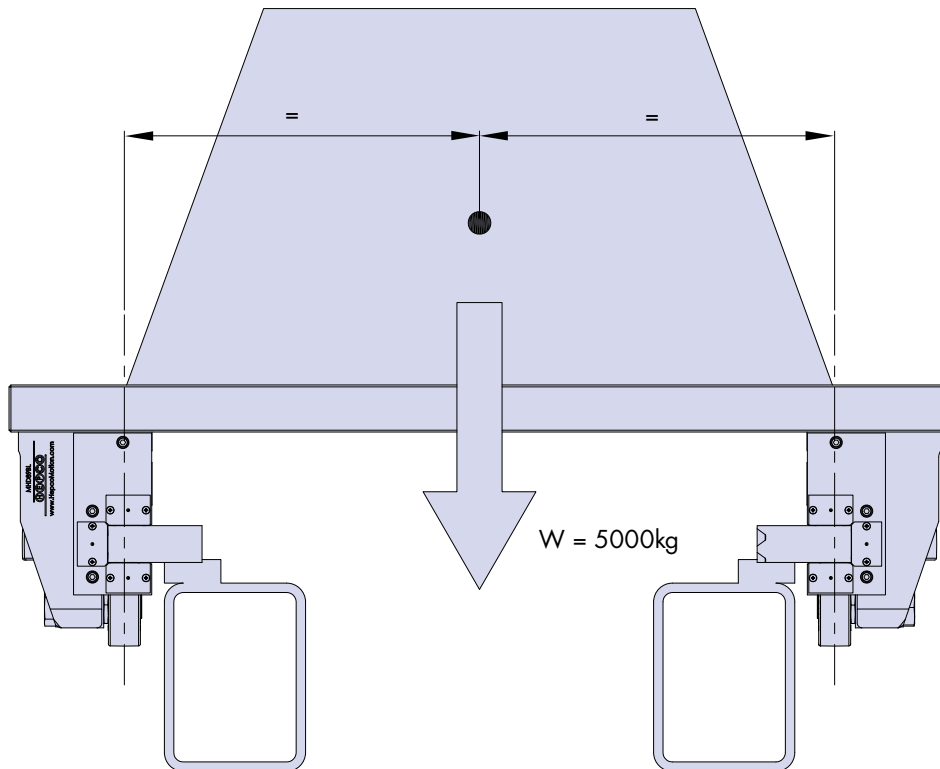


MHD Berekeningen belasting/levensduur

Voorbeeld 1



Een systeem met een gecombineerde massa van 5000kg is centraal geïnstalleerd op een wagen die met 4 lagerblokken is uitgerust. Smering wordt voorzien door de montage van optionele smeereenheden. De slaglengte van het systeem is 5m en de snelheid is 0.5m/s tijdens een 50% werkcyclus voor 40 uur per week. Traagheidsbelastingen die aanwezig zijn op het systeem tijdens acceleratie, worden genegeerd ten behoeve van deze berekening. De enige belasting voor het geleidingssysteem is het gecombineerde gewicht van de wagen en de ondersteunende massa.

Het totale gewicht dat gedragen wordt door de vier lagers is berekend als 49,050N (= massa x g = 5000kg x 9.81m/s² = 49,050N). Aangezien dit gewicht gelijk wordt verdeeld tussen de 4 lagerblokken, draagt elk blok 25% van de belasting, namelijk 12,262.5N.

In dit voorbeeld is de belastingsrichting enkel omlaag, daarom dragen de bovenste lagers de belasting. De levensduur voor de lagers wordt berekend met de formule (zie MHD catalogus, pag. 6):

$$\text{Levensduur bovenste lager (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A(\max)}}{L_{1A}} \right)^{3.3}$$

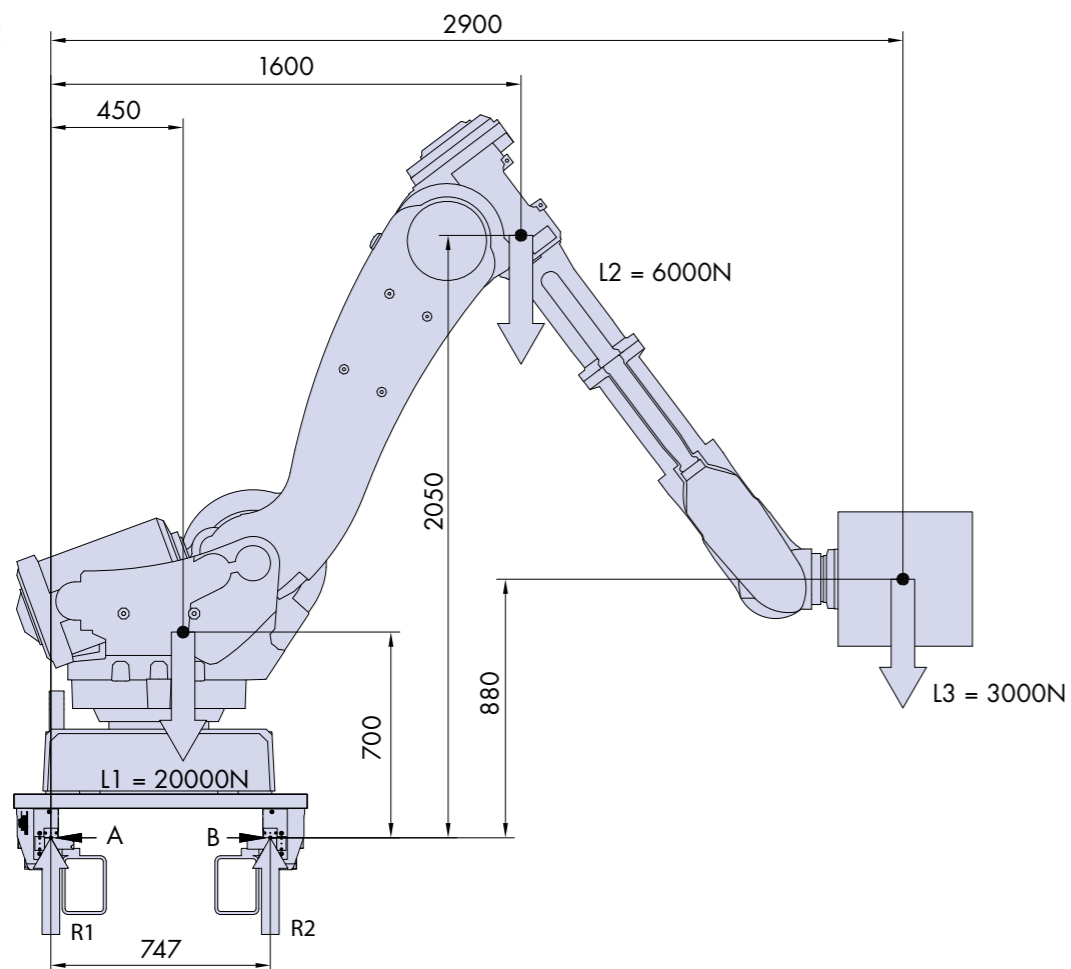
Hierbij is $L_{1A(\max)} = 34,000\text{N}$ en $L_{1A} = 12,262.5\text{N}$

De levensduur van het bovenste lager wordt hiermee berekend als ongeveer 28.945km.

Met bovenvermelde werkcyclus is de systeem snelheid 0.5m/s x 60 x 60 x 40 (seconden/week) x 0.5 (50% werkcyclus) = 36,000m of 36km per week. De verwachte systeem levensduur is derhalve 28,945km/36 = 804 weken of ongeveer 15.5 jaar.

MHD Berekningen belasting/levensduur

Voorbeeld 2



Een MHD systeem wordt gebruikt in een robot toepassing waar een robot bevestigd is op een tandheugel aangedreven wagen die voor de langsbeweging zorgt in een pick and place toepassing. Het diagram toont hoe de robot is gepositioneerd gedurende de werkcyclus. De uitgestrekte robot arm heeft 3 zwaartepunten welke posities en waarden zijn weergegeven in voorbeeld 2, hierboven getoond. De zwaartepunten liggen allemaal in hetzelfde verticale vlak dat zich centraal ten opzichte van de wagenlengte bevindt. De werkcyclus vereist dat de robot zich verplaatst tussen 2 werkstations, 10m uit elkaar. De snelheid is 1m/s voor een 40% werkcyclus van 40 uur per week. De traagheidsbelastingen bij het opstarten en deceleratie zijn genegeerd ten behoeve van deze berekening, aangezien de acceleratie zeer gering is.

De momentbelasting vermeerderd de belasting op de bovenste lagere aan de rechtse kant van de wagen en vermindert de belasting op de bovenste lagere aan de linkse kant van de wagen. De krachten die gedragen worden door de lagere worden als volgt berekend:

[opsomming van alle krachten]	$R1 + R2 = L = 29000N$
[momenten van A]	$R2 \times 0.747m - (0.45m \times 20000N) - (1.6m \times 6000N) - (2.9m \times 3000N) = 0$
[herschikken bovenstaande]	$R2 = 27300 / 0.747 = 36546N$
[vervangen in eerste formule]	$R1 + 36546 = 29000N : R1 = -7546N$

Het wordt duidelijk uit bovenstaande formules dat de blokken aan de rechter kant van de geleiding een zwaardere belasting hebben en dat de bovenste lagere deze belasting dragen. De blokken aan de linker kant zijn minder zwaar belast en het zijn de onderste lagere die de belasting dragen en die het draaimoment van de belasting weerstaan. Hierdoor zijn het de bovenste lagere die de levensduur van het systeem bepalen.

Zowel R1 en R2 worden ondersteund door 2 lagerblokken, dus elk blok draagt de helft van de belasting. Het zwaarst belaste blok draagt daarom een kracht van $36546/2 = 18273N$.

Door de formule voor levensduur voor het bovenste lager te gebruiken komt de levensduur neer op:

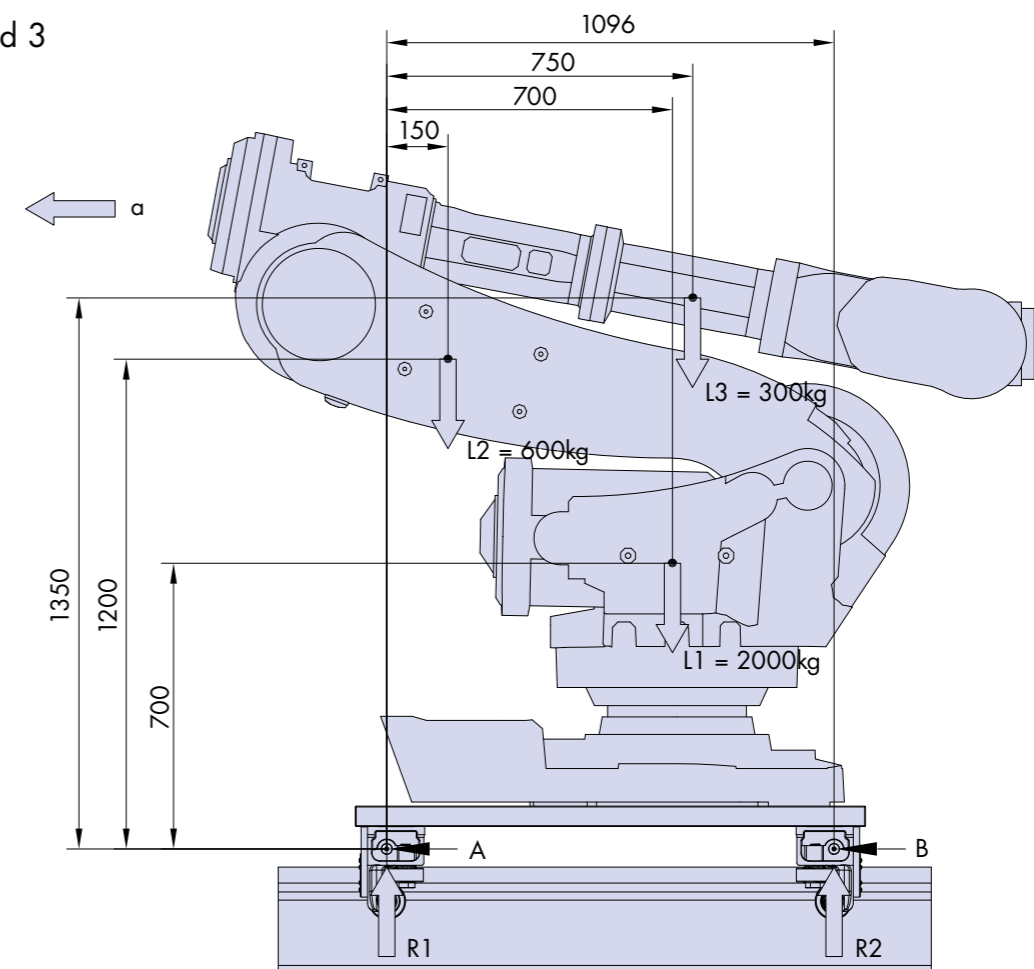
$$\text{Levensduur bovenste lager (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A}(\max)}{L_{1A}} \right)^{3.3} = 7760 \text{ km}$$

Waar $L_{1A}(\max) = 34,000N$ en $L_{1A} = 18273N$

In deze toepassing is de systeem snelheid $1m/s \times 60 \times 60 \times 40$ (seconden/week) $\times 0.4$ (40% werkcyclus) = 57600m of 57.6km per week. De systeem levensduur is derhalve $7760/57.6 = 136$ weken of ongeveer **2.6 jaar**

MHD Berekningen belasting/levensduur

Voorbeeld 3



Een MHD geleidingssysteem wordt gebruikt in een automatiseringsomgeving om een robot te verplaatsen tussen twee werkstations. Bij beweging is de robot in de ruststand en heeft 3 zwaartepunten welke posities en waarden zijn weergegeven in het diagram. De zwaartepunten liggen allemaal in hetzelfde verticale vlak dat zich centraal ten opzichte van de breedte van de wagen bevindt. De robot versnelt met $a1 (=1m/s^2)$ totdat de maximale snelheid van 3m/s wordt gehaald. Hij behoudt deze constante snelheid totdat hij decelereert met een $a2 (=0.4m/s^2)$ tot een volledige stop. Tijdens de terugtocht loopt het systeem met een snelheid van 0.5m/s, waarbij de krachten van de acceleratie te verwaarlozen zijn en worden genegeerd ten behoeve van dit voorbeeld. Het systeem heeft een slag van 20m. Deze loopcyclus werkt op een 35% werkcyclus van 40 uur per week. Als we aannemen dat de lagere ruim binnen hun statische belastingscapaciteit worden benut wanneer de robot operationeel is bij ieder werkstation, dan zal de levensduur van het systeem bepaald worden door de meest zwaar belaste lagere gedurende de loopcyclus.

Een korte kijk op het diagram suggereert dat R2 de grotere reactiekracht zal zijn wanneer het systeem werkt op constante snelheid en wanneer het systeem versnelt in de richting van de pijl.

Fase 1 : De reactiekrachten berekenen wanneer het systeem accelereert in de richting van de pijl.

[opsomming van alle krachten]	$R1 + R2 = L = (2900kg \times g) = 28449N$
[momenten van A]	$R2 \times 1.096 - (0.15m \times 600kg \times g) - (0.7m \times 2000kg \times g) - (0.75m \times 300kg \times g) - (0.7m \times 2000kg \times a_1) - (1.2m \times 600kg \times a_1) - (1.35m \times 300kg \times a_1) = 0$
[herschikken bovenstaande]	$R2 = 19349 / 1.096 = 17654N$
[vervangen in eerste formule]	$R1 + 17654 = 28449N : R1 = 10795N$

Hierbij is

g = acceleratie vanwege zwaartekracht ($9.81m/s^2$)

a_1 = acceleratie van het systeem ($1m/s^2$)

Zowel R1 en R2 worden ondersteund door twee lagerblokken, dus ieder blok draagt de helft van de belasting. Het meest zwaar belaste blok ondergaat een belasting van $17654/2 = 8827N$.

MHD Berekningen belasting/levensduur

Fase 2 : De reactiekrachten berekenen wanneer het systeem werkt met een constante snelheid.

[opsomming van alle krachten]	$R1 + R2 = L = 28449\text{N}$
[momenten van A]	$R2 \times 1.096 - (0.15\text{m} \times 600\text{kg} \times g) - (0.7\text{m} \times 2000\text{kg} \times g) - (0.75\text{m} \times 300\text{kg} \times g) = 0$
[herschikken bovenstaande]	$R2 = 16824 / 1.096 = 15350\text{N}$
[vervangen in eerste formule]	$R1 + 15350 = 28449\text{N} : R1 = 13099\text{N}$

Zowel R1 en R2 worden ondersteund door twee lagerblokken, dus ieder blok draagt de helft van de belasting. Het meest zwaar belaste blok ondergaat een belasting van $15350/2=7675\text{N}$

Men kan zien dat er een verandering in reactiekrachten is wanneer het systeem versnelt, in dit voorbeeld neemt R2 met ongeveer 15% toe gedurende de periode van acceleratie. Deze reactiekrachten zullen hetzelfde zijn tijdens de terugloop van de loopcyclus omdat aangenomen wordt dat de gehele slag een constante snelheid van 0.5m/s heeft.

Fase 3 : De reactiekrachten berekenen wanneer het systeem decelereert tot stilstand.

[opsomming van alle krachten]	$R1 + R2 = L = (2900\text{kg} \times g) = 28449\text{N}$
[momenten van A]	$R2 \times 1.096 - (0.15\text{m} \times 600\text{kg} \times g) - (0.7\text{m} \times 2000\text{kg} \times g) - (0.75\text{m} \times 300\text{kg} \times g) + (0.7\text{m} \times 2000\text{kg} \times a_2) + (1.2\text{m} \times 600\text{kg} \times a_2) + (1.35\text{m} \times 300\text{kg} \times a_2) = 0$
[herschikken bovenstaande]	$R2 = 15814 / 1.096 = 14429\text{N}$
[vervangen in eerste formule]	$R1 + 14429 = 28449\text{N} : R1 = 14020\text{N}$

Zowel R1 en R2 worden ondersteund door twee lagerblokken, dus ieder blok draagt de helft van de belasting. Het meest zwaar belaste blok ondergaat een belasting van $14020/2=7010\text{N}$

Fase 4 : De gemiddelde belasting van de lagers berekenen om zodoende de levensduur van het systeem te berekenen.

Men kan zien dat de bovenste lagers aan de rechtse kant van het diagram onder de zwaarste belastingen staan tijdens de werkcyclus. Aangezien de belastingen van de bovenste lagers veranderen tijdens de werkcyclus, is het noodzakelijk om de gemiddelde belasting te berekenen gebaseerd op de tijdverdeling in relatie tot de verschillende belastingwaarden. Deze gemiddelde belasting kan dan gebruikt worden om de levensduur van het systeem te berekenen.

Bij verschillende belastingen, wordt de gemiddelde belasting als volgt berekend:

$$F_m = \sqrt[3.3]{F_1^{3.3} \times \frac{q_1}{100} + F_2^{3.3} \times \frac{q_2}{100} + F_3^{3.3} \times \frac{q_2}{100}}$$

Hierbij is F_m = gemiddelde belasting
 q = tijdverdeling (%)

Om de tijdverdeling te berekenen moet de tijd berekend worden die gespendeerd wordt aan acceleratie, de tijd gespendeerd aan deceleratie en de tijd gespendeerd aan de constante snelheid en deze als percentages weer te geven van de totale tijd om een volledige werkcyclus te volbrengen.

Tijd voor acceleratie, t_1 , wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$v = u + at$$

Hierbij is v = uiteindelijke snelheid
 u = initiële snelheid
 a = acceleratie
 t = tijd

Door bovenstaande formule te herschikken en de waarden te vervangen krijgt men:

$$t_1 = (3\text{m/s} - 0\text{m/s}) / 1\text{m/s}^2 = 3\text{s}$$

Tijd gespendeerd aan deceleratie, t_2 , wordt berekend met dezelfde formule en komt uit op 7.5s.

De tijd gespendeerd aan constante snelheid, t_3 , is de som van de tijd gespendeerd aan constante snelheid bij de heen- en teruggaande beweging. De tijd gespendeerd aan constante snelheid bij de teruggaande beweging kan berekend worden door middel van de volgende formule:

$$t = s / v$$

Hierbij is v = snelheid
 s = afstand

Door de waarden te vervangen krijgt men:

$$t_r = 20\text{m} / 0.5\text{m/s} = 40\text{s}$$

MHD Berekningen belasting/levensduur

Om de afgelegde afstand bij constante snelheid van de heengaande beweging te berekenen moeten we de afgelegde afstand berekenen als het systeem accelereert/ decelereert en deze waarde van de slag aftrekken. De afgelegde afstand als het systeem accelereert wordt berekend door middel van de volgende formule van beweging:

$$v^2 = u^2 + 2as$$

Hierbij is v = uiteindelijke snelheid

u = initiële snelheid

a = acceleratie

s = afstand

Door bovenstaande formule te herschikken en de waarden te vervangen krijgt men:

$$s_1 = (3^2 - 0^2) / 2 \times 1 = 4.5\text{m}$$

De afgelegde afstand bij deceleratie is dan $s_2 = 11.25\text{m}$

De afstand bij gelijke snelheid is dan $s_3 = 4.25\text{m}$ ($20\text{m} - (4.5 + 11.25\text{m})$) en de tijd gespendeerd bij constante snelheid bij de heengaande beweging = 1.4s ($4.25\text{m} / 3\text{m/s}$).

Concluderend is de totale tijd gespendeerd bij constante snelheid $t_3 = 41.4\text{s}$ ($= t_r + t_d$) en de tijd om één werkcyclus te voltooien is 51.9s ($= 3\text{s} + 7.5\text{s} + 41.4\text{s}$)

De tijdverdelingen kunnen nu berekend worden en zijn als volgt, $q_1 = 6\%$ ($3\text{s} / 51.9\text{s} \times 100$), $q_2 = 14\%$ ($7.5\text{s} / 51.9\text{s} \times 100$) en $q_3 = 80\%$ ($41.4\text{s} / 51.9\text{s} \times 100$).

Door de waarden te vervangen in de formule voor gemiddelde belasting:

$$F_m = \sqrt[3.3]{8827^{3.3} \times \frac{6}{100} + 7010^{3.3} \times \frac{14}{100} + 7675^{3.3} \times \frac{80}{100}} = 7673\text{N}$$

Door gebruik te maken van de formule voor levensduur voor het bovenste lager, komt de levensduur in km op het volgende:

$$\text{Levensduur bovenste lager (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A(\text{max})}}{L_{1A}} \right)^{3.3} = 135,986\text{km}$$

Hierbij is $L_{1A(\text{max})} = 34000\text{N}$ en $L_{1A} = 7673\text{N}$

In deze toepassing loopt het systeem [$60 \times 60 \times 40$ (seconden/week) $\times 0.35$ (35% werkcyclus)] / 51.9s (cyclus tijd) = 971 cycli per week. Elke cyclus is 40m, dus het systeem loopt 38.8km per week. De levensduur van het systeem is daarom $135,986 / 38.8 = 3505$ weken of **67.4 jaar**.

Opmerking

Voor berekeningen waarbij de zijlagers of onderste lagers het meest zwaar belast worden in een dynamisch systeem, moet de krachtfactor 3.3 vervangen worden door 3 in bovenstaande formule voor gemiddelde belasting, wat resulteert in:

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \times \frac{q_1}{100} + F_2^3 \times \frac{q_2}{100} + F_3^3 \times \frac{q_2}{100}}$$

HepcoMotion®

Doornhoek 3850, 5465 TB Veghel, Nederland

Tel: +31 (0)492 551290

Fax: +31 (0)492 528105

E-mail: info.nl@hepcotion.com