# Oppervlakteruwheid voorspellen: meer dan een formule

15 juli 2026, 10:00

Tom Jacobs

## Van klassieke formule naar een betrouwbaardere voorspelling

De klassieke ruwheidsformule vormt al decennialang het uitgangspunt voor het voorspellen van oppervlakteruwheid. Toch liggen de gemeten waarden in de praktijk vaak aanzienlijk hoger dan de theorie voorspelt. Binnen het Vlaio-COOCK+-project 4.0 Maturiteitsversnelling werken Sirris en VIVES Hogeschool aan een model dat die kloof helpt verklaren.

### De klassieke formule blijft een goed vertrekpunt

Oppervlakteruwheid is een van de belangrijkste kwaliteitsparameters bij verspaning. Tegelijk is ze moeilijk te voorspellen. Een werkstuk kan een gemeten Ra van 1,2 µm hebben, terwijl 0,8 µm vereist was. Nochtans zijn de machine-instellingen, het gereedschap en het NC-programma ongewijzigd.

Het gevolg? Extra metingen, herbewerking of zelfs afkeur.

De klassieke formule geeft een theoretische ondergrens:

$Ra = f^2 / (32 \cdot r)$

Hierbij is f de voeding en r de hoekradius van het gereedschap. De formule levert twee bekende vuistregels op: een halvering van de voeding verbetert de ruwheid met een factor vier, terwijl een verdubbeling van de hoekradius de ruwheid ongeveer halveert.

In de praktijk liggen de gemeten waarden echter vrijwel altijd hoger. Dat komt omdat de formule uitgaat van ideale omstandigheden: een perfect scherp gereedschap, een stijve machine, homogeen materiaal en geen trillingen.

## Waarom theorie en praktijk verschillen

Drie mechanismen verklaren het grootste deel van het verschil tussen de theoretische en de gemeten oppervlakteruwheid.

#### 1. Materiaalgedrag

Materialen zoals titanium, austenitisch roestvrij staal en sommige aluminiumlegeringen vormen tijdens het verspanen een built-up edge. Daardoor verandert de effectieve snijgeometrie en stijgt

de oppervlakteruwheid. Daarom wordt vaak een materiaalfactor gebruikt, die verschilt per materiaalsoort.

#### 2. Gereedschapsslijtage

Een versleten gereedschap verandert geleidelijk van vorm. Flankslijtage veroorzaakt extra warmte en wrijving, waardoor de oppervlakteruwheid toeneemt. Daarom wordt in veel modellen ook een gereedschapsconditiefactor opgenomen.

#### 3. Dynamisch gedrag van de machine

Ook de machine zelf speelt een belangrijke rol. Trillingen, chatter en doorbuiging van gereedschap of werkstuk laten rechtstreeks sporen na op het bewerkte oppervlak. Deze effecten worden volledig genegeerd in de klassieke formule.

Door deze factoren toe te voegen ontstaat een realistischer model:

Ra ? k??? · C???? · f² / (32 · r)

De materiaalfactor (kmat) en gereedschapsconditiefactor (Ctool) maken de voorspelling veel bruikbaarder voor de praktijk.

## Onderzoek combineert fysica en machinedata

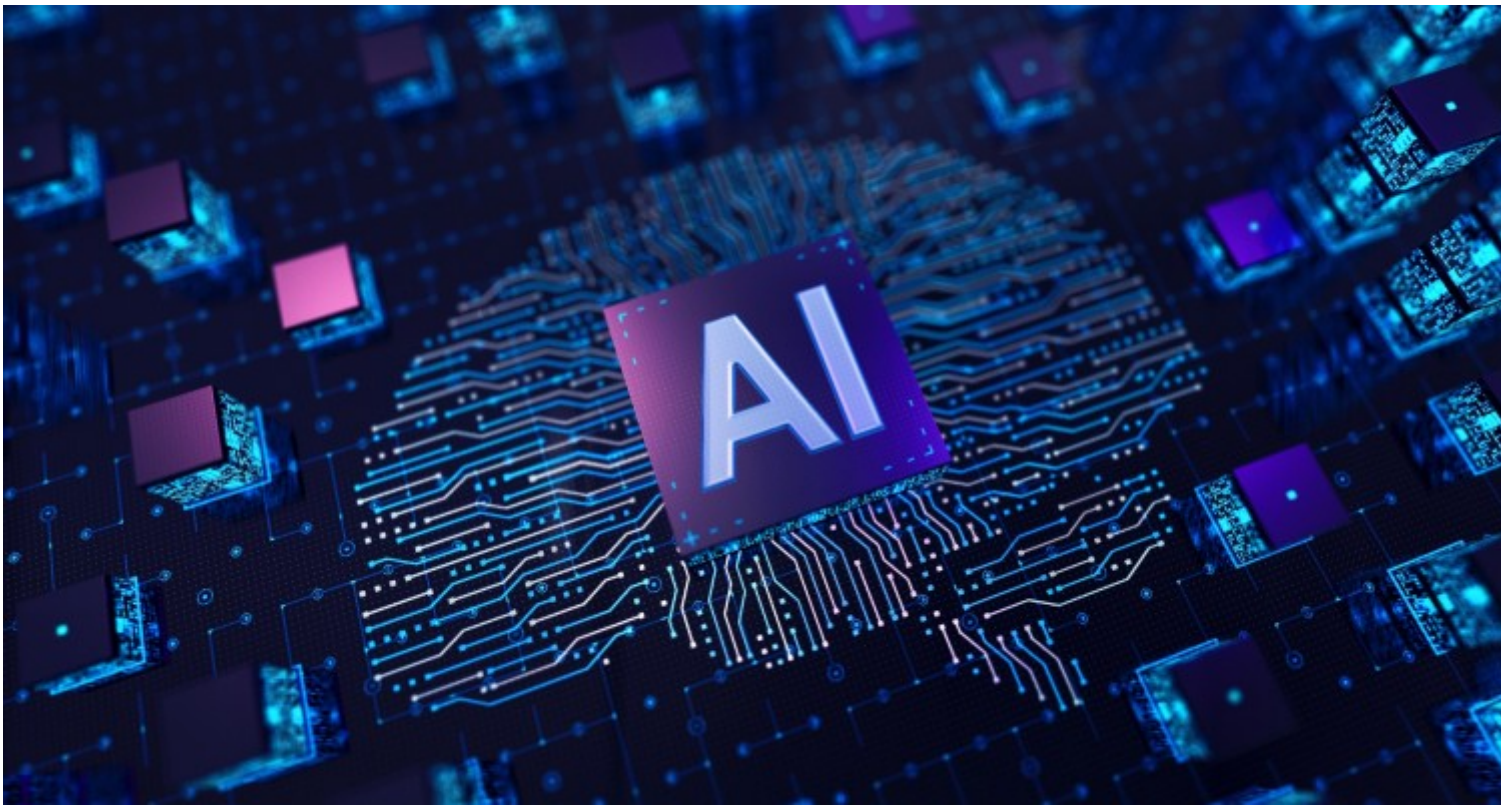
Deze aanpak is niet nieuw. Ze sluit aan bij een duidelijke onderzoekslijn waarin de klassieke geometrische formule stap voor stap wordt uitgebreid met bijkomende procesinformatie.

Muñoz-Escalona en Maropoulos (2015) toonden aan dat een puur geometrisch model voor vlakfrezen een nauwkeurigheid van bijna 98% kan bereiken, op voorwaarde dat ook run-out en de insertgeometrie correct worden meegenomen.

Martínez-Arellano e.a. (2017), een referentie die nauw aansluit bij de COOCK-aanpak, gingen een stap verder. Zij toonden aan dat het hoofdaandrijfvermogen van moderne CNC-machines, dat in real time beschikbaar is, rechtstreeks kan worden gebruikt om de oppervlakteruwheid (Ra) te voorspellen als functie van de gereedschapsslijtage (VB). Hun model gebruikt AI om de relatie tussen vermogen, slijtage en oppervlakteruwheid te leren.

Nog recentere publicaties over physics-informed machine learning (2022–2024) combineren de klassieke formules met getrainde neurale netwerken. De fysische formules fungeren daarbij als uitgangspunt of prior, terwijl het AI-model leert uit meetgegevens. Op experimentele datasets rapporteren deze modellen voorspellingsfouten van slechts 7 tot 15%. Tegelijk blijven de voorspellingen in overeenstemming met de bekende fysische wetten.

De rode draad door al deze studies is dezelfde. De klassieke formule wordt niet vervangen, maar vormt het fundament waarop corrigerende factoren en datagedreven modellen verder bouwen.




## Van theorie naar praktijk in het COOCK+-project

Binnen het Vlaio-COOCK+-project 4.0 Maturiteitsversnelling gebruiken Sirris en VIVES Hogeschool dezelfde aanpak. Het mobiele meetplatform vertrekt van de klassieke formule en combineert die met materiaaleigenschappen en machinedata.

Bij vlakfrezen van titanium (Ti6Al4V) voorspelt de geometrische formule bijvoorbeeld een Ra van ongeveer 0,21 µm. Na correctie voor het materiaal stijgt die voorspelling naar ongeveer 0,38 µm. Wanneer ook de gereedschapsconditie wordt meegenomen, komt de voorspelling uit op ongeveer 0,6 µm. De werkelijk gemeten waarde ligt tussen 1,0 en 1,2 µm.

Die resterende afwijking blijkt verklaarbaar door verhoogde trillingen en een verder versleten gereedschap. Net dat maakt het model waardevol: het voorspelt niet alleen de oppervlakteruwheid, maar helpt ook om de oorzaak van kwaliteitsverlies te achterhalen.

## Wat kunt u vandaag al doen?

U hoeft niet meteen met complexe AI-modellen te starten. Ook met beperkte inspanningen kunt u de voorspelbaarheid van uw proces verbeteren.

- Gebruik de klassieke formule als eerste controle op haalbare ruwheidseisen
- Registreer systematisch gemeten Ra-waarden voor verschillende materialen en gereedschappen
- Volg machinedata zoals spindelvermogen en trillingen om afwijkingen vroegtijdig te detecteren

Zo bouwt u stap voor stap een waardevolle dataset op die later ook kan dienen voor geavanceerdere voorspellingsmodellen.

## Van onderzoek naar praktijk

Binnen het Vlaio-COOCK+-project 4.0 Maturiteitsversnelling werken Sirris en VIVES Hogeschool samen aan methodes om verspaningsprocessen beter te voorspellen en te optimaliseren. Rond oppervlakteruwheid is een uitgebreide whitepaper beschikbaar, waarin de theorie, de actuele stand van het onderzoek en mogelijke implementatietrajecten uitgebreid aan bod komen. Haalbaarheidstesten op de eigen machines zijn mogelijk tot begin 2027.

Ontdek het project

## Meer weten over oppervlakteruwheid in verspaning?

Download het casebook ‘Oppervlakteruwheid in verspaning’ en ontdek hoe sensor- en machinedata traditionele modellen kunnen aanvullen. Leer hoe u betrouwbaardere voorspellingen krijgt die aansluiten bij uw werkelijke productieomgeving.

Download het casebook

## Aan de slag met ruwheidsvoorspelling?

Wilt u weten hoe nauwkeurig de ruwheidsvoorspelling op uw eigen machines is, of bent u geïnteresseerd in een haalbaarheidstest met het mobiele platform? Neem dan gerust contact op met Sirris of met uw aanspreekpunt binnen het Vlaio-COOCK+ project “4.0 Maturiteitsversnelling”.

Contacteer onze expert

## Partners

Gefinancierd door

In samenwerking met

## Auteurs

Tom Jacobs