

I N - P R O S E S M E T I N G

'n Nuwe Konsep In Vervaardigingstegnologie

P.Brink

Lyttelton Ingenieurswerke (Edms) Bpk

P.K.Tek

Privaatsak X5

Verwoerdburg

0133

ABSTRACT

In-process measuring contributes towards automation in the manufacturing process and can also play an important role in quality by measuring characteristics during production. To enable one to effectively implement and utilize in-process measuring on a specific machine tool, it is essential to develop a system for the calibration and qualification of in-process measuring.

OPSOMMING

In-prosesmeting dra by tot outomatisasie in vervaardigingsprosesse en kan ook 'n belangrike rol speel vir kwaliteit doeleindes met die meet van karakteristieke tydens produksie. Ten einde in-prosesmeting effektief te implementeer en te benut op 'n spesifieke masjienwerktuig, is die ontwikkeling van 'n kalibrasie- en kwalifikasiesistelsel vir in-prosesmeting noodsaaklik.

## 1. INLEIDING

In moderne metrologie-toepassings tydens masjineringsprosesse is daar hedendaags 'n groeiende tendens om die inspeksiefunksie met die masjienwerktuig te kombineer. Die basis van dié filosofie berus daarop dat die masjienwerktuig toegerus word met spesiale meettoerusting en dan tydens produksie ook as 'n meetmasjien gebruik word. Ver al met die koms van geoutomatiseerde masjinering, bv. rekenaar numeries beheerde (RNB)-masjiene, het die behoefte na 'n outomatiese meetmeganisme, in teenstelling met die konvensionele benadering (waar mikrometer-verniers, klok wysers ens. gebruik word), geweldig gegroei.

In-prosesmeting (IPM) word gedefinieer as 'n metode van meting tydens produksie, waar dieselfde masjienwerktuig wat die masjineringsproses uitvoer, ook vir meting gebruik word. 'n Kontaksneller sensor word soos 'n gereedskapstuk in die masjienspil gelaai vir die meetproses. Beheer oor die masjineringsproses kan nou verkry word deur onmiddellike terugvoering van meetresultate. Dit bring die kwaliteit-beheerlus tot by die vervaardigingsproses.

In-prosesmeting is 'n relatiewe nuwe begrip in die Suid-Afrikaanse vervaardigings-industrie. Alhoewel IPM in die buiteland reeds gedurende die sewentigerjare ontstaan het, is daar voortdurend onduidelikhede en vrae m.b.t. kwaliteit en die toepassingsareas van hierdie nuwe meettegnologie. Dit is hoofsaaklik vanweë 'n algemene gebrek aan kennis, ondervinding en die onwilligheid om tyd aan gestruktureerde ondersoeke te bestee.

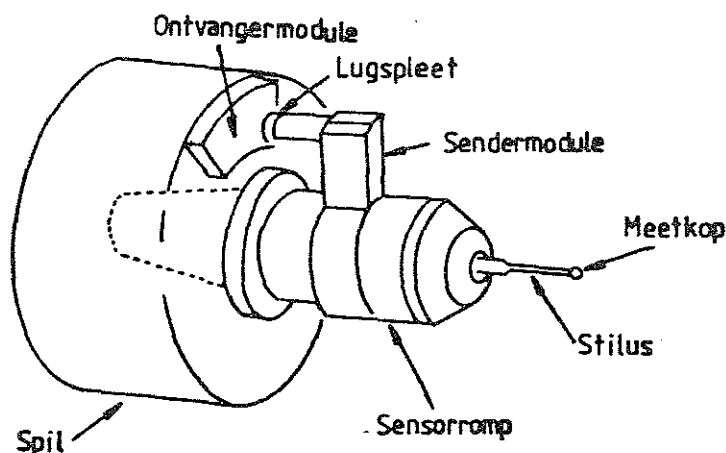
Die ontwikkeling van 'n kalibrasie- en kwalifikasiestelsel vir in-prosesmeting op 'n RNB-masjiene, tesame met kundigheids-vestiging, word as noodsaaklik beskou om sodoende IPM effektief te implementeer en sinvol te gebruik.

## 2. IN-PROSESMETING

Funksionering:-

Tydens IPM funksioneer die RNB-masjien, tesame met die in-proses meettoerusting (IPMT) analoog aan 'n koördinaatmeetmasjien. Die verskil is dat inspeksie en beheer nou direk deur die masjienwerktuig gedoen word. Sodra die RNB-masjien ook vir meting gebruik word, word daar verwys na dié masjienwerktuig as 'n in-proses meetstelsel (IPMS). Die sensor gelaai vanaf die gereedskaphouer in die masjienspil, word in Figuur 1 voorgestel.

In-prosesmeting berus op 'n skakeling, d.m.v. 'n sensor, tussen die werkstuk en die RNB-masjien [1]. Die sensor funksioneer tydens meting volgens 'n elektroniese skakelaarbeginsel. Gedurende die meetproses word die masjienspil met die sensor na die verlangde meetposisie gedryf, sodat die meetkop nou met 'n bepaalde (meet) spoed teen die meetvlak druk. Tydens kontak word 'n snellersein aan die beheereenheid van die RNB-masjien gestuur om die huidige koördinate van die kontakpunt as die verlangde lesing te stoor. Vir 'n buite-toleransie kondisie kan korrektiewe aksie nou geneem word deur die gereedskap-afwykings in die masjineringsprogram aan te pas. Die meetprogram vorm dus 'n subprogram van die masjineringsprogram. Sodoende vorm IPM nou 'n geïntegreerde deel van die vervaardigingsproses.



Figuur 1 Die sensor gelaai in die masjienspil

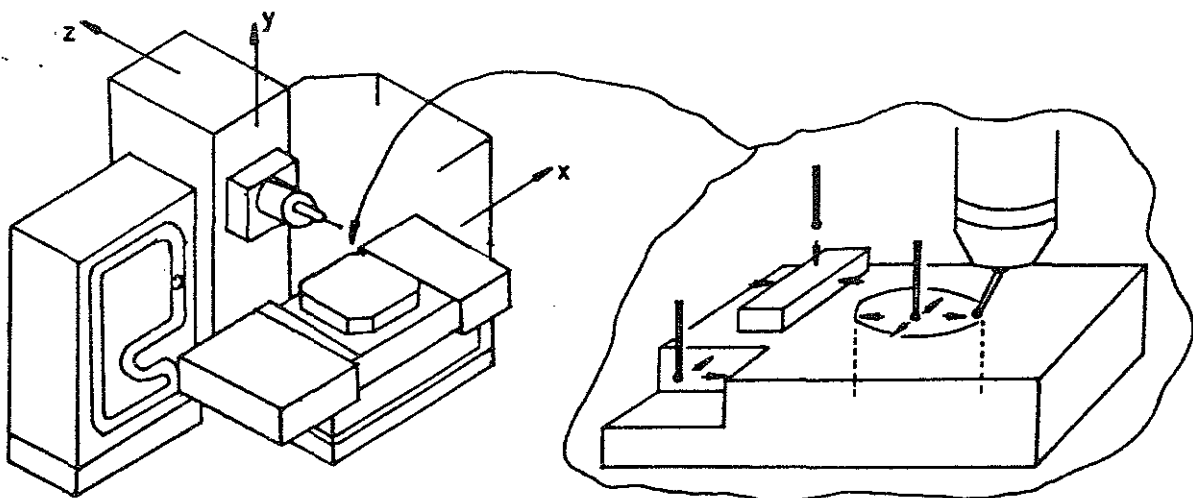
Die sensor bestaan hoofsaaklik uit 'n sensorromp, sendermodule, stilus en die meetkop. 'n Ontvangermodule word op die masjienspil gemonteer. Die stilus beskik oor 'n verbybeweging ("overtravel") eienskap, wat alom-direksioneel kan deflekter, en wat na kontak (meting) weer na die oorspronklike posisie kan terugkeer. 'n Interne meganiese-eenheid, wat oor 'n kenmerkende uittree-impedansie beskik, is aan die stilus gemonteer. Sodra die stilus deflekter, verander dié uittree-impedansie om die snellersein voort te bring. Elektriese energie aan, en seine vanaf die sensor word m.b.v. 'n induktiewe transmissiestelsel bewerkstellig. Dié stelsel is ook met die RNB-masjiens gereedskapruilingstelsel versoenbaar om gereedskapruiling van gereedskapstukke én die sensor tydens die masjineringsproses moontlik te maak.

Tegnieke:-

IPM omskryf die verskillende meettegnieke wat deur die IPMS uitgevoer kan word, nl.:

- opstelling van setmate en werkstukke
- prosesbeheer tydens vervaardiging
- inspeksie van die werkstuk of finale komponent

Meetresultate kan ook vir dokumentasie doeleindes uitgedruk word deur 'n drukker aan die RNB-masjiens te koppel. Verskillende meetmetodes met die IPMS word in Figuur 2 aangedui.



Figuur 2 Meetmetodes met die IPMS

### Toepassingsareas en koste:-

Die hoof toepassingsareas van IPM is by die vervaardiging van klein tot medium lotgroottes deur RNB-draaibanke en -masjiensentrums. Die gebruik van IPM by massaproduksie deur RNB-masjiene kan tot nie-optimale masjienbenutting lei. Daarom sal na-proses meetstasies byvoorbeeld, meer aangewese wees vir massaproduksie. Die koste verbonde aan die installering van die IPMT beloop ongeveer 5% tot 10% van die totale aanvanklike koste van die masjienwerktuig.

### Voordele:-

IPM kan verskeie voordele inhou t.o.v. produktiwiteit en outomatisasie [2]. Die vernaamste hiervan is:

- Onmiddellike terugvoering van meetresultate om korrektiewe aksie vir verdere masjinerie van die werkstuk te verseker.
- Vermindering van o.a. : opsteltyd, arbeid, leityd en herwerk.
- Geen materiaalhantering is ter sprake nie, soos wel die geval is indien die werkstuk in die inspeksiekamer, of by meetstasies gemeet word.
- Verbetering in akkuraatheid deurdat die werkstuk nie verwyder en geherposisioneer moet word in die setmaat nie. Verder word meet- en berekeningsfoute, wat nou hoofsaaklik bepaal word deur die ontwikkeling van die meetprogram, geminimeer.

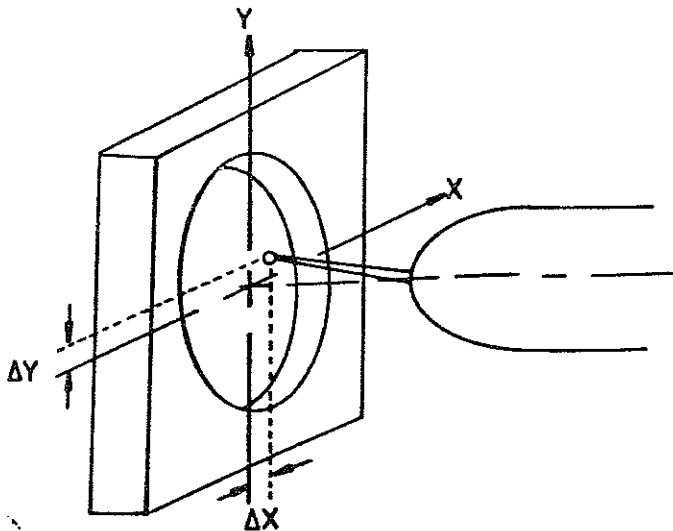
Gedurende 'n toetsfase is die opsteltyd van 'n spesifieke setmaat m.b.v. in-prosesmeting vergelyk met konvensionele opstelling. Die konvensionele opstelmetode het die gebruik van o.a. klokkyfers en lengtestawe behels. 'n Tydbesparing van tot 78% is verkry met die gebruik van IPM. Deur slegs 'n enkele sleutel op die beheerpaneel van die RNB-masjien te druk, kon die setmaat se bepaalde verwysingspunt telkens (outomaties) geverifieer word.

### 3. KALIBRASIE VAN IN-PROSESMETING

Vir die effektiewe funksionering van die in-proses meetstelsel is dit noodsaaklik dat die meetstelsel gekalibreer word [3]. Gedurende die kalibrasieproses word die IPMT se meganiese en elektroniese karakteristieke asook ander dinamiese faktore met die RNB-masjien gesinchroniseer. Omrede die stilus tydens kontak deflekteer, is die meetkop nie noodwendig in lyn met die spilsenterlyn nie. Daarom is dit belangrik om die meetkopposisie relatief tot die masjienverwysing vas te stel, voordat die IPMS vir meting gebruik word. Verder is daar ook 'n tydsvertraging teenwoordig vandat die meetkop met 'n meetvlak kontak gemaak het totdat die masjienbeheereenheid die snellersein registreer. Daar moet dus ook vir dié tydsvertraging gekompenseer word.

Die kalibrasieproses word teen 'n standaardring, wat vooraf konvensioneel opgestel is, deurgevoer. Die kalibrasieprosedure bestaan basies uit drie stappe:

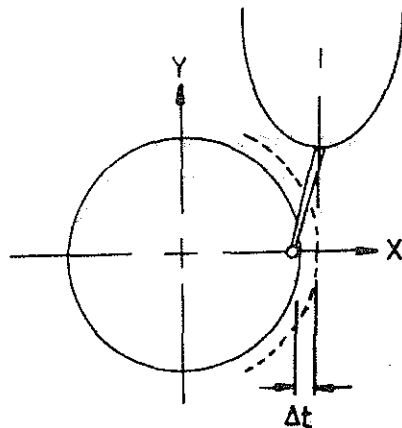
1) Bepaling van die koördinate (posisie) van die meetkop relatief tot die spilsenterlyn: die meetstelsel voer 'n sentreringsproses (4-punt meting) uit om die gemete middelpunt van die standaardring te vergelyk met die werklike middelpunt. Die afwykings  $\Delta X$  en  $\Delta Y$  word dan hiervolgens bereken.



Figuur 3 Bepaling van die meetkop-afwykings

2) Die sensorlengte (Z-koördinaat) word bepaal teen die bo-punt van die standaardring, wat as die verwysingsvlak in die Z-rigting beskou word. Die gemete waarde word dan vergelyk met die werklike afstand om die  $\Delta Z$ -afwyking te verkry.

3) Die snellersein-tydsvertragingfaktore word bepaal in die spesifieke rigting waarteen gemeet gaan word. In dié geval is die proses 'n dimensionele meting waartydens die gemete diameter met die standaarddiameter vergelyk word. Die verskil is die tydsvertragingfaktor (vir 'n spesifieke meetrigting), wat ook o.a. die diameter van die meetkop en ander dinamiese faktore insluit.



Figuur 4 Bepaling van die tydsvertragingfaktore

Die bepaalde kompensatiefaktore word in spesifieke registers van die RNB-masjien gestoor, om nou vir kompensasie doeleindes gedurende die gebruik van die sensor te dien.

Die kalibrasieproses word outomaties deur 'n kalibrasieprogram (programmatuur) teen die gekalibreerde standaardring wat in die werksarea van die RNB-masjien geposisioneer word, deurgevoer. Vanweë die termiese verplasing van die masjienstruktuur en ander dinamiese faktore, moet die kalibrasieprosedure met gereelde tydsintervalle herhaal word.

Twee belangrike aspekte omtrent die kalibrasie van die IPMS is die meetvoerspoed en meetrigting. Hoe stadiger die meetvoerspoed, hoe beter is die akkuraatheid en herhaalbaarheid van die meetproses, maar hoe langer duur die kalibrasieproses. Met 'n

meetvoerspoed van 10 mm/min is 'n akkuraatheid, met die meet van 'n standaarddimensie, van 1µm verkry, maar die kalibrasieproses het ongeveer 45 minute geduur. In teenstelling hiermee, het die kalibrasieproses 10 minute geduur met 'n meetvoerspoed van 50mm/min en 'n akkuraatheid van 6µm is toe verkry. 'n Stadige meetvoerspoed kan egter gebruik word waar kritieke karakteristieke gemeet moet word. Dit is egter belangrik om teen dieselfde meetvoerspoed as waarteen gemeet gaan word, te kalibreer. Indien dit nagelaat word, kan 'n onakkuraatheid van tot 50µm tydens dimensionele metings verkry word.

Vir die geldigheid van die kompensatiefaktore, is dit ook belangrik om in dieselfde rigting te kalibreer as waarteen gemeet gaan word. Die rede hiervoor is dat die tydsvertragingfaktore direksioneel en nie alom-uniformig dieselfde is nie. Die mees algemene meetrigting en dus ook die kalibrasierigting, is in die reglynige X-, Y-, of Z-asbeweging van die masjienwerktuig.

#### 4. KWALIFIKASIE VAN IN-PROSESMETING

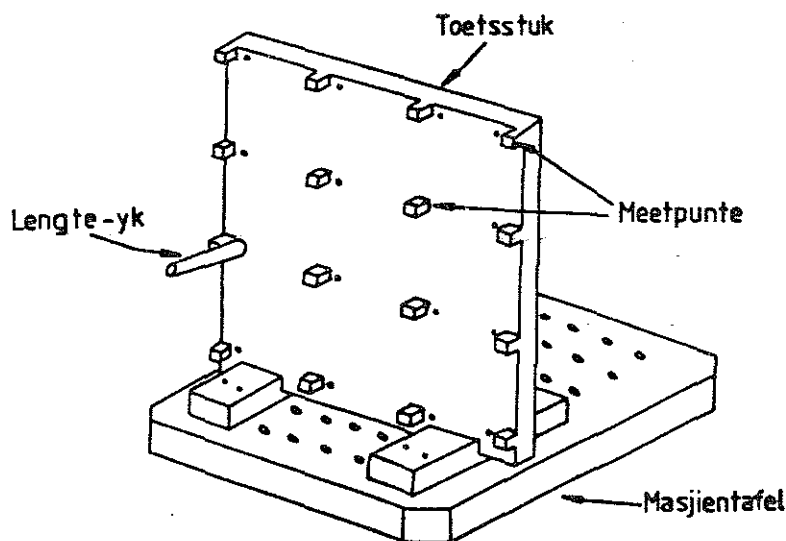
Om in-prosesmeting effektief te implementeer, is dit uit 'n kwaliteits-oogpunt belangrik dat die in-proses meetstelsel (soos enige ander meetsisteen) met vasgestelde tydsintervalle gekwalifiseer word [4]. Sodoende kan die IPMS se vermoë bepaal word en gereeld geverifieer word teen spesifikasie of vooraf bepaalde limiete. Die onakkuraatheid van die IPMS kan ook gedurende IPM gebruik word vir kompensasie doeleindes, om sodoende die inherente onakkuraatheid van die totale stelsel te minimeer.

Verskeie faktore kan bydra tot die effektiwiteit van IPM. Die faktor wat hoofsaaklik die vermoë van die IPMS bepaal is die RNB-masjien self, t.o.v. presisie, geometrie en stabiliteit (veral onder variërende omgewingstoestande soos temperatuur). Dit is dus noodsaaklik om eers die vryspeling en steekfout te minimeer deur die RNB-masjien optimaal in te stel (m.b.v. 'n Laser interferometer).



Deur die IPMT (sensor) afsonderlik te kwalifiseer, is aanvanklik probleme ondervind, aangesien 'n herhaalbaarheid van  $0,5\mu\text{m}$  tot  $2,0\mu\text{m}$  verwag is [3]. Volgens kwaliteitbeginsels sou dit beteken dat 'n meetinstrument met 'n resolusie van ongeveer  $0,1\mu\text{m}$  gebruik moes word. Die aspek en ander tegniese beperkings het daartoe gelei dat 'n kwalifikasiemetode op die RNB-masjien self en m.b.v. 'n eksterne meetkoppelkas ontwikkel is. Op die wyse is daar toe 'n aanduiding van die in-proses meettoerusting se vermoë verkry ( $1,3\mu\text{m}$ ).

Vir die kwalifikasie van in-prosesmeting is 'n toetsstuk (Figuur 5) ontwikkel om sodoende die akkuraatheid en herhaalbaarheid van die IPMS op spesifieke posisies te bepaal. Lesings m.b.v. die sensor word geneem tussen die gekalibreerde meetpunte, vanaf 'n verwysingsmeetpunt in die X- en Y-rigting van die RNB-masjien. Lengte-yke word vir die kwalifikasie in die Z-rigting gebruik. Die toetsstuk word op verskillende posisies van die tafelblad geposisioneer, om sodoende ongeveer 95% van die RNB-masjien se werksvolume te betrek.



Figuur 5 Kwalifikasie-opstelling vir die IPMS

Op grond van toetse en eksperimente word 'n akkuraatheid en herhaalbaarheid van ongeveer  $8\mu\text{m}$  (onder bepaalde toestande) vir die IPMS voorsien. Indien die bydrae van die IPMT se vermoë tot die totale stelsel bekend is, kan die voorafgaande kwalifikasieprosedure ook gebruik word om 'n aanduiding van die RNB-masjien se vermoë te verkry.

## 5. GEVOLGTREKKING

Ter opsomming is dit belangrik om die volgende aspekte omtrent in-prosesmeting in gedagte te hou:

- Met in-prosesmeting word daar tot 'n groot mate voordeel getrek uit die RNB-masjien se presisie en beheervermoë.
- Die in-proses meettoerusting (sensor) is geensins beter as die (RNB)-masjien waarop dit gebruik word nie.
- In-prosesmeting moet nie beskou word as 'n vervanging van die inspeksie-departement nie, maar eerder as 'n buigbare en akkurate alternatief tot die konvensionele benadering van meting tydens vervaardiging.
- Die kalibrasie en kwalifikasie aspekte is van groot belang, ten einde in-prosesmeting koste-effektief te implementeer.

Ofskoon in-prosesmeting 'n nuwe meettegnologie openbaar met wye navorsingsvelde en die probleem van kennis, ondervinding en standaardisasie, behoort in-prosesmeting in Suid-Afrika meer bekend gestel te word, veral uit 'n produktiwiteits-oogpunt gesien. In-prosesmeting is een van die mees belowende tegnologiese ontwikkelings en die vooruitgang hiervan groei vinnig. Daarom behoort dié metode van meting tydens produksie, in die toekoms universeel aanvaar te word.

## VERWYSINGS

- [1] Barringer, P., 1985, "Probes Are Key To Control", American Machinist, p.69-71.
- [2] "Touch Trigger Probes Increase Productivity", 1986, Precision Toolmaker, p.18-19.
- [3] "Operation Manual For Automatic Measuring".
- [4] "Quality I" (Saamgestel deur LIW, Opleiding en Ontwikkeling), 1986.