

Samenvatting

Met de toename in rekenkracht van computers is het mogelijk geworden om grootschalige bulkprocessen te simuleren. Met behulp van numeriek simulaties is het mogelijk om machines die bulkgoederen hanteren te optimaliseren of herontwerpen. De Discrete Elementen Methode (DEM), een numerieke simulatie methode, gebruikt meerdere invoer parameters om het gedrag van granulate materialen te berekenen, waarbij dit gedrag sterk afhangt van de gekozen waardes voor deze parameters. De invoerparameters verschillen voor elk materiaal en contacten tussen verschillende materialen, waardoor het verkrijgen van betrouwbare invoerwaardes en daardoor betrouwbare resultaten moeilijk is.

Dit rapport onderzoekt de mogelijkheden om betrouwbare parameters te verkrijgen met behulp van een ijkingsproces waarbij de gevoeligheid van de invoerparameters wordt bestudeerd. Parameters waarvan de invloed onderzocht is zijn de schuifmodulus, de restitutiecoëfficiënt, statische en rolwrijvingscoëfficiënten, dwarscontractiecoëfficiënt en de deeltjesdichtheid. Vele simulaties zijn uitgevoerd om de effecten van elk van de parameters te bestuderen. Met deze analyse worden vervolgens drie geijkte combinaties van parameters geselecteerd en gebruikt in validatie simulaties met deeltjes met andere afmetingen. Fysieke experimenten met glaskralen worden gebruikt om de resultaten van de validatie simulaties te verifiëren. De storthoek van glaskralen is hierbij de bulkmateriaal eigenschap die wordt gemeten in de experimenten en simulaties van dit rapport.

Uit deze analyse blijkt dat de statische wrijvingscoëfficiënt en de rolwrijvingscoëfficiënt de grootste invloed hebben op de storthoek. Een toename van wrijving (statisch of rol) zorgt ervoor dat de storthoek groter wordt, zoals verwacht. De restitutiecoëfficiënt beïnvloedde de storthoek alleen wanneer een hele lage waarde werd gebruikt, dus wanneer er extreem veel energiedissipatie is. Het effect van de schuifmodulus begint zich te vertonen wanneer een waarde van minder dan 10.000 keer kleiner dan de originele waarde wordt gebruikt. Omdat de tijdsstap afhangt van de grootte van de schuifmodulus leverde een vermindering van de schuifmodulus van 1000 maal een rekestijdsbesparing

op van factor 33, terwijl de resultaten onveranderd bleven. Andere parameters bleken geen significante invloed te hebben op de grootte van de storthoek.

Drie combinaties van invoerparameters zijn gecreëerd, waarbij alleen de wrijvingscoëfficiënten verder gevarieerd, en vergeleken met experimenten. Alle combinaties vertoonden dezelfde trend als het fysieke experiment: De storthoek nam toe wanneer de afmetingen van de deeltjes toe nam. Voorspellingen gemaakt door deze drie combinaties bleken soms zeer accuraat, soms minder maar nog steeds binnen 6 procent. De simulaties van de 1 mm deeltjes voorspelde de storthoek hoger dan deze in werkelijkheid was. Hoe dit komt is onduidelijk, wellicht door incorrecte experimentele storthoeken, vanwege het ontbreken van elektrostatische krachten in de simulaties of vanwege de incorrectheid van het toepassen van geijkte waarden op deeltjes met een veel kleinere afmeting. Geijkte parameters kunnen gebruikt worden in simulaties met deeltjes van andere afmetingen, mits het verschil tussen beide afmetingen niet te groot is. Uit de resultaten van dit onderzoek is ook gebleken dat meerdere combinaties van parameters dezelfde resultaten kunnen produceren.