasten i.r.t. rendement | 94 |
| 11.5 | Koppelingen | 94 |

Tandwielkasten

Elke aandrijving bestaat uit een keten van componenten met elk een specifieke functie. Aan het einde van de aandrijfketen zit de last die moet worden aangedreven, aan het begin de energiebron die de benodigde energie levert. Als energiebron wordt in het algemeen gebruik gemaakt van elektromotoren en verbrandingsmotoren. Een elektro- of verbrandingsmotor kan in een aantal gevallen de last direct aandrijven: er is dan sprake van een eenvoudige aandrijfketen.

Echter in veel gevallen bestaat de aandrijfketen uit meerdere onderdelen zoals bijvoorbeeld:

- elektro- of verbrandingsmotor, koppeling, tandwielkast, koppeling, last;
- elektro- of verbrandingsmotor, koppeling, hydro-pomp, hydromotor, koppeling tandwielkast, koppeling, last;
- elektro- of verbrandingsmotor, koppeling, omspannen overbrenging, koppeling tandwielkast, koppeling, last.

Uiteraard zijn er nog veel meer combinaties mogelijk. Het doel van een aandrijfketen is om het door de last gevraagde en door de energiebron geleverde vermogen in de juiste vorm (kracht, koppel, snelheid, toerental) en op een gecontroleerde wijze op elkaar af te stemmen en op de juiste plaats te krijgen.

Deze Technische leergang spitst zich toe op tandwielkasten, belangrijke schakels in veel aandrijfketen.

Bij tandwielkasten wordt vaak gedacht aan grote kasten en uiteraard komen die in de aandrijftechniek, en dus ook in deze Technische Leergang, veel en uitgebreid voor.

Door de ontwikkelingen in de mechatroniek en robotisering is er ook een behoefte aan kleine direct tegen de servomotor aangebouwde nauwkeurige tandwielkasten. De uitgaande as van de tandwielkast drijft dan bijvoorbeeld direct een robotarm aan.

In deze Technische leergang worden vanuit de aandrijftechniek de belangrijkste natuurkundige begrippen zoals vermogen, koppel en toerental behandeld evenals de basisprincipes van tandwieloverbrengingen. Vanuit deze basis worden de verschillende soorten tandwielkasten en specifieke eigenschappen en toepassingen uitgelegd. Aansluitend komen onder andere de volgende onderwerpen aan de orde:

- selectie van tandwielkasten en berekeningsvoorbeelden;
- montage;
- onderhoud;
- smering;
- commissioning.

De bij deze Technische Leergang behorende DVD bevat ondersteunend les- en studiemateriaal:

- per hoofdstuk een presentatie met de afbeeldingen uit het boek, extra teken- en fotomateriaal en video's;
- video's en animaties zijn ook direct via de menu's te benaderen.