

University of Groningen

Fundamentals of grinding

Hegeman, J

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2000

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Hegeman, J. (2000). *Fundamentals of grinding: Surface conditions of ground materials*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

Dit proefschrift beschrijft het onderzoek naar de fysische aspecten van het slijpproces van harde en brosse materialen. Slijpen kan worden opgevat als het gecontroleerd slijten van materiaal. Gedurende het slijpproces wordt een werkstuk vervormd door de slijpkorrels op het slijpwiel. Tijdens deze deformatie wordt materiaal verwijderd van het werkstuk, maar daarnaast is het mogelijk dat gelijktijdig schade wordt aangebracht aan het oppervlak. Deze schade kan zowel bestaan uit mechanische schade als uit een verandering van functionele eigenschappen. Voorbeelden van mechanische schade zijn het ontstaan van scheuren in het oppervlak, plastische vervormingen en verandering van sterkte van het materiaal. Bij de functionele eigenschappen valt te denken aan magnetische en piëzo-elektrische eigenschappen. Ofschoon het slijpproces een significante invloed kan hebben op de eigenschappen van een geslepen oppervlak, wordt dit proces vaak toegepast tijdens de fabricage van producten omdat de maatvoering vanuit het productieproces vaak niet voldoende nauwkeurig is. Dit type beweringsproces heeft twee voordelen. Het beweringsproces is snel en heeft een hoge graad van nauwkeurigheid.

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een fysisch model dat de veranderingen in materiaaleigenschappen kan voorspellen en optimalisatie van de procesvariabelen mogelijk maakt. Het model wordt vervolgens geverifieerd aan de hand van slijpexperimenten met twee verschillende materialen namelijk kobalt-wolframcarbide en mangaan zink ferriet.

Het slijpmodel

In deze dissertatie wordt een driedimensionaal model voorgesteld voor het simuleren van het slijpproces van platte oppervlakken. In de literatuur zijn overwegend eendimensionale modellen behandeld. Doordat de geometrie van een slijpwiel directe invloed heeft op de topografie van het geslepen oppervlak,

is de correcte mathematische beschrijving van het wiel een cruciale stap in de simulatie. Het model gaat uit van een willekeurige distributie van slijpkorrels op het slijp wiel. De gemiddelde vorm van een korrel kan worden beschreven door een ellipsoïde waarbij de drie radii willekeurige lengtes hebben. Hierdoor kan de korrelgrootte worden gevarieerd. De wijze waarop het materiaal reageert op het krassen van de slijpkorrel, wordt voornamelijk bepaald door de vorm van de slijpkorrels en de mechanische eigenschappen van het materiaal. Een stompe korrel ploegt het materiaal om in tegenstelling tot een scherpe slijpkorrel welk een snijdende werking heeft. De verdeling en de gemiddelde grootte van de korrels werden gemeten met behulp van een confocale microscoop en een elektronenmicroscoop.

Nadat het slijp wiel is gesimuleerd, kan de topografie van een geslepen oppervlak worden berekend met behulp van de bewegingsvergelijkingen van het slijp wiel en het werkstuk. Voor deze berekening wordt een coördinatentransformatie uitgevoerd van het coördinatensysteem van het slijp wiel naar het systeem van het werkstuk. De simulatie kan worden opgevat als de superpositie van 'unit events'; de afzonderlijke krassen op het oppervlak. Ook de krachten die tijdens het slijpproces op het werkstuk worden uitgeoefend kunnen worden gesimuleerd. Door de mechanische deformatie zal na het slijpen de restspanning in het materiaal zijn toegenomen. Deze spanning kan worden berekend door aan te nemen dat het krassen op het oppervlak kan worden benaderd door indentaties in het oppervlak. Wanneer de restspanning is berekend, kan de verandering van andere materiaaleigenschappen worden geschat, doordat deze eigenschappen vaak worden beïnvloed door spanningen in het materiaal. Zo kan onder andere de verandering in magnetische permeabiliteit worden bepaald, omdat deze eigenschap is gerelateerd aan de (rest)spanningen in het materiaal via de magneto-elastische constanten.

Het slijpen van kobalt-wolfraamcarbide

Kobalt-wolfraamcarbide is een materiaal dat vaak wordt gebruikt voor boren en beitels vanwege de hoge slijtvastheid en hardheid van deze materialen. Kobalt-wolfraamcarbide bestaat uit keramische wolfraamcarbide korreltjes bijeengehouden door een metalen bindmiddel, kobalt. De microstructuur, dat wil zeggen de grootte en verdeling van de wolfraam carbide korrels, beïnvloedt de hardheid en slijtvastheid van een materiaal. Deze kunnen worden beschreven in termen van vrije weglengte in de kobalt fase. In dit onderzoek is aangetoond dat het slijpen van dit materiaal leidt tot schade in de wolfraamcarbide korrels

en tot plastische deformatie van het kobalt bindmiddel. Door dwarsdoorsneden te maken van het geslepen materiaal, loodrecht op de slijprichting, kan de invloed van het slijpen op het oppervlak worden bestudeerd. Met behulp van elektronen microscopie is uit dit onderzoek gebleken dat op het geslepen oppervlak een gedeformeerde laag ligt van ongeveer 1.5 μm dikte, bestaande uit gefragmenteerde wolframcarbide deeltjes en uitgesmeerd kobalt bindmiddel met wolframcarbide. Het ontstaan van deze laag kan worden verklaard aan de hand van de aangebrachte spanningen tijdens het slijpproces. Om deze laag te verklaren werden de spanningen gesimuleerd met behulp van het ontwikkelde fysische model, met als resultaat dat het spanningsveld op deze diepte een maximum heeft boven de treksterkte van kobalt-wolframcarbide. Door de laag weg te etsen, kunnen de wolframcarbide korrels onder deze laag worden bestudeerd. Daarbij blijkt dat een groot deel van deze deeltjes plastisch is gedeformeerd door beweging van dislocaties op de prismatische kristalvlakken. Ook is geconstateerd dat een deel van deze korrels was gebroken.

Met behulp van Röntgendiffractie werd de restspanning in de wolframcarbidefase bepaald. De resultaten laten zien dat de gemeten restspanningen onafhankelijk zijn van de aangebrachte spanning tijdens het slijpproces. Dit kan worden verklaard doordat Röntgenstraling een relatief lage indringdiepte heeft, waardoor hoofdzakelijk wordt gemeten in het via scheuren gerelaxeerde deel van het materiaal. De ruwheid van de geslepen oppervlakken werd gemeten met een confocale microscoop en werd vergeleken met de resultaten van het model. De parameters die de amplitude van de ruwheid beschrijven stemmen in hoge mate overeen. Echter, de parameters die de laterale ruwheid beschrijven wijken enigszins af, omdat een nauwkeurige beschrijving van materiaalgedrag ontbreekt.

Het slijpen van mangaan zink ferrieten

Mangaan zink ferriet is een keramisch materiaal met zeer goede magnetische eigenschappen. Dit materiaal wordt onder andere gebruikt voor magnetische spoeltjes. Wanneer het materiaal wordt geslepen, blijkt uit de studie met de elektronenmicroscoop, dat het materiaal overwegend via brosse breuk en het uitbreken van losse korrels van het werkstuk verwijderd wordt. Hierdoor is het materiaalgedrag niet goed te beschrijven als perfect plastisch en daarom is een andere aanpak vereist. Hiertoe is eerst een Voronoi-cel-diagram geconstrueerd, welk het gesinterde polykristallijne ferriet voorstelt. Daarna is het slijpprofiel berekend voor het ideaal plastisch materiaalgedrag, zoals werd gedaan voor het

SAMENVATTING

wolframcarbide. Het resultaat hiervan is over de Voronoi cellen gelegd. Vervolgens is aangenomen dat alle cellen boven het berekende profiel zijn verwijderd door brosse breuk en dat alles onder het profiel plastisch is gedeformeerd. De restspanningen kunnen worden berekend met behulp van het model en daarna kan de verandering in magnetische permeabiliteit worden geschat. De resultaten van het model stemmen zowel voor de ruwheidsmetingen als voor de magnetische permeabiliteit in hoge mate overeen met de gemeten waarden van de experimenteel geslepen MnZn ferrieten.

Conclusies

In dit proefschrift is aangetoond dat het mogelijk is om veranderingen in materiaalgedrag door een slijpproces te voorspellen op basis van een nieuw fysisch model. Het model is gevalideerd met behulp van microscopische waarnemingen, spanningsmetingen en ruwheids metingen.