

Is het toepassen van SPC rendabel voor Nebato Metaalbewerkingsindustrie?

Citation for published version (APA):

Huijsmans, J. A. P. J. (1994). *Is het toepassen van SPC rendabel voor Nebato Metaalbewerkingsindustrie?* (TU Eindhoven. Fac. Werktuigbouwkunde, Vakgroep WPA : rapporten). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1994

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Is het toepassen van SPC rendabel voor Nebato Metaalbewerkingsindustrie?

door J.A.P.J. Huysmans

WPA rapport 210026

december 1994

Toelichting

In deze stageopdracht is bij Nebato Metaalbewerkingsindustrie onderzoek gedaan of het rendabel is om SPC toe te passen. Nebato wil weten welke procesfactoren van invloed zijn op het buigproces. Ook moet gekeken worden naar het SPC systeem, Datalyser 9000, en bepaald worden of dit systeem aan de eisen van Nebato voldoet.

Technische Universiteit Eindhoven Faculteit Werktuigkunde

| | | |
|---------------------|---|----------------------------------|
| Stageopdracht van | : | J.A.P.J. Huysmans |
| Stagebedrijf | : | Nebato Metaalbewerkingsindustrie |
| Afstudeerhoogleraar | : | prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf |
| Begeleider TUE | : | ir. J.A.W. Hijink |
| Begeleider Nebato | : | ing. M. van Herk |

Inhoudsopgave

| | | |
|------|---------------------------------|----|
| 1. | Inleiding | 1 |
| 2. | SPC | 1 |
| 3. | Het buigproces | 2 |
| 4. | De factoren | 3 |
| 5. | Het registreren van de gegevens | 8 |
| 6. | Het analyseren van de gegevens | 11 |
| 6.1. | De grafische analyse | 11 |
| 6.2. | De correlatie analyse | 16 |
| 6.3. | De buigfactoren | 18 |
| 6.4. | De procesbeschrijving | 19 |
| 7. | Conclusies | 22 |
| 8. | Aanbevelingen | 23 |
| 8.1. | SPC systeem | 23 |
| | Bijlage 1 | |
| | Voorbeelden van Datalyser 9000 | |

1 Inleiding

Bij het bedrijf Nebato Metaalbewerkingsindustrie is de vraag opgekomen of het voor hen rendabel is om SPC toe te passen. Sinds kort beschikken zij over het ISO 9002 certificaat. De voordelen van het SPC project moeten eerst onderzocht worden op de persafdeling. Deze voordelen moeten goed overwogen worden om verder te gaan met het invoeren van een SPC systeem. Op dit moment wordt alleen de buiging van een produkt gemeten. De waarde van deze buiging van een bepaald produkt wordt geregistreerd in een regelkaart. In deze opdracht moet onderzocht worden welke factoren bij het buigproces voorkomen en welke factoren in dit proces invloed hebben op de buiging van een produkt. Ook moet naar voren komen of het voor hen aantrekkelijk is om een SPC systeem, Datalyser 9000, aan te schaffen.

2 SPC

Het doel van SPC (Statistische Proces Controle) is om te komen tot een beheerst proces. Om dat doel te bereiken wordt o.a. met behulp van de statistiek continu de variatie in het proces verminderd.

Vermindering van de variatie leidt tot:

- betere kwaliteit;
- minder kosten (afval, uitval, rework, claims, etc.)
- meer inzicht in de kennis van het proces.

Om een kwalitatief goed produkt te maken dienen de factoren van een proces aan de gestelde eisen te voldoen. De beste garantie van beheersing van alle mogelijke factoren die van invloed zijn, kan pas gegeven worden wanneer men de belangrijkste kwaliteits- en produktiviteitskenmerken meet en de meetgegevens gebruikt om factoren continu te verbeteren.

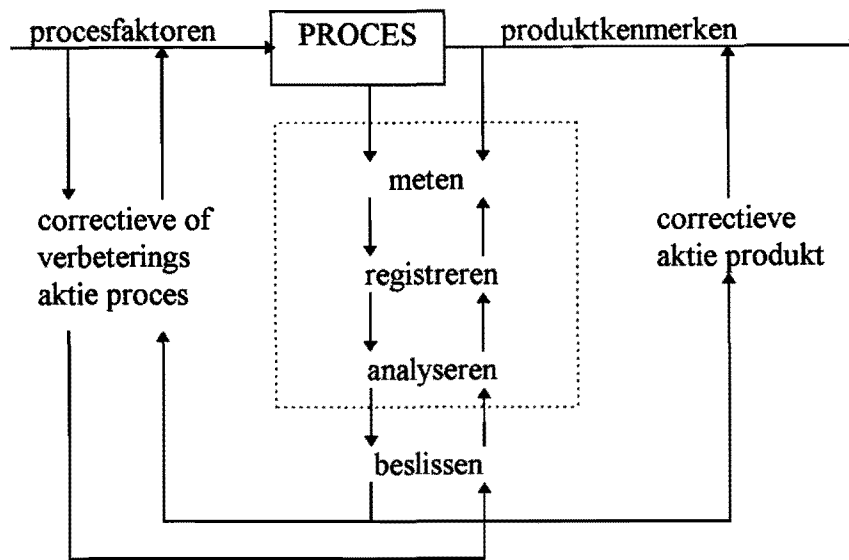
Om tot een beheerst proces te komen dient men (zie figuur 1)

- de gemeten gegevens op de juiste wijze te registreren;
- de geregistreerde gegevens op de juiste wijze te analyseren;
- beslissingen te nemen op basis van uitgevoerde analyses;
- verbeteringsacties uit te voeren op basis van de beslissingen;

In de figuur zijn pijlen in beide richtingen weergegeven. De pijl van de verbeteringsactie in de richting van de beslissing betekent dat men over het algemeen geen verbeteringsactie mag uitvoeren als daar geen beslissing aan voorafgegaan is. De pijl van de beslissing naar analyse betekent dat men geen beslissing mag nemen als daar geen analyse aan voorafgegaan is etc.

Wanneer men meetgegevens alleen vergelijkt met de specificatiegrenzen is men niet in staat om aan te geven hoe groot de variatie is en of er verstoringen hebben plaatsgevonden ten opzichte van een normaal functionerend proces. Daarom wordt de normale variatie van het proces vastgesteld en wordt in de tijd gevolgd in hoeverre de variatie afwijkt van de normale variatie. Wanneer de variatie afwijkt van de normale variatie, dan is er sprake van een verstoring in het proces en dient er ingegrepen te worden. Op deze wijze wordt binnen SPC invulling gegeven aan de stappen: registreren, analyseren en beslissen. Wanneer alle versto-

ringen opgelost zijn en er geen nieuwe verstoringen optreden, dan spreken we van een statistisch beheerst proces.



figuur 1: Regelkring in een continu verbeteringsproces

SPC dient echter breder gezien te worden dan alleen een analyse van de processen. SPC kan beschouwd worden als een totaal kwaliteitsprogramma in een bedrijf. Naast analyse van processen dient in een goede toepassing van SPC dan tevens aandacht besteed te worden aan o.a.:

- vaststellen en rapportage van kwaliteitskosten;
- vaststellen specificaties (regelgrenzen);
- vaststellen wijze van en verantwoordelijkheid voor de afhandeling van verstoringen;
- vaststellen organisatie met betrekking tot de kwaliteitsverbetering;
- klachtenrapportage;
- doelstellingen ten aanzien van de kwaliteit en de produktiviteit;
- kwaliteitsplan;
- opleiding en training;
- kwaliteit materialen (toeleveranciers);
- kwaliteit planning;
- etc.

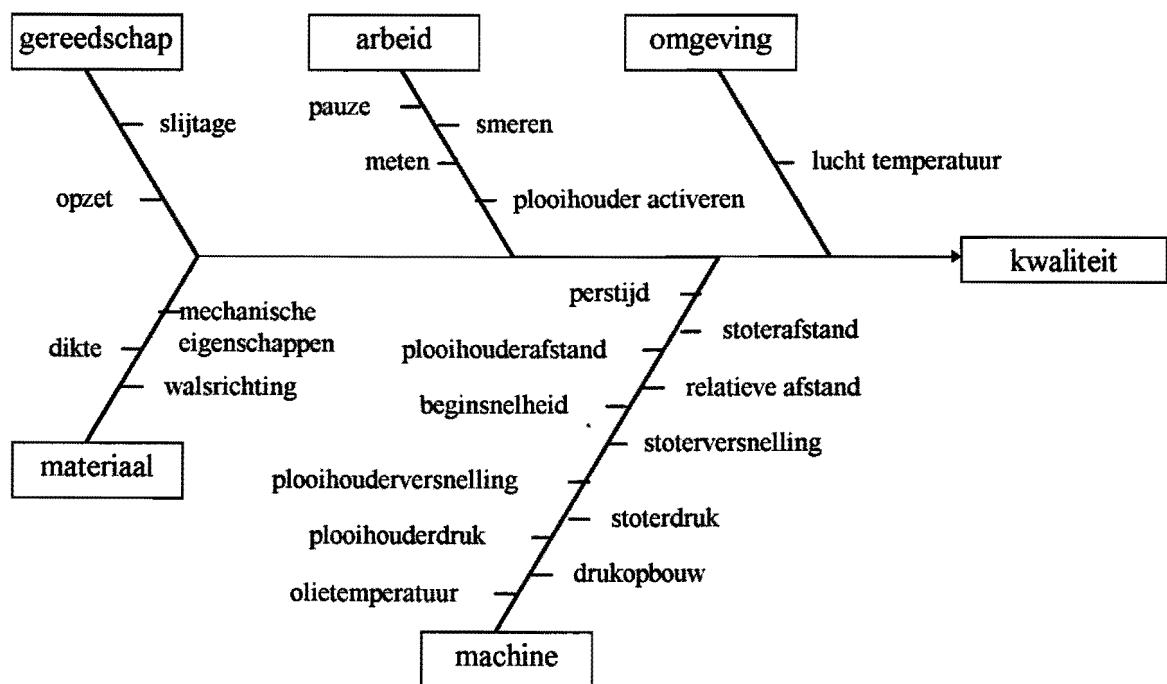
3 Het buigproces

Het buigen van de plaat is een proces dat bij Nebato uitgevoerd wordt op hydraulische persen. Op dit moment worden de haaksheden en de hoeken tussen twee vlakken gemeten met een steekproefgrootte van 3 en de waarden van deze maten worden in de hiervoor opgestelde regelkaarten geregistreerd. Als de waarde van de meting valt tussen de regelgrenzen die door de klant zijn vastgelegd, voldoet het produkt aan de eisen van de klant. Als dit niet zo is, kan de stoterkracht, plooihouderkracht en de stotersnelheid bijgesteld worden om de maat van het produkt toch tussen de regelgrenzen te krijgen. In dit proces worden bijna

geen produkten afgekeurd, omdat de buiging van een produkt aan de tolerantie in de tekening voldoet. Het proces is een vrij stabiel proces, want de spreiding in een steekproef is bijna nul. Maar de grote vraag is nog steeds, waarom ligt de haaksheid of de hoek van de buiging van het ene produkt tegen de onderste regelgrens aan en van een ander produkt uit dezelfde serie tegen de bovenste regelgrens aan? Hiervoor moet een verklaring gevonden worden en moeten de oorzaken worden opgespoord.

4 De factoren

In het buigproces zijn een aantal factoren die een rol spelen bij de maatvoering van de produkten. Deze factoren staan in figuur 1 afgebeeld.



figuur 2 : het Ishikawa diagram

Hieronder worden de betreffende factoren besproken.

gereedschap:

Het maken van de stempels wordt uitbesteed aan de gereedschapmaker. Elke stempel hoeft niet door dezelfde gereedschapmaker gemaakt te zijn, maar dit is afhankelijk van de prijs van een stempel, de grootte van een serie produkten die gemaakt moet worden, de vorm en bepaalde toleranties van het produkt.

slijtage

Tijdens het proces vindt er slijtage aan de stempel plaats. Als door metingen aan het produkt wordt geconstateerd dat met de stempel niet meer aan de juiste maatvoering kan worden voldaan, dan moet het gereedschap geslepen worden bij de gereedschapmaker. Om de

slijtage te constateren wordt op dit moment alleen het eerste en laatste produkt van een serie produkten gemeten. Nu wordt alleen gekeken of met de stempel de juiste maatvoering van het produkt gehaald wordt.

opzet

De stempels van de verschillende produkten komen van verschillende gereedschapmakers. Ieder gereedschapmaker heeft een andere opzet van een stempel voor een bepaald produkt. Deze opzet wil zeggen met welke stappen, middelen of handelingen in de stempel, het produkt gemaakt wordt. Onder de opzet valt ook de plaats van de stootblokken, de dikte van de buigblokken en het soort geleidingen in de stempel. Bijv. het maken van een gebogen lipje met een gaatje uit een vlakke plaat. Dit kan gebeuren door eerst de lip te buigen en daarna het gaatje te ponsen. Deze handelingen kunnen ook net zo goed in omgekeerde volgorde plaatsvinden. De gereedschapmaker test de stempel met zijn machine die anders is dan de machines bij Nebato. De buiging van een produkt voldoet aan de eisen van de klant als de stempel van de gereedschapmaker komt. Maar dan is er nog niets te zeggen of deze stempel de waarde van de buiging van een produkt behoudt, tijdens het proces.

materiaal:

Het materiaal wordt geleverd door de MCB en moet voldoen aan de norm DIN 1541.

mechanische eigenschappen

Onder deze eigenschappen wordt verstaan:

- de treksterkte,
- de vloeigrens,
- de elastische rek,
- de hardheid.

De anisotropie of de walsrichting van het materiaal wordt verder in deze paragraaf behandeld. Deze eigenschappen zijn getest op één m² van de moederrol. Deze eigenschappen zijn dus niet representatief voor al het plaatmateriaal wat Nebato van de MCB krijgt aangeleverd. Het materiaal moet als een gegeven beschouwd worden en er kan geen invloed op worden uitgeoefend.

dikte

Al het materiaal wat aangeleverd wordt heeft niet de dezelfde dikte. Op de nominale dikte zit een negatief tolerantiegebied (bv. van 0.00 tot -0.14mm). De gereedschapmaker maakt en test de stempel aan de hand van het materiaal dat Nebato bij hem aflevert. De grootte van de buigspleet wordt op die dikte gemaakt. Een plaat met een kleinere waarde van de materiaaldikte dan de buigspleet, heeft een andere haaksheid van de buiging dan die van een plaat waarvoor de buigspleet gemaakt is.

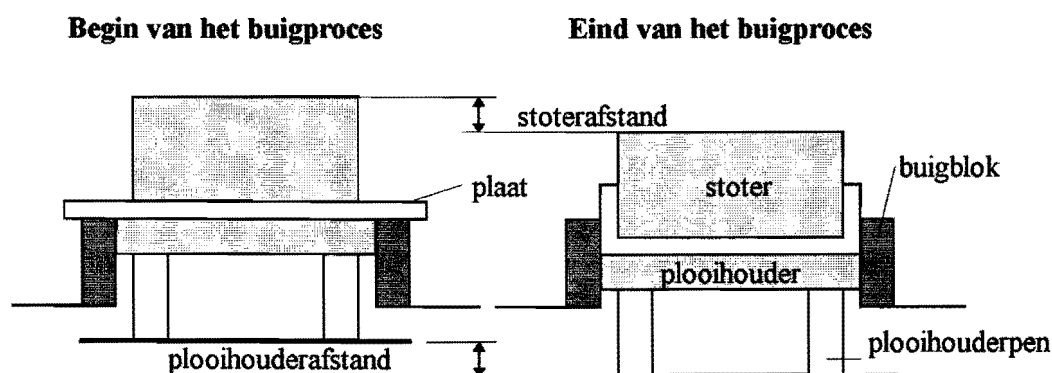
walsrichting

De platen of coils komen van een moederrol af. Deze rol wordt in één richting gewalst. Om een goede buiging van de plaat te krijgen moet de buiglijn van de plaat loodrecht op deze richting staan. Als de buiglijn van het produkt anders ligt, is de kans aanwezig dat het pro-

dukt grote schommeling in zijn maatvoering vertoont en is de kans op scheuring van de plaat op de buiglijn veel groter.

machine:

De stoter begint op een ingestelde hoogte zijn druk op te bouwen. Op een bepaalde hoogte raakt de stoter het materiaal. De stoter moet nu de plooihouder en de plaat tussen de stoter en de plooihouder naar beneden duwen in de stempel. De plooihouder heeft een druk die de beweging van de stoter tegenwerkt. De stoter neemt een gedeelte van de plaat mee in de stempel. Tegen het buigblok van de stempel wordt een buighoek gevormd. De plaat krijgt een snelheid naar beneden t.o.v. het buigblok. De stoter stopt met duwen als het een bepaalde druk bereikt. De stoter blijft een bepaalde tijd (drukaanhoudtijd) op deze positie staan en beweegt daarna weer naar boven toe. (zie figuur 3)



figuur 3: het buigproces

perstijd

Dit is de tijd tussen het moment dat de stoter het materiaal raakt en het moment dat de stoter zijn maximale druk heeft bereikt. Deze tijd is belangrijk i.v.m. de deformatiesnelheid van de plaat tijdens het buigproces.

stoter afstand

Dit is de afstand tussen de stand van de stoter als de bovenstempel de plaat raakt en het diepste punt van de stoter in de onderstempel. (zie figuur 3)

plooihouder afstand

Dit is de afstand van de plooihouder als de stoter de plooihouder naar beneden begint te duwen tot het diepste punt van de plooihouder. Als deze afstand groot is, wordt het product dieper in de stempel gedrukt. (zie figuur 3)

relatieve afstand

De onderkant van de bovenste stempel is voorzien van een drukrand. Deze drukrand drukt langs de buiglijn van het produkt een stukje in het materiaal (de drukrand heeft een hoogte van 10 % van de materiaaldikte, waarmee de stempel bij de gereedschapmaker gemaakt is). Dit is nodig om het terugveren van de buiging na het proces tot een minimum te beperken. Bij elk produkt is de stoterafstand altijd groter dan de plooihouderafstand. Het verschil tussen de stoterafstand en de plooihouderafstand is de maat voor de indrukking van de drukrand in het materiaal. Dit wordt de relatieve afstand genoemd.

beginsnelheid

Dit is de snelheid waarmee de stoter de plaat raakt. De stoter begint vanaf dat moment de plaat en plooihouder naar beneden te duwen. De plooihouder en de plaat krijgen nu dezelfde snelheid als de stoter. Bij het eind van het proces (de stoter en de plooihouder zijn in de onderste stand in de stempel gekomen) is de snelheid van de stoter en de plooihouder nul, omdat de stoter en de plooihouder stil staan bij het begin van de drukaanhoudtijd.

versnelling van de stoter en de plooihouder

De beweging van de stoter en de plooihouder tijdens het proces kan beschreven worden als een eenparig versnelde beweging. Bij gebruik van dit bewegingsmodel kunnen de volgende twee theoretische formules voor het buigproces opgesteld worden:

$$\begin{aligned} \text{stoterafstand} &= \text{beginsnelheid} * \text{perstijd} + 0,5 * \text{stoterversnelling} * \text{perstijd}^2 \\ \text{stotersnelheid} &= \text{beginsnelheid} + \text{stoterversnelling} * \text{perstijd} \end{aligned}$$

Op deze manier kan de versnelling van de stoter worden bepaald met al eerder bepaalde waarden van de stoterafstand, perstijd en de beginsnelheid. De stoterversnelling betekent de snelheidsverandering van de stoter per seconde. Met deze versnelling kan weer de totale kracht op de stoter worden uitgerekend, namelijk met de volgende formule:

$$\text{totale kracht} = \text{massa stoter} * \text{stoterversnelling}$$

De totale kracht bij een bewegende stoter die op de stoter wordt uitgeoefend wordt bepaald door de kracht die de hydraulische cilinder op de stoter uitoefent, de wrijvingskrachten die veroorzaakt worden in de geleidingen, waarlangs de stoter beweegt en de tegenkracht van de plooihouder.

Ditzelfde geldt ook voor de plooihoudiversnelling.

stoterdruk

Bij een ingestelde hoogte stopt de ijlgang van de stoter en wordt de druk in de cilinder van de stoter opgebouwd. Tegelijkertijd drukt de stoter de plooihouder en de plaat naar beneden in de onderstempel. Als de maximale druk is bereikt, stopt de stoter met drukken. Deze maximale druk wordt tijdens de drukaanhoudtijd vastgehouden en de stoter blijft in de onderste positie staan. Deze maximale druk wordt de stoterdruk genoemd.

drukopbouw

Als de stoter zijn druk aan het opbouwen is, kan het voorkomen dat de drukopnemer een hogere waarde aangeeft dan de maximale druk in dat proces aan het eind van de drukaanhoudtijd.

plooihouderdruk

Deze druk zorgt voor de tegendruk van de stoter. Deze druk wordt overgebracht d.m.v. een set plooihouderpennen. Op deze pennen ligt de plooihouderplaat die voor een tegendruk zorgt als de stoter de plooihouder en de plaat naar beneden duwt. De plooihouderdruk is tijdens het buigproces constant en wordt vooraf ingesteld.

olietemperatuur

In het oliereservoir bovenaan de machine zit in een 100 tons pers, 3000 liter olie. Bij de persen van een grotere tonnage is deze hoeveelheid olie groter. De olie wordt gebruikt voor de aandrijving van de stoter- en de plooihoudercilinder(s). Het reservoir is voorzien van een thermokoppel en kan bij een bepaalde ingestelde temperatuur het waterkoelingssysteem activeren.

omgeving:

luchttemperatuur

Dit is de temperatuur van de hal in de omgeving van de stempel.

arbeid:

pauze

Dit is de tijdsduur tussen het produceren van de produkten. De tijd die een operator nodig heeft om een plaat in de machine te leggen en een produkt uit de machine te pakken. Eveneens is dit de tijd dat de machine stil staat i.v.m. pauze en verwisseling van de bakken.

smeren

De stempel moet na een bepaald aantal produkten gesmeerd worden om beschadigingen aan de produkten te voorkomen. Wanneer deze smeerbeurt moet plaatsvinden is bij elk produkt verschillend en afhankelijk van het soort materiaal en de soort buiging.

plooihouder activeren

Als de pers langer dan 2 minuten heeft stilgestaan, zakt de plooihouderdruk weg. Dan kan de operator bij het volgende produkt de plooihouder eerst op druk brengen door alleen de plooihouder te activeren.

meten

Bij het meten van één produkt door de verschillende mensen met hetzelfde meetinstrument kunnen er verschillende meetwaarden voorkomen.

5 Het registreren van de gegevens

Het meten van de produkten en het bepalen van de hierboven genoemde factoren staan los van de invullijsten van de produkten die op dit moment door de procescontroleur worden ingevuld.

Om de invloed van deze factoren te kunnen bepalen is er twee dagen aan 4 verschillende produkten gemeten. De eerste dag zijn er vier produkten gemaakt en zijn hun buigingen gemeten en de benodigde gegevens verzameld. De proef is gedaan op één van de twee 100 tons persen van het merk RÖCHER. De tweede dag is er van één produkt de benodigde gegevens geregistreerd. Dit is gedaan op één van 160 tons persen ook van het merk RÖCHER.

Er worden om het half uur drie produkten achter elkaar gemeten en de waarden van de verschillende factoren bij deze produkten bepaald. Hieronder is uiteengezet hoe de gegevens zijn verzameld om de invloed van verschillende factoren te kunnen bepalen.

De machine wordt gestuurd door een besturingskast naast de machine. In deze besturingskast zit een beeldscherm waarop de waarde van de stoter- en de plooihouderafstand, de stoterdruk en de drukaanhoudtijd te zien zijn. Deze waarden veranderen constant tijdens het buigproces. Met een videocamera is dit beeldscherm tijdens het buigproces van een produkt opgenomen. Door de opname van één buigproces beeldje voor beeldje te bekijken kunnen deze waarden tijdens het proces voor dit produkt geregistreerd worden. Deze videobeelden zijn m.b.v. de video om de 0,182 seconde te zien. Daaruit valt af te leiden dat er om de 0,248 seconde nieuwe waarden op het beeldscherm te zien zijn.

De perstijd is bepaald door het aantal videobeelden van het gemeten produkt te tellen, wanneer de stoter de stoterafstand aflegt. Omdat op het beeldscherm de waarden van een bepaald moment te zien zijn, is het exacte moment dat de stoter de plaat raakt en op zijn laagste punt komt niet te bepalen. Als deze verkregen perstijden worden geïnterpoleerd, wordt de juiste waarde van deze perstijden verkregen. Uit de videobeelden wordt ook afgelezen hoe groot de afstand is die de stoter en de plooihouder tijdens de perstijd afleggen.

De relatieve afstand is eenvoudig te bepalen door de stoterafstand van de plooihouderafstand af te trekken. De beginsnelheid, de stoterversnelling en de plooihouerversnelling kunnen bepaald worden met de formules die het bewegingsmodel in paragraaf 4.1 zijn behandeld. De perstijd, stoterafstand en plooihouderafstand moeten in deze formule worden ingevuld.

De stoterdruk wordt aan de hand van de video-opnames bepaald. Deze videobeelden zijn m.b.v. de video om de 0,182 seconde te zien. Daaruit valt af te leiden dat op het beeldscherm om de 0,248 seconde nieuwe waarden van het proces te zien zijn. Aangezien de machine met een drukaanhoudtijd werkt, zijn op deze manier maar een beperkt aantal beel-

den van de drukaanhouddtijd te zien. Via interpolatie van deze waarden van de druk kan de maximale druk op het einde van de drukaanhouddtijd bepaald worden. Uit deze beelden van één buigproces blijkt soms, dat de drukopnemer tijdens het naar beneden bewegen van de stoter een hogere waarde van de druk aangeeft dan de maximale druk aan het eind van de drukaanhouddtijd. Hieruit kan drukopbouw van een buigproces van een bepaald produkt worden afgeleid.

De olietemperatuur wordt gemeten aan de hand van temperatuurmeter die zich in de olie bevindt. Deze temperatuurmeter zit in een ijzeren buis die voorzien is van een paar gaatjes, waardoor de olie in contact kan komen met de temperatuurmeter. Deze buis zit door de luchtfilter van het oliereservoir in de olie. Bij elke steekproef wordt de olietemperatuur gemeten.

De luchttemperatuur wordt ongeveer 20 cm van de stempel gemeten met een digitale temperatuurmeter. Dit wordt ook bij elke steekproef gedaan.

Om de invloed van de walsrichting te weten te komen, wordt van een produkt twee buigingen gemeten waarvan hun buiglijnen loodrecht op elkaar staan. Als de walsrichting invloed heeft op de buiging(en) van een produkt, is dit te zien als de meetresultaten van een produkt grote verschillen vertonen t.o.v. de andere produkten van dezelfde serie.

Van elk produkt wordt de dikte gemeten met een micrometer. De haaksheden van de produkten wordt gemeten door dezelfde procescontroleur met een hoogtemeter. Deze hoogtemeter is uitgerust met een tasterklokje om de exacte haaksheid te kunnen bepalen.

Tijdens het proces wordt er een notitieboek bijgehouden, waarin het aantal produkten, de tijd, de tijdsduur van de pauzes, de smeerbeurten, de fabrikant van de stempel, het produktnummer, de naam van de operator, het activeren van de plooihouder, het materiaal van de plaat, het machinenummer en het stempelnummer staan.

Voor de analyses van de verschillende procesfactoren en de buiging van een produkt zijn alle procesfactoren in numerieke waarde uitgedrukt. Hieronder staat beschreven, hoe de volgende procesfactoren omgezet zijn naar een numerieke waarde:

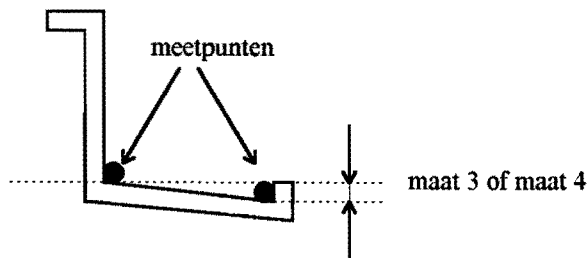
- Het aantal produkten na een smeerbeurt bepaalt de numerieke waarde van de procesfaktor smeren. Van de waarde 0 na een smeerbeurt tot de waarde 1 voor een smeerbeurt (bijv. om de 10 produkten smeren; dan krijgt het 5^e produkt de waarde 0,5).
- De pauze worden uitgedrukt in het aantal seconden, voordat het gemeten produkt gebogen wordt.
- De waarde 0 of 1 wordt meegegeven aan het niet of wel activeren van de plooihouder.
- De drukopbouw in de tijd dat de stoter naar beneden beweegt in het buigproces t.o.v. de maximale druk in de drukaanhouddtijd, kan toenemend of afnemend zijn. Toenemend als de druk tijdens de neergaande beweging van de stoter lager is dan de maximale druk aan het eind van de drukaanhouddtijd; afnemend als de druk tijdens de neergaande beweging van de stoter groter is dan de maximale druk in de drukaanhouddtijd. De toenemende druk krijgt de waarde 1 en de afnemende druk krijgt de waarde 2.

6 Het analyseren van de gegevens

Alle gegevens van de verschillende procesfactoren en de buiging van de produkten worden ingevoerd in een softwarepakket van Microsoft: Excel. Met dit pakket kunnen grafieken en analyse van de meetgegevens op een snelle manier plaatsvinden. In totaal zijn er vier produkten gemeten. De gegevens van de buiging en de procesfactoren van één produkt worden verder geanalyseerd, omdat bij dit produkt de meeste gegevens verzameld zijn en op deze manier een beter beeld van het buigproces te krijgen is. De gegevens van de andere produkten zullen gebruikt worden om de conclusies van de analyses van het ene produkt te kunnen bevestigen.

In paragraaf 6.1 zal de grafische analyse plaatsvinden en in paragraaf 6.2 de correlatie analyse. In paragraaf 6.3 worden de buigprocesfactoren genoemd en in paragraaf 6.4 is een procesbeschrijving weergegeven.

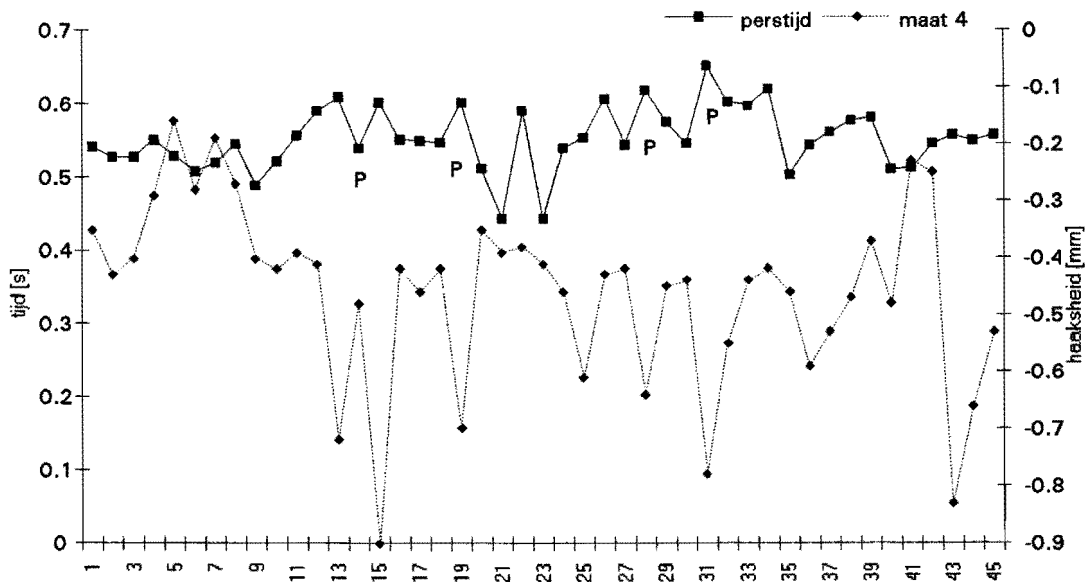
6.1 De grafische analyse



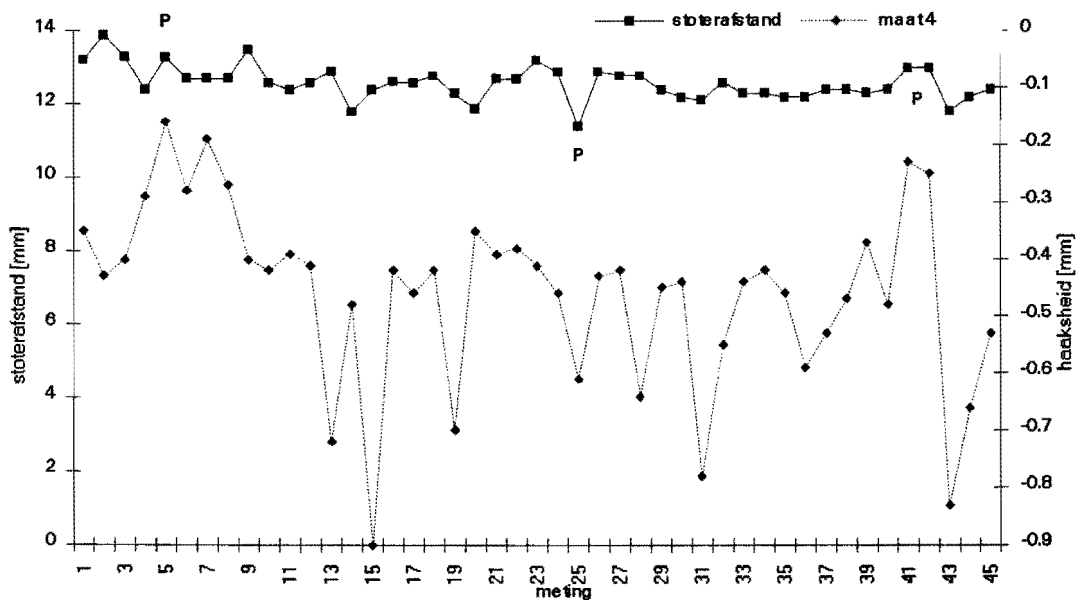
figuur 4: zijaanzicht van het Rank Xerox produkt 68E55291

Het produkt dat het beste beeld geeft van het proces is het Rank Xerox produkt met het nummer 68E55291. Het plaatmateriaal is een stalen plaat met een laagje zink (ZinCor). In de grafieken is haaksheid van de buiging van het produkt en de waarde van de verschillende procesfactoren uitgezet tegen het aantal metingen. Deze haaksheid kan vastgelegd worden door maat 3 of maat 4. Deze maten hebben betrekking op dezelfde buiging. maat 4 is de haaksheid aan de ene kant van het produkt en maat 3 is de haaksheid van dezelfde buiging aan de andere kant van het produkt. Deze haaksheden kunnen ook gemakkelijk gemeten worden, omdat de afstand van de punten, waarover de haaksheid bepaald wordt, ver uit elkaar liggen. Van dit produkt zijn 45 metingen met een steekproefgrootte van 3 gedaan. Hieronder worden alleen de grafieken getoond, waarin te zien is hoe een bepaalde procesfactor invloed heeft op het proces. Ook wordt aangegeven welke gevolgen kleine veranderingen in deze bepaalde procesfactoren hebben op de haaksheid van de buiging van een produkt.

Bij elk buigproces van een produkt is in figuur 5 een andere perstijd te zien. De letter P geeft aan dat in de buurt van deze letter de veranderingen van de perstijd leiden tot veranderingen in de maat 4. In deze gebieden geldt: Als de perstijd kleiner wordt (dus het produkt wordt in een kortere tijd gebogen), komt de haaksheid van de buiging dichterbij de nullijn te liggen.



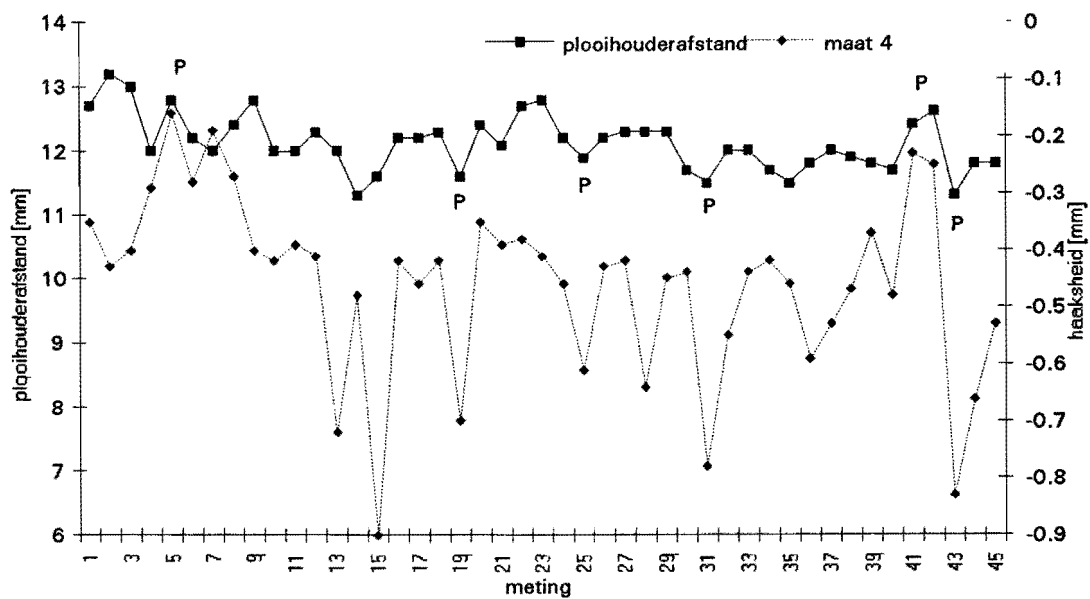
figuur 5: de perstijd en maat 4



figuur 6: de stoterafstand en maat 4

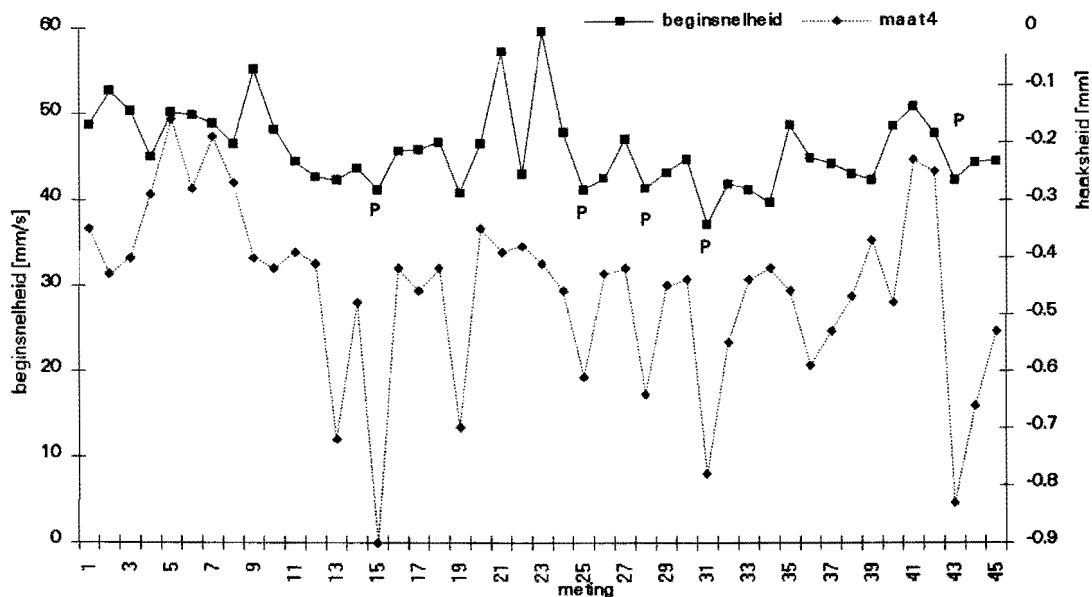
In deze grafiek is duidelijk te zien dat in de buurt van P, de maat 4 evenredig is met de stoterafstand. Dus als de bovenstempel dieper in de onderstempel komt (stoterafstand wordt dan groter), dan gaat de haaksheid dichterbij de nullijn toe.

In figuur 7 is in de buurt van P te zien dat de haaksheid naar nul gaat als de plooihouderafstand groter wordt. Als de plaat dieper in de onderstempel wordt gedrukt, komt het product meer in de haak te staan.



figuur 7: de plooihouderafstand en maat 4

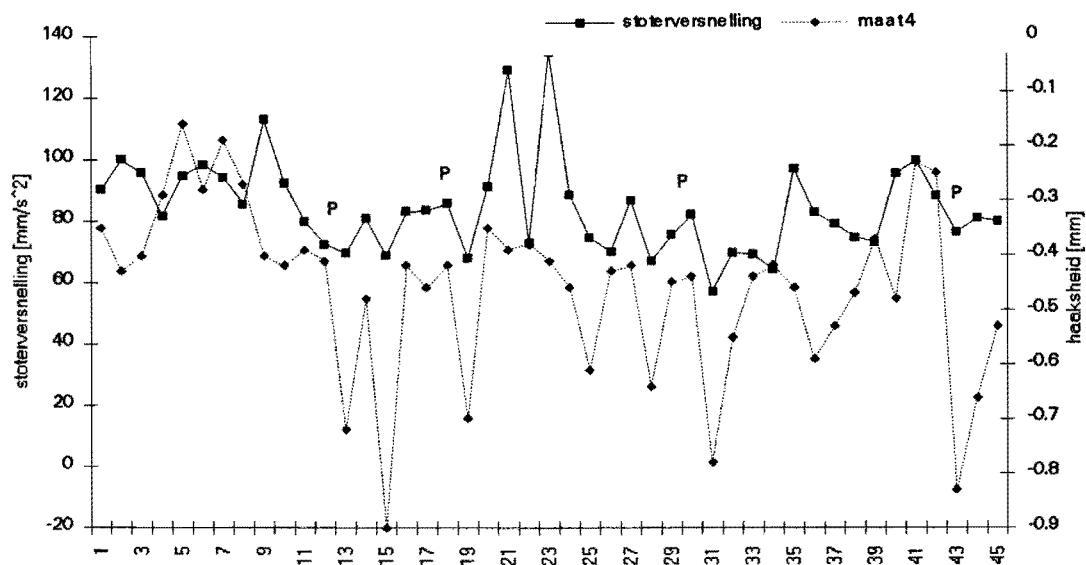
De beginsnelheid is berekend uit de gemeten waarden van de perstijd en de stoterafstand volgens de formules in hoofdstuk 4. In figuur 8 is te zien dat in de buurt van P, de haaksheid naar nul gaat als de stoter de plaat met een grotere snelheid raakt.



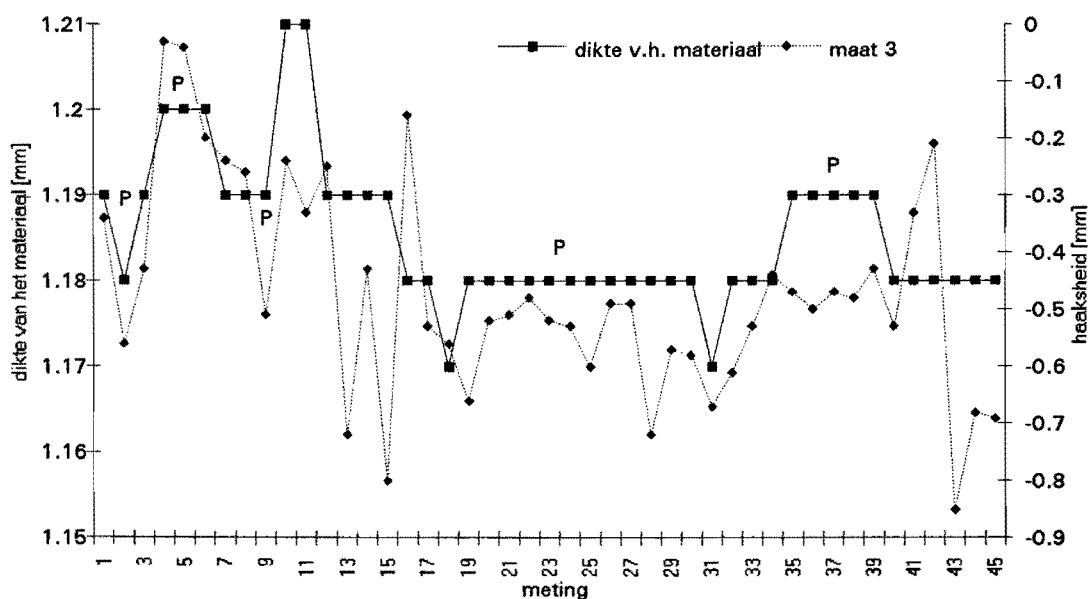
figuur 8: de beginsnelheid en maat 4

De stoterversnelling wordt berekend uit de perstijd, de stoterafstand en de beginsnelheid. Volgens de formule in hoofdstuk 4 leidt een grotere kracht tot een grotere versnelling. In figuur 9 is te zien dat in de buurt van P, de haaksheid naar nul gaat als de totale kracht op de stoter groter wordt.

De grafiek van de plooihouderversnelling heeft hetzelfde verloop als die van de stoterversnelling.



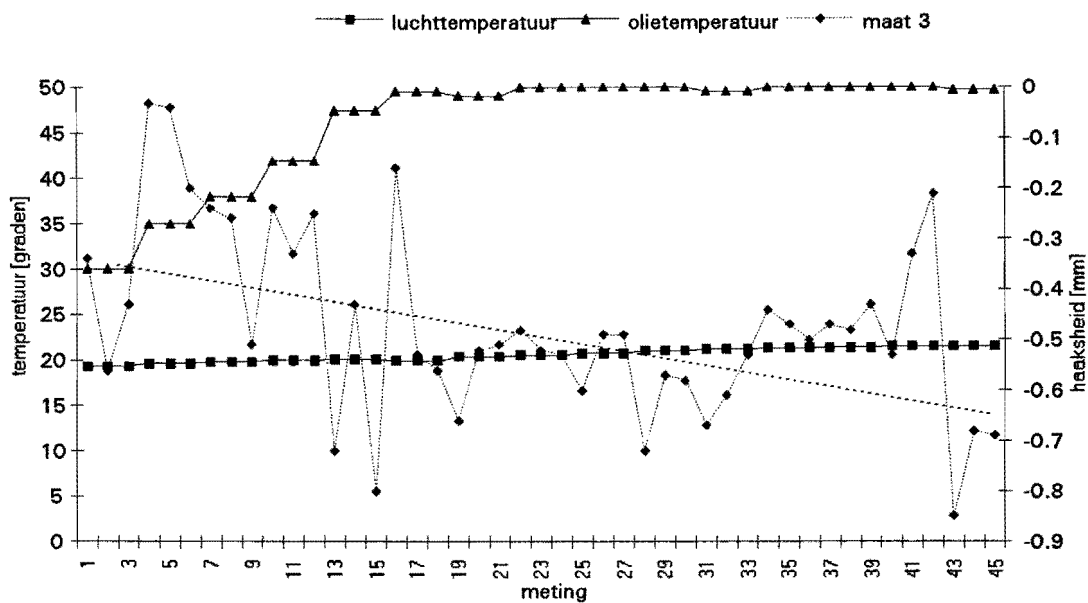
figuur 9: de stoterversnelling en maat 4



figuur 10: de dikte van het materiaal en maat 3

In de bovenstaande figuur is gekozen voor de maat 3, in plaats van de maat 4, omdat de dikte van het materiaal een beter verband vertoont met het verloop van de maat 3 dan met het verloop van de maat 4. In deze figuur is in buurt van P te zien dat de haaksheid naar nul gaat als het materiaal dikker wordt. Dit verband geldt alleen voor het materiaal dat dunner is dan de buigspleet in de stempel.

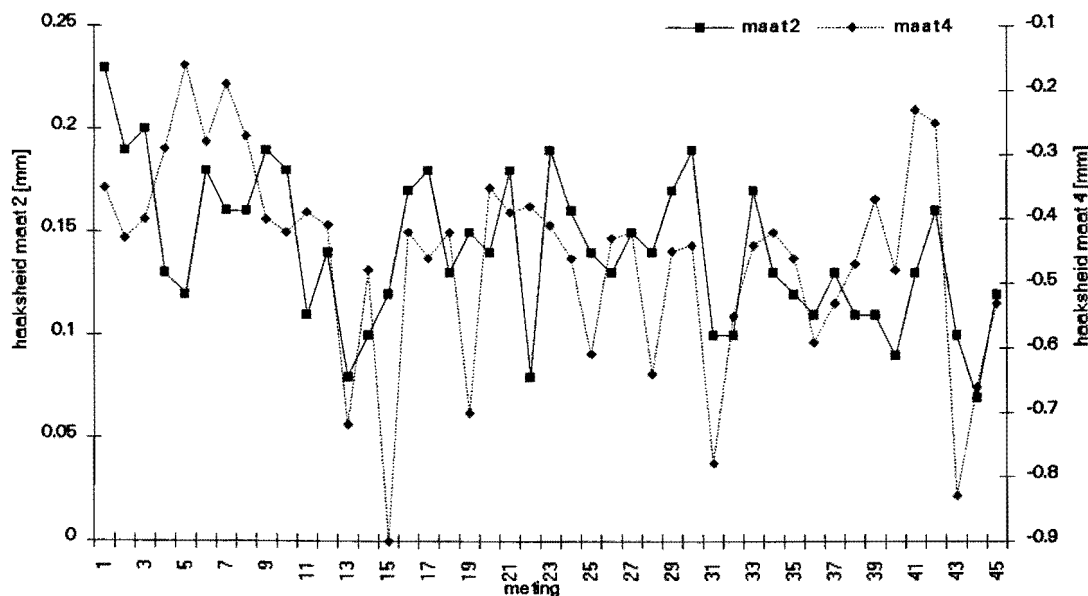
Om het half uur zijn er drie metingen gedaan en in totaal zijn er tijdens deze proef 1340 produkten gemaakt. Bij het toenemen van het aantal gemaakte produkten gaan de waarden van maat 3 (zie figuur 11) en maat 4 (zie figuur 9) steeds verder van de nullijn lopen. Dit is misschien te verklaren door de aantasting van de stempel door de ZinCor die op de plaat zit. Bij de buiging gaat ter plaatse van de buiglijn van de produkt het beschermlaagje (ZinCor)



figuur 11: de olietemperatuur, de luchttemperatuur en maat 3

goede uitspraak te doen moeten er meer metingen gedaan worden.

Tijdens de steekproef blijft de olie- en de luchttemperatuur constant. Bij de eerste 15 metingen stijgt de olietemperatuur en tegelijkertijd gaat de gemiddelde trend van de haaksheid verder van de nullijn lopen. Bij het vergelijken van het verloop van de luchttemperatuur met een rechte lijn die het gemiddelde verloop van de haaksheid laat zien, blijkt dat bij het toenemen van de luchttemperatuur de buiging van het produkt meer uit de haak gaat staan. In de onderstaande figuur zijn de haaksheden van twee buigingen van één produkt te zien. De buiglijnen van deze buigingen staan loodrecht op elkaar. Bij geen enkele meting is een uitschieter in het verloop van maat 2 en tegelijk een verstoring in het verloop van maat 4 te zien. Hieruit is af te leiden dat de walsrichting van het gebruikte materiaal niet is veranderd en geen invloed heeft op de waarde van de buigingen van het produkt.



figuur 12: maat 2 en maat 4

De procesfactoren kunnen in twee groepen worden ingedeeld, als gekeken wordt naar hun invloed op de buiging van een produkt tijdens het proces. Deze invloed komt naar voren in de bovenstaande grafieken:

1. produktafhankelijk; de factoren die per produkt kunnen verschillen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de machinefactoren en de dikte van het materiaal.
2. procesafhankelijk; er is een duidelijke trend te zien bij het verloop van de waarde van deze procesfactoren en de buiging van een produkt. Dit is te zien bij de olie- en luchttemperatuur en het aantal produkten.

6.2 De correlatie analyse

De grafische correlaties van het buigproces en zijn invloeden kunnen statistisch verklaard worden door het berekenen van de correlatie van de procesfactoren en de haaksheden van de buigingen van een produkt.

De correlatiecoëfficiënt bepaalt in hoeverre de buiging van een produkt afhankelijk is van een procesfaktor. Met de afhankelijkheid wordt bedoeld, dat een verandering in de waarde van een procesfaktor terug te zien is in het verloop van de buiging van een produkt (bv. de stoterafstand bij een produkt wordt 2* zo groot t.o.v. het vorige produkt en de haaksheid van dat produkt verandert). Een correlatiecoëfficiënt met de waarde 0 betekent dat de buiging niet afhankelijk is van die bepaalde procesfaktor. Als de correlatiecoëfficiënt echter de waarde 1 heeft, is de buiging volledig afhankelijk van die bepaalde procesfaktor. De correlatiecoëfficiënt kan positief of negatief zijn. Als de correlatiecoëfficiënt positief is, is het verloop van de buiging van een produkt evenredig aan de verandering van de procesfaktor en bij een negatieve correlatiecoëfficiënt is het verloop van de buiging omgekeerd evenredig met de verandering van een procesfaktor. De waarde van de correlatiecoëfficiënt moet boven een kritische waarde liggen om te kunnen zeggen of de buiging van een produkt afhankelijk van een procesfaktor te noemen is. Deze kritische waarde is statistisch bepaald en afhankelijk van het aantal metingen die in een proces zijn verricht. Bij een groter aantal metingen zijn er meer gegevens van het proces aanwezig en is het makkelijker om een goed beeld te krijgen welke procesfactoren invloed hebben op het buigproces. In Tabel 1 staan de kritische waarden van de correlatiecoëfficiënt voor het aantal metingen.

| aantal metingen | kritische correlatiecoëfficiënt |
|-----------------|---------------------------------|
| 5 | 0,88 |
| 10 | 0,63 |
| 15 | 0,51 |
| 20 | 0,44 |
| 25 | 0,39 |
| 30 | 0,36 |
| 50 | 0,28 |
| 100 | 0,20 |

tabel 1: de kritische correlatiecoëfficiënt

Het buigproces is stabiel te noemen, want er komen geen verstoringen voor die direct leiden tot afkeur. Dit is te zien aan de spreiding in de steekproeven die bijna de waarde nul bereikt. Doordat het proces stabiel is, kan de correlatie van de buiging van een produkt met de procesfactoren betrouwbaar uitgerekend worden. Er zijn 45 metingen gedaan en de kritische correlatiecoëfficiënt kan dan bepaald worden uit de bovenstaande tabel. Er wordt een waarde van deze kritische coëfficiënt gevonden van 0,3. Als het correlatiegetal van een buiging van een produkt en een procesfaktor groter of gelijk is aan deze kritische waarde dan heeft deze procesfaktor invloed op het buigproces. De tabel met deze correlatiegetallen van de verschillende buigingen en de procesfactoren van het produkt RX68E55291 zijn te zien in bijlage 1.

(bv. de correlatie van de perstijd met de maat 4 heeft de waarde -0.48; Dit getal is groter dan de kritische waarde, dus de maat 4 is afhankelijk van de perstijd. Het minteken voor het getal wil zeggen dat de haaksheid naar nul gaat, als de perstijd afneemt)

In de tabel van bijlage 1 staan de correlatiegetallen die groter zijn dan de kritische waarde, vet afgedrukt. De waarden die bijna deze kritische waarde nadert staan schief afgedrukt. Het produkt wordt in 3 stappen in de stempel gebogen. Maat 1 is de buiging die in de eerste stap wordt gedaan en maat 2 is de buiging in de tweede stap. De correlatie van maat 1 is berekend aan de hand van 15 metingen en de maat 2 van 30 metingen. De betrouwbaarste correlatiegetallen zijn te zien bij maat 3 en 4. De procesfactoren die invloed hebben op het buigproces staan hieronder gegeven met hun negatieve of positieve waarde. Ook is het verband tussen de procesfaktor en de buiging van het produkt beschreven. Dit verband is alleen geldig voor kleine veranderingen in de haaksheid en in de waarde van de procesfaktor.

1. perstijd; negatief;
bij een kleinere perstijd gaat de haaksheid naar de nullijn toe,
2. stoterafstand; positief;
als de bovenstempel dieper in de onderstempel komt, gaat de haaksheid naar de nullijn toe,
3. plooihouderafstand; positief;
als het produkt dieper in de onderstempel zakt, gaat de haaksheid naar de nullijn toe,
4. beginsnelheid; positief;
als de stoter de plaat met een grotere snelheid raakt, gaat de haaksheid naar de nullijn toe.
5. stoterversnelling; positief;
Als de versnelling van de stoter groter wordt, gaat de buiging van het produkt meer naar binnen staan,
6. plooihouderversnelling; positief;
geldt hetzelfde als bij de stoter versnelling,
7. dikte v.h. materiaal; positief;
de werkelijke dikte moet kleiner blijven dan de buigspleet en dan geldt; als de dikte groter wordt, gaat de buiging van een produkt meer naar binnen staan,
8. luchttemperatuur; negatief;
De uitzetting van de stempel en het materiaal zorgt ervoor, dat een buiging meer uit de haak gaat staan,
9. olietemperatuur; negatief;
Als de olietemperatuur toeneemt, wordt de olie dunner. Hierdoor komt het produkt meer uit de haak te staan.
10. aantal produkten; negatief;
Bij een groter aantal produkten komt d.m.v. slijtage de buiging meer uit de haak te staan.

Deze procesfactoren komen bij maat 1 en maat 2 van dit produkt ook naar voren, maar hiervan zijn de correlatiegetallen niet betrouwbaar i.v.m. te weinig metingen. Maat 1 wordt gemeten over een kleine afstand en zodoende zijn de meetgegevens minder betrouwbaar. Bij de andere gemeten produkten komen deze factoren ook naar voren, maar ook hier zijn te weinig metingen van gedaan om een betrouwbare uitspraak te doen over de correlatie van een buiging van een produkt en de procesfactoren.

Maat 2 is de haaksheid van een lip die middenin de plaat recht naar boven steekt. De lip wordt gebogen, doordat de stoter de plaat in een gat van de plooihouder duwt. De boven-

stempel strijkt langs de lip evenwijdig met de buigblok naar beneden. Bij deze soort bewerking (ook bij de andere produkten, waarvan een lip door zo'n soort buiging wordt gemaakt) is naar voren gekomen, dat deze buiging afhankelijk is van de procesfactor 'smeren'. Behalve de dikte van het materiaal, beïnvloeden de genoemde procesfactoren bij maat 3 en maat 4 ook maat 2.

De niet genoemde procesfactoren in deze paragraaf hebben geen invloed op het buigproces. Alleen bij het bepalen van de maximale druk doet zich een onverklaarbaar verschijnsel voor bij allebei de persen. De maximale druk van de stoter is ongeveer twee maal zo hoog dan de ingestelde druk. Tijdens de drukaanhoudtijd loopt de stoterdruk op met enkele tonnen en deze hoeveelheid is afhankelijk van de ingestelde druk.

6.3 De buigprocesfactoren

In de rest van dit verslag worden de factoren die invloed hebben op het buigproces, buigprocesfactoren genoemd. De buigprocesfactoren kunnen ook nog afhankelijk van elkaar zijn. Dit geldt wanneer het correlatiegetal van twee buigprocesfactoren groter is dan de kritische waarde. De buigprocesfactoren kunnen onderverdeeld worden in onafhankelijk en afhankelijke variabelen (bv. de temperatuur is een onafhankelijke variabele, omdat die door geen andere buigprocesfactor wordt beïnvloed, maar wel een andere buigprocesfactor kan beïnvloeden, zoals de faktor stoterafstand. Bij dunnere olie blijft de maximale druk hetzelfde alleen verandert de stoterafstand).

De onafhankelijke variabelen zijn:

- de perstijd,
- de dikte van het materiaal,
- de luchttemperatuur,
- de olietemperatuur.

De stijging van de olietemperatuur is afhankelijk van de kracht waarmee de plaat gebogen moet worden en van het aantal produkten dat in een tijdseenheid wordt gemaakt. De machine zal meer arbeid moeten leveren om een dik materiaal te buigen dan een dunne plaat en de olietemperatuur bij een dikke plaat stijgt dus sneller. Hoe vaker in een tijdseenheid de vereiste druk voor het buigen van een plaat geleverd moet worden, hoe sneller de olietemperatuur stijgt. Hieruit kan opgemaakt worden dat de stijging van de olietemperatuur afhankelijk is van het produkt en van het werktempo van de operator.

Hieronder staan de afhankelijke variabelen en is per variabele toegelicht welke andere buigprocesfactoren van invloed zijn op deze variabele.

- de stoterafstand; In de tabel is te zien dat de stoterafstand afhankelijk is van de plooihouderafstand. Als de stoter verder naar beneden beweegt wordt de plooihouder verder naar beneden gedrukt. Ook is te zien, dat de olie- en luchttemperatuur de stoterafstand bepalen. De olietemperatuur meer dan de luchttemperatuur. Als de temperatuur hoger wordt, neemt de stoterafstand af. Dit komt door het uitzetten van machine- en stempelonderdelen bij het oplopen van de luchttemperatuur en het dunner worden van de olie, als de olietemperatuur toeneemt. Het aantal produkten heeft ook invloed op deze afstand. Dit kan misschien verklaard worden, dat door slijtage of het afzetten van ZinCor op de wanden van de buigspleet de stoter niet meer diep genoeg in de onderstempel kan komen.

- de plooihouderafstand; Hier spelen dezelfde onafhankelijk variabelen een rol, als bij de stoter. Alleen nu voor de plooihouder.
- de beginsnelheid; Deze waarde wordt berekend met de perstijd en de stoterafstand. Hier komt de invloed van de olie- en luchttemperatuur weer naar voren. Bij dunnere olie beweegt de stoter langzamer naar beneden. Als het aantal produkten toeneemt, wordt de beginsnelheid kleiner. Dit is misschien te verklaren, doordat de vetsmering van de geleidingen van de stoter en de plooihouder minder wordt.
- de stoterversnelling; Hiervoor geldt hetzelfde als bij de beginsnelheid.
- de plooihouderversnelling; zie beginsnelheid,
- het aantal produkten; Het is te zien dat tijdens het buigen van de produkten de olie- en de luchttemperatuur toenemen. Deze factor heeft dezelfde invloed op de buiging van een produkt dan de temperatuur. Daarom kan deze factor tijdens deze metingen buiten beschouwing gelaten worden. Maar als er een heleboel metingen gedaan worden, moet deze factor wel meegenomen worden om de invloed van slijtage aan de stempel en de onderhoudsbeurten te kunnen bepalen.

6.4 De procesbeschrijving

Het is nu mogelijk een regressiemodel op te stellen die het buigproces beschrijft. In dit model staan de relaties tussen de buigprocesfactoren en de haaksheid van de buiging. Alleen moeten in dit model de on- en afhankelijke variabelen uit elkaar gehouden worden. Een onafhankelijke variabele kan invloed hebben op afhankelijke variabelen. De onafhankelijke variabelen zijn:

- de perstijd (t)
- de dikte van het materiaal (d)
- de luchttemperatuur (T_1)
- de olietemperatuur (T_o)

Hieronder is een model te zien, waarin de relatie van de haaksheid en de onafhankelijke variabelen als een lineair verband is gedefinieerd.

$$\text{haaksheid[mm]} = B_0 + B_1 * X_1 + \dots + B_k * X_k + E$$

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| $B_0 \dots B_k$ | = constanten |
| $X_1 \dots X_k$ | = onafhankelijke variabelen |
| E | = fout |

De constanten worden bepaald uit de metingen van de haaksheid en de onafhankelijke variabelen. Voor de maat 3 van het Rank Xerox kan het volgende lineaire model worden opgesteld.

$$\text{haaksheid [mm]} = -9,45 - 0,72 * t + 8,36 * d - 12,2 * 10^{-3} * T_1 - 6,2 * 10^{-3} * T_o$$

Dit model berekent de maat 3, als de waarden van onafhankelijke variabelen gegeven zijn. Met de beschikbare gegevens over de onafhankelijke variabelen en dit model kan nu per

onafhankelijke variabele het aandeel van deze variabele in de waarde van maat 3 over het hele gemeten buigproces worden uitgerekend. Hieronder staat per variabele de verandering van maat 3 uitgedrukt in millimeters, als deze variabele met de aangegeven waarde verandert :

- de perstijd;

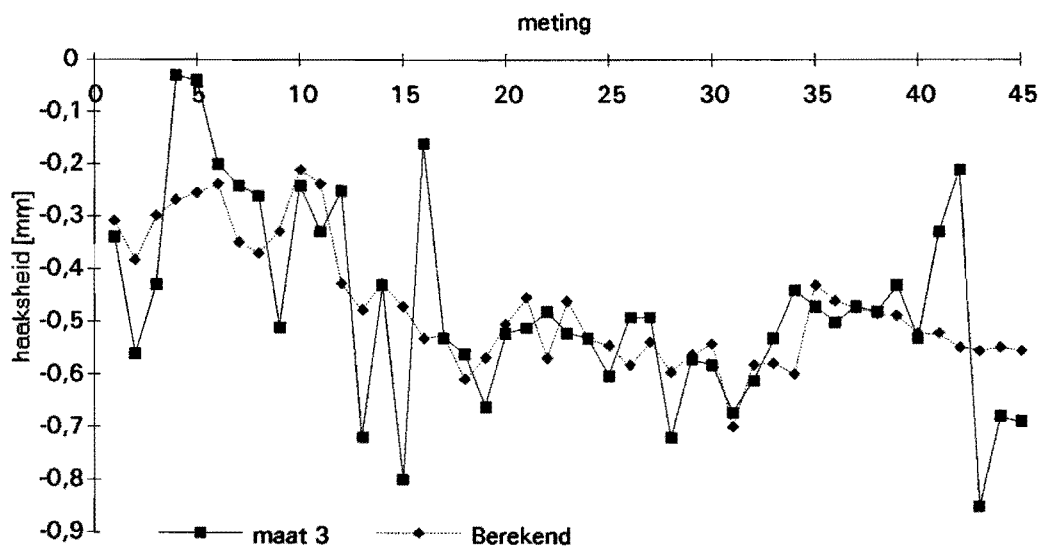
| | | | |
|----------------------|------------|-----------------|-----------|
| minimale waarde | = 0,44 s | maximale waarde | = 0,65 s; |
| invloed op de maat 3 | = 0,15 mm; | | |
- de dikte van het materiaal;

| | | | |
|----------------------|------------|------|------------|
| min. | = 1,17 mm | max. | = 1,21 mm; |
| invloed op de maat 3 | = 0,33 mm; | | |
- de luchttemperatuur;

| | | | |
|----------------------|------------|------|-----------|
| min. | = 19,3 ° | max. | = 21,5 °; |
| invloed op de maat 3 | = 0,03 mm; | | |
- de olietemperatuur;

| | | | |
|----------------------|------------|------|---------|
| min. | = 30 ° | max. | = 50 °; |
| invloed op de maat 3 | = 0,13 mm; | | |

In figuur 12 is te zien hoe de berekende haaksheid verschilt met de werkelijke gemeten haaksheid.



figuur 13: de gemeten en de berekende maat 3

In de figuur is te zien dat het model niet helemaal voldoet om de gemeten maat 3 te kunnen volgen in het proces. Er kunnen ook modellen worden opgesteld, waarin de procesfactoren in alle mogelijke combinaties staan, zoals:

$$\text{haaksheid} = C_1 * (X_1 + C_2) * X_1 + C_3 * X_1 * X_2 + \dots + C_k * X_k * X_k + E$$

$C_1..C_k$ = constanten

$X_1..X_k$ = onafhankelijke variabelen

E = fout

Om toch achter een betrouwbaar model te komen, moeten er meer metingen gedaan worden om een beter beeld van het buigproces te krijgen. Met de onafhankelijke variabelen moet

een betrouwbaar model worden opgesteld. Vanuit dit model moet dan kunnen bepaald worden wat er met de haaksheid gebeurt, als een onafhankelijke variabele tijdens het buigproces van waarde verandert. Na het bepalen van deze verandering van de haaksheid m.b.v. het model kunnen er machine-instellingen veranderd worden om toch de verandering van de werkelijke haaksheid van het produkt tot een minimum te kunnen beperken. In welke mate een bepaalde machine-instelling dan veranderd moet worden, is gebaseerd op de analyse van de metingen in het verleden.

7 Conclusies

Uit dit onderzoek is gebleken dat de volgende buigprocesfactoren invloed hebben op de buiging van een produkt:

1. de perstijd,
2. de stoterafstand,
3. de plooihouderafstand,
4. de beginsnelheid,
5. de stoterversnelling,
6. de plooihouderversnelling,
7. de dikte van het materiaal,
8. de luchttemperatuur,
9. de olietemperatuur,
10. het aantal produkten.

Alle andere meegenomen procesfactoren hebben geen invloed op de buiging van een produkt. De buigprocesfactoren, 1 t/m 6, zijn afhankelijk van de machine en kunnen bijna niet gemeten en bijgestuurd worden. De andere buigfactoren kunnen gemeten worden en aan de hand van de waarden van deze factoren kan het buigproces worden bijgesteld, als de waarde van een buiging van een produkt buiten de regelgrenzen dreigt te vallen.

Door het opstellen van een betrouwbaar model weet men wat er aan de machine-instellingen moet gebeuren om het buigproces stabiel te houden. Op deze manier kunnen de regelgrenzen van de buiging van een produkt naar elkaar toe gebracht worden en de kwaliteit van de produkten worden verhoogd. Om dit te bereiken moet er zoveel mogelijk en op een goede manier informatie worden verzameld over het buigproces. Door de analyse van deze informatie moet er bepaald worden in welke mate de buigprocesfactoren invloed hebben op de buiging van een produkt. Als de waarden van de buigprocesfactoren veranderen, kan bepaald worden welke machine-instelling en in welke mate veranderd moet worden om toch de buiging van de produkten hetzelfde te houden. Het buigproces is dan beheerst.

SPC is een goed hulpmiddel om de informatie van het buigproces te verzamelen, te registreren en te analyseren. De informatie van de buigprocessen is dan niet meer opgeslagen in mappen, maar is direct beschikbaar en voor iedereen toegankelijk. Door de snelle analyse van het SPC systeem kan deze informatie gebruikt worden om de machine-instellingen te bepalen bij veranderingen van de buigprocesfactoren, zodat de kwaliteit van het produkt gegarandeerd blijft. Deze machine-instellingen kunnen in het systeem worden vastgelegd, zodat bij veranderingen van deze factoren tijdens het buigproces het systeem aangeeft wat er bijgesteld moet worden om de buiging van de produkten hetzelfde te houden. Het proces kan op deze manier beheerst worden en het is mogelijk om de regelgrenzen dichter bij elkaar te leggen.

Het systeem biedt ook nog de mogelijkheid, dat op een snelle manier de kwaliteit van een bepaald produkt of van bepaalde produkten door iedereen bekeken kan worden. Op deze manier kunnen er verschillende mensen op hetzelfde moment analyses doen over de kwaliteit, waardoor gezamenlijk de kwaliteit verhoogd kan worden.

8 Aanbevelingen

De perstijd, stoterafstand, plooihouderafstand, beginsnelheid, stoterversnelling en de plooihouderversnelling zijn van de besturing van de machine afhankelijk. Deze factoren kunnen alleen gemeten en bijgestuurd worden, als de besturing van de machine gekoppeld wordt met een computer. De fabrikant van de besturing kan deze koppeling maken, wat een hele investering met zich meebrengt. Ook kan deze koppeling gebouwd worden in samenwerking met de TU Eindhoven. Dit kan gedaan worden in een vervolgopdracht van een andere student.

De plooihouderpennen zorgen ervoor, dat de plooihouder in de onderstempel in verbinding staat met de plooihouderaandrijving onderin de machine. Deze pennen liggen in een rek en kunnen door elke machine gebruikt worden. Deze pennen hebben niet allemaal dezelfde lengte. Als een pen korter is dan de andere pennen die ook in de machine staan, dan ontstaat een brommend geluid wat te horen is bij het naar beneden duwen van de plooihouder door de bovenstempel. Het is nog niet onderzocht of dit verschijnsel invloed heeft op de buiging van een produkt. Hier kan in de toekomst nog verder onderzoek naar gedaan worden.

Het verloop van de dikte van het materiaal over een stapel platen kan bepaald worden, voordat de platen gebogen worden. De procescontroleur weet dan bij welk aantal platen de machine bijgesteld moet worden om de buiging van een produkt weer tussen de regelgrenzen te krijgen.

Het verloop van de olietemperatuur is afhankelijk van de machine, de soort buiging en het tempo waarmee de produkten achter elkaar gebogen worden. Deze temperatuur kan door een temperatuurmeter in het oliereservoir gemeten worden. Het is een onafhankelijke procesvariabele en er moet onderzocht worden in hoeverre deze variabele invloed heeft op de andere buigprocesfactoren. De luchttemperatuur kan gemeten worden door een temperatuurmeter, door deze dichtbij de stempel te hangen.

De slijtage van de stempels en de opzet van de verschillende stempels kon in deze opdracht niet onderzocht worden, omdat er maar over een korte tijd aan één stempel gemeten is. De standtijden van een stempel kan bijgehouden worden en er kan met deze standtijden dan bepaald worden, wanneer een stempel geslepen moet worden.

Vervolgens moet de invloed van de onderhoudsbeurten op het buigproces onderzocht worden.

8.1 SPC systeem

Met dit systeem kan Nebato de benodigde gegevens verzamelen, registreren en analyseren. Dit kan resulteren in het beheersen van het buigproces op de RÖCHER pers.

Van te voren moet goed nagedacht worden welke gegevens moeten worden verzameld en op welke manier, om gemakkelijk en snel analyses van het buigproces te kunnen maken. De procesgegevens worden verzameld en niet de produktgegevens, want men wil het proces leren kennen en wat de buigprocesfactoren voor invloed kunnen hebben op de buiging van het produkt.

Het softwarepakket Datalyser 9000 bezit de mogelijkheden om SPC toe te passen op het buigproces. Het systeem kan de gemeten waarde van de haaksheid omrekenen naar de hoek van de buiging. De hoek van alle produkten die op één machine gemaakt zijn, kan op deze manier in één regelkaart afgebeeld worden. Op deze wijze kan het verloop van het proces op een machine bekeken worden. Aan elke steekproef kunnen parameters worden gehangen. Deze parameters zijn de waarde van buigprocesfactoren die bij die steekproef gemeten zijn. Het systeem beschikt ook nog over een logboek, waarin de tijdstippen van het verstellen van de machine tijdens het maken van een serie produkten en de onderhoudsbeurten komen te staan. Het systeem kan op deze manier het verloop van de buiging van een produkt over verschillende machines en het verloop van het buigproces van een machine weergegeven in verschillende regelkaarten. In deze regelkaarten kunnen oneindig veel metingen worden opgeslagen, zodat er een duidelijk beeld van de buiging van een produkt en van het proces op een machine te zien is. De rapportage van de kwaliteit van de produkten, zoals op dit moment gedaan wordt, kan ook door het systeem gedaan worden. Het voordeel hiervan is, dat de verzamelde informatie niet verdwijnt in de kast, maar altijd snel toegankelijk is.

Per produkt wordt een meetplan gemaakt. Daarin staat welke gegevens op de werkvloer verzameld moeten worden. De procescontroleur hoeft alleen de waarden van gevraagde gegevens in te vullen en de buiging van het produkt te meten. Door koppeling van het meetapparaat aan een computer kost het invoeren van de meetgegevens geen extra tijd. Ook kunnen temperatuurmeters aan het systeem gekoppeld worden, zodat de registratie van de olie- en luchttemperatuur automatisch gebeurt.

Het meetplan moet op zo'n manier worden samengesteld, dat alle gegevens van het proces met een klein aantal kenmerken kan worden beschreven. Per machine wordt er in het systeem een datagroep aangemaakt. In deze datagroep komt het produktnummer te staan wat op die machine gemaakt wordt. Aan dit produktnummer komen de parameters te hangen die van invloed zijn op het buigproces. De parameters zijn de dikte van het materiaal, de olie- en luchttemperatuur, de ingestelde stoterdruk, de ingestelde plooihouderdruk, de ingestelde stotersnelheid en de naam van de operator. Met de operator wordt bedoeld degene die de meetgegevens in het systeem invoert. De haaksheid van de buiging van de produkten wordt door het systeem omgezet naar een hoek. De hoek is positief als de buiging van het produkt in de haak staat en de hoek is negatief als de buiging van het produkt uit de haak staat.

Het meetplan wordt opgesteld door een persoon van de kwaliteitsdienst. De structuur van het meetplan bestaat uit lagen. Alle invloeden op het proces van de factoren van het produkt en van de machine worden vastgelegd door het produkt- en machinenummer. Op deze manier kan per factor van een bepaald produkt of van een bepaalde machine de invloed op het proces bekeken worden zonder dat de waarden van deze factoren zijn ingevoerd op de werkvloer. De computer op de werkvloer is verbonden via een netwerk met de computer in de meetkamer. In de meetkamer kunnen uit de regelkaarten analyses gedaan worden over de invloed van de buigprocesfactoren.

De gegevens kunnen ingelezen worden in het softwarepakket Microsoft Excel, zodat de correlatie van de buiging van een produkt en de procesfactoren bepaald kan worden en een betrouwbaar regressiemodel voor het buigproces opgesteld kan worden. Hierdoor kan bepaald worden welke machine-instellingen en in welke mate bijgesteld moeten worden als een buigprocesfactor verandert van waarde om de kwaliteit van een produkt te kunnen garanderen. In het systeem kunnen deze bijstelhandelingen in het aktieregister opgeslagen worden, zodat het systeem bij het constateren van een verandering van een procesfactor

automatisch aan de procescontroleur kan laten zien wat er moet gebeuren om dezelfde kwaliteit van het produkt te houden. Ook kan op elk moment een rapportage aan het managementteam worden gedaan over de kwaliteit van de produkten in een bepaalde tijd.

In de bijlage zijn enkele voorbeelden te zien van de uitvoer van Datalyser 9000.

| | <i>perstijd</i> | <i>stoterafstand</i> | <i>plooihouderafstand</i> | <i>relatieve afstand</i> | <i>beginsnelheid</i> | <i>stoterversnelling</i> | <i>plooihouderversnelling</i> |
|------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| perstijd | 1,00 | | | | | | |
| stoterafstand | -0,28 | 1,00 | | | | | |
| plooihouderafstand | -0,34 | 0,82 | 1,00 | | | | |
| relatieve afstand | 0,06 | 0,40 | -0,19 | 1,00 | | | |
| beginsnelheid | -0,92 | 0,62 | 0,59 | 0,13 | 1,00 | | |
| stoterversnelling | -0,96 | 0,48 | 0,47 | 0,06 | 0,98 | 1,00 | |
| plooihouderversnelling | -0,96 | 0,46 | 0,48 | 0,02 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| dikte v.h. materiaal | -0,18 | 0,08 | 0,03 | 0,10 | 0,15 | 0,13 | 0,12 |
| luchttemperatuur | 0,25 | -0,49 | -0,51 | -0,02 | -0,37 | -0,30 | -0,30 |
| olietemperatuur | 0,25 | -0,55 | -0,53 | -0,09 | -0,39 | -0,30 | -0,30 |
| drukopbouw | 0,07 | -0,30 | -0,13 | -0,31 | -0,20 | -0,16 | -0,15 |
| druk op 1 sec. | -0,20 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,22 | 0,24 | 0,24 |
| aantal produkten | 0,24 | -0,46 | -0,50 | 0,01 | -0,36 | -0,30 | -0,30 |
| smeren | -0,07 | 0,42 | 0,46 | -0,02 | 0,22 | 0,15 | 0,15 |
| pauze | 0,19 | -0,15 | -0,21 | 0,09 | -0,21 | -0,20 | -0,20 |
| plooihouder act. | 0,11 | -0,32 | -0,18 | -0,26 | -0,21 | -0,17 | -0,16 |
| maat 1 | -0,40 | 0,13 | 0,42 | -0,32 | 0,40 | 0,40 | 0,42 |
| maat 2 | -0,18 | 0,56 | 0,80 | -0,27 | 0,37 | 0,28 | 0,29 |
| maat 3 | -0,30 | 0,28 | 0,35 | -0,09 | 0,32 | 0,28 | 0,28 |
| maat 4 | -0,48 | 0,43 | 0,55 | -0,16 | 0,53 | 0,48 | 0,49 |

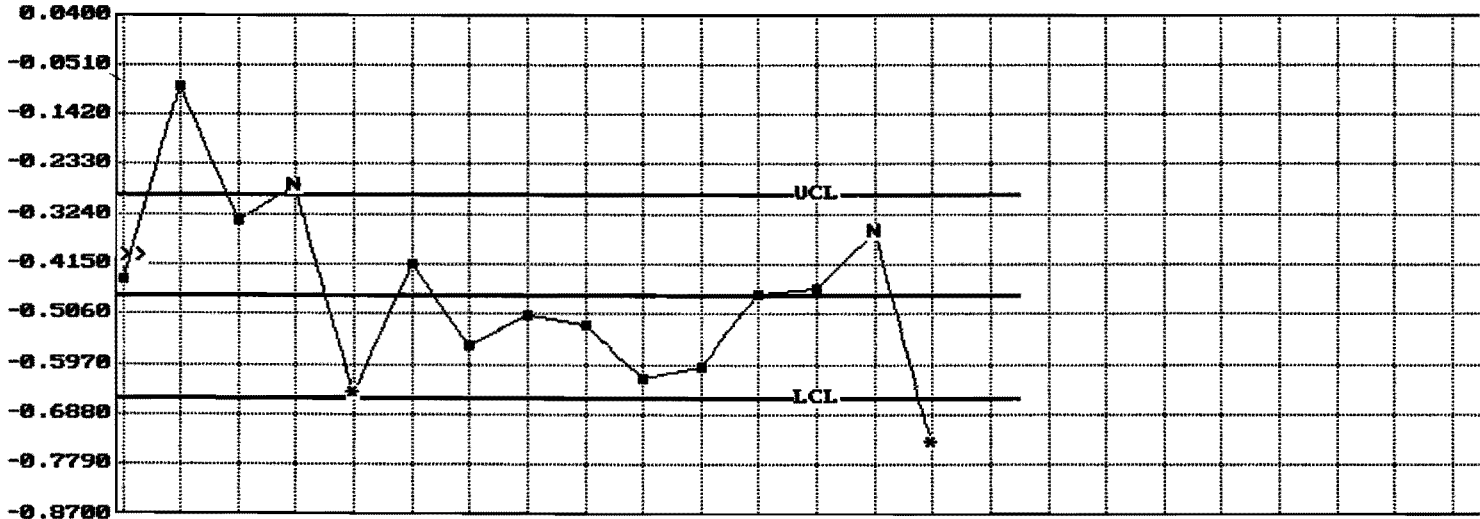
| | <i>dikte v.h. materiaal</i> | <i>luchttemperatuur</i> | <i>olietemperatuur</i> | <i>drukopbouw</i> | <i>druk op 1 sec.</i> | <i>aantal produkten</i> | <i>smeren</i> |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| perstijd | | | | | | | |
| stoterafstand | | | | | | | |
| plooihouderafstand | | | | | | | |
| relatieve afstand | | | | | | | |
| beginsnelheid | | | | | | | |
| stoterversnelling | | | | | | | |
| plooihouderversnelling | | | | | | | |
| dikte v.h. materiaal | 1,00 | | | | | | |
| luchttemperatuur | -0,41 | 1,00 | | | | | |
| olietemperatuur | -0,54 | 0,78 | 1,00 | | | | |
| drukopbouw | 0,27 | 0,10 | 0,01 | 1,00 | | | |
| druk op 1 sec. | 0,11 | -0,10 | -0,12 | 0,18 | 1,00 | | |
| aantal produkten | -0,47 | 0,98 | 0,77 | 0,06 | -0,13 | 1,00 | |
| smeren | 0,23 | -0,35 | -0,42 | 0,05 | 0,32 | -0,37 | 1,00 |
| pauze | 0,00 | -0,03 | 0,02 | -0,03 | 0,14 | -0,06 | -0,24 |
| plooihouder act. | 0,04 | -0,10 | -0,06 | 0,04 | -0,07 | -0,14 | -0,28 |
| maat 1 | -0,50 | 0,17 | 0,30 | -0,05 | 0,13 | 0,22 | 0,08 |
| maat 2 | 0,06 | -0,51 | -0,47 | -0,19 | 0,27 | -0,50 | 0,52 |
| maat 3 | 0,56 | -0,41 | -0,50 | 0,19 | 0,03 | -0,45 | 0,12 |
| maat 4 | 0,29 | -0,32 | -0,42 | 0,11 | 0,08 | -0,35 | 0,26 |

| | <i>pauze</i> | <i>plooihouder act.</i> | <i>maat 1</i> | <i>maat 2</i> | <i>maat 3</i> | <i>maat 4</i> |
|------------------------|--------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| perstijd | | | | | | |
| stoterafstand | | | | | | |
| plooihouderafstand | | | | | | |
| relatieve afstand | | | | | | |
| beginsnelheid | | | | | | |
| stoterversnelling | | | | | | |
| plooihouderversnelling | | | | | | |
| dikte v.h. materiaal | | | | | | |
| luchttemperatuur | | | | | | |
| olietemperatuur | | | | | | |
| drukopbouw | | | | | | |
| druk op 1 sec. | | | | | | |
| aantal produkten | | | | | | |
| smeren | | | | | | |
| pauze | 1,00 | | | | | |
| plooihouder act. | 0,71 | 1,00 | | | | |
| maat 1 | -0,05 | 0,04 | 1,00 | | | |
| maat 2 | -0,02 | -0,01 | -0,03 | 1,00 | | |
| maat 3 | -0,05 | 0,06 | -0,53 | 0,28 | 1,00 | |
| maat 4 | -0,22 | -0,13 | -0,40 | 0,40 | 0,83 | 1,00 |

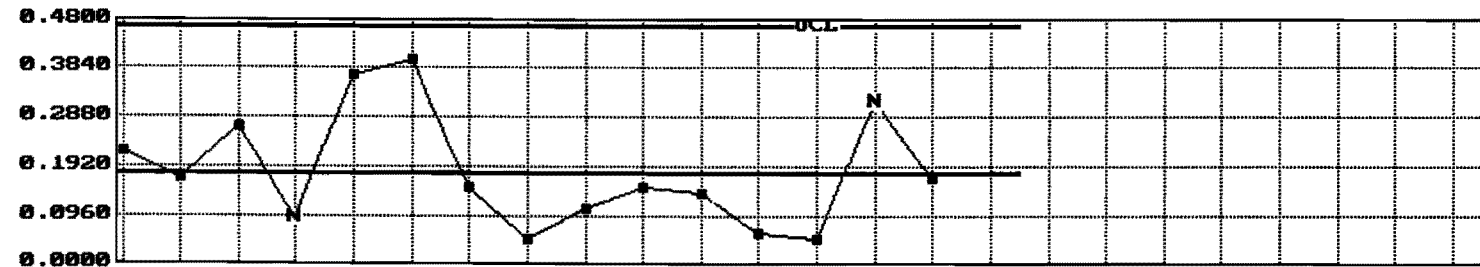
nebato
PROCESS CONTROL

| | | |
|--------------------------|--|----------------------------------|
| File name: Machine10 | Stats based on subgroups 1 to 15 | Wed. January 11, 1995 22:40 |
| AFDELING persen | MACHINENUMMERS 10 | PROCES buigen |
| CHARACTERISTIC maat 3 | ENGINEERING SPECIFICATIONS -0.800 to 0.00 | |
| COMMENT: gemeten maat | | |
| UCL X = -0.28538 | UCL R = 0.46675 | Sigma = 0.18595 |
| Avg X = -0.47089 | Avg R = 0.18133 | Sigma hat = 0.10711 |
| LCL X = -0.65639 | LCL R = 0.00000 | 40% of points in mid 1/3 |
| | | Sigma capability: Ppk = 0.59 |
| | | Sigma hat capability: Cpk = 1.02 |
| | | Pp ratio = 139% |
| | | Cp ratio = 80% |
| | | Pp index = 0.72 |
| | | Cp index = 1.24 |

AVERAGE CHART



RANGE CHART



| GROUP # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| '94DATE | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 |
| TIME | 0645 | 0715 | 0736 | 0807 | 0845 | 0926 | 0945 | 1027 | 1112 | 1200 | 1245 | 1345 | 1351 | 1422 | 1500 |
| SMP# 1 | -340 | -30 | -240 | -240 | -720 | -160 | -660 | -480 | -600 | -720 | -670 | -440 | -470 | -530 | -850 |
| SMP# 2 | -560 | -40 | -260 | -330 | -430 | -530 | -520 | -520 | -490 | -570 | -610 | -470 | -480 | -330 | -680 |
| SMP# 3 | -430 | -200 | -510 | -250 | -800 | -560 | -510 | -530 | -490 | -580 | -530 | -500 | -430 | -210 | -690 |
| AVERAGE | -443 | -90 | -337 | -273 | -650 | -417 | -563 | -510 | -527 | -623 | -603 | -470 | -460 | -357 | -740 |
| RANGE | 220 | 170 | 270 | 90 | 370 | 400 | 150 | 50 | 110 | 150 | 140 | 60 | 50 | 320 | 170 |

NOTE: DATA HAS BEEN MULTIPLIED BY 1000, THEN TRUNCATED TO 4 DIGITS FOR PRINTING. CALCULATIONS ARE DONE USING FULL PRECISION.

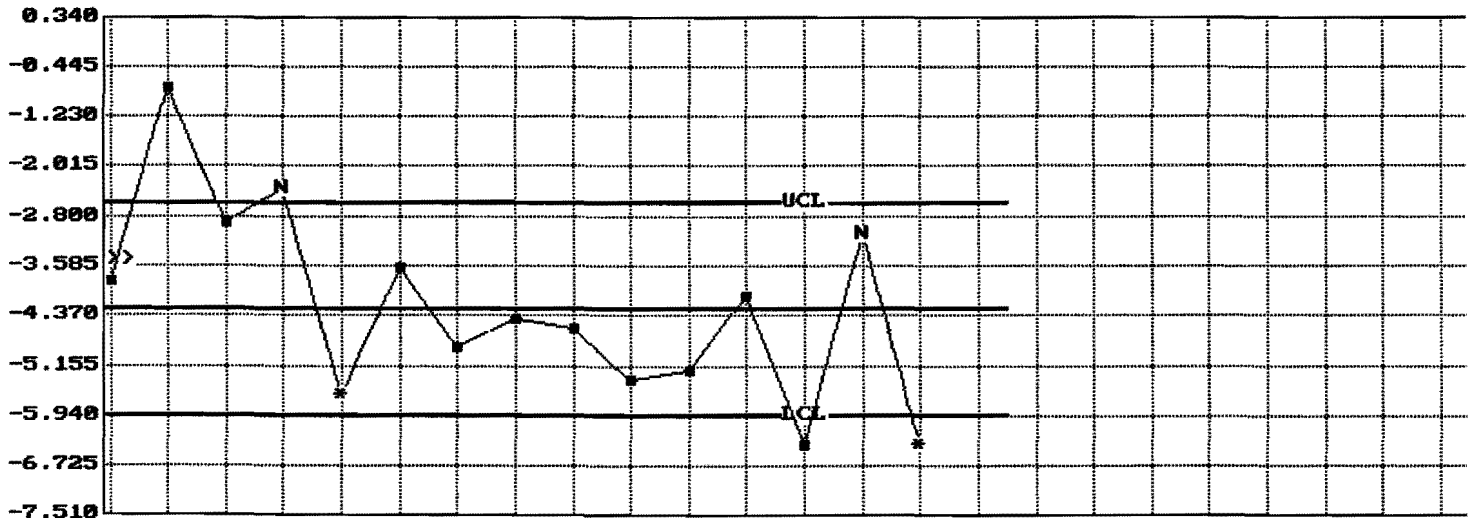
nebato
PROCESS CONTROL

| | | |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| File name: Machine10 | Stats based on subgroups 1 to 15 | Wed. January 11, 1995 22:44 |
| AFDELING | MACHINENUMMERS | PROCES |
| persen | 10 | buigen |
| CHARACTERISTIC | ENGINEERING SPECIFICATIONS | |
| hoek 3 | -7.00 to 0.00 | |

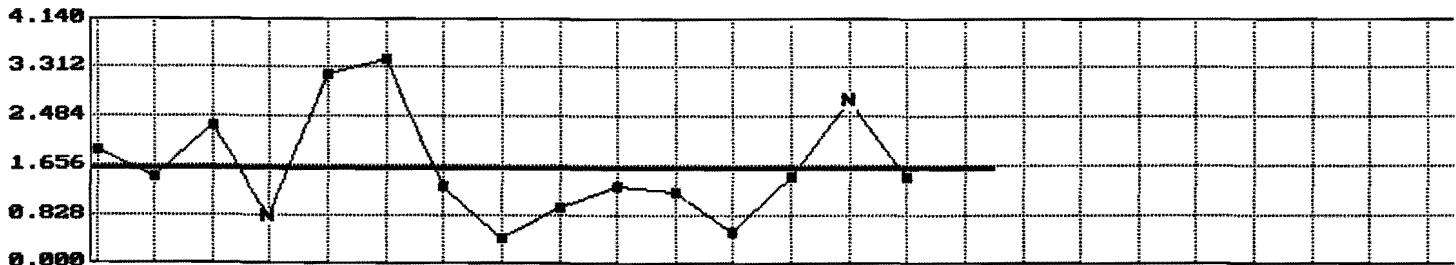
COMMENT: berekende maat

| | | | | | | | |
|-----------------|----------------|--------------------------|-----------------------|------------|-----------------|-----------------|--|
| UCL X = -2.5625 | UCL R = 4.2008 | Sigma = 1.7141 | Sigma capability: | Ppk = 0.54 | Pp ratio = 147% | Pp index = 0.68 | |
| Avg X = -4.2320 | Avg R = 1.6320 | Sigma hat = 0.9640 | Sigma hat capability: | Cpk = 0.96 | Cp ratio = 83% | Cp index = 1.21 | |
| LCL X = -5.9015 | LCL R = 0.0000 | 27% of points in mid 1/3 | | | | | |

AVERAGE CHART



RANGE CHART



| GROUP # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| '94DATE | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 | 0112 |
| TIME | 0645 | 0715 | 0736 | 0807 | 0845 | 0926 | 0945 | 1027 | 1112 | 1200 | 1245 | 1345 | 1351 | 1422 | 1500 |
| SMP# 1 | -294 | -26 | -208 | -208 | -622 | -139 | -570 | -415 | -519 | -622 | -579 | -381 | -733 | -458 | -733 |
| SMP# 2 | -484 | -35 | -225 | -286 | -372 | -458 | -450 | -450 | -424 | -493 | -527 | -407 | -587 | -286 | -587 |
| SMP# 3 | -372 | -173 | -441 | -217 | -690 | -484 | -441 | -458 | -424 | -501 | -458 | -433 | -596 | -182 | -596 |
| AVERAGE | -383 | -78 | -291 | -237 | -561 | -360 | -487 | -441 | -456 | -539 | -521 | -407 | -639 | -309 | -639 |
| RANGE | 190 | 147 | 233 | 78 | 318 | 345 | 129 | 43 | 95 | 129 | 121 | 52 | 146 | 276 | 146 |

NOTE: DATA HAS BEEN MULTIPLIED BY 100, THEN TRUNCATED TO 4 DIGITS FOR PRINTING. CALCULATIONS ARE DONE USING FULL PRECISION.

CAPABILITY ANALYSIS

| | | |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| File name: Machine10 | Stats based on subgroups 1 to 15 | Wed. January 11, 1995 22:46 |
| AFDELING | MACHINENUMMERS | PROCES |
| persen | 10 | buigen |
| CHARACTERISTIC | ENGINEERING SPECIFICATIONS | |
| maat 3 | -0.800 to 0.00 | |

| | | |
|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| COMMENT: gemeten maat | | |
| Count: 45 | Distribution type: Normal Test: Skewness | |
| Average: -0.47089 | Z values: Z-LSL = 1.77 | Z-USL = 2.53 |
| Sigma: 0.18595 | Number of observations off scale: | Below = 0 Above = 0 |
| Skewness: 0.419 | Observations beyond specification: | Below LSL = 2.22% Above USL = 0.00% |
| Kurtosis: -0.193 | Predicted % out of specification: | Below LSL = 3.84% Above USL = 0.57% |
| 3 sigma limits: -1.02873 to 0.08695 | Extreme values: | Lowest = -0.85000 Highest = -0.03000 |
| 4 sigma limits: -1.21468 to 0.27290 | Sigma capability: PpK = 0.59 | Ppr = 139% Ppi = 0.72 |
| | Non-normal capability: NCpK = 0.59 | NCpr = 139% |
| | Predicted parts per million out (PPM): 44037 | |

