

De sterksten overleven – het belang van de procesbesturing

Fabrikanten hebben te maken met internationale rivaliteit, en moeten dus voortdurend op hun marges letten om concurrerend te blijven. Maar wat is de beste manier om verspilling aan te pakken en de winst te vergroten? Dit artikel bespreekt vier gebieden die een aanzienlijke productiviteitsstijging kunnen opleveren voor bedrijven die bereid zijn om hun bewerkingsproces anders te besturen.

Waar liggen de mogelijkheden om de marges te vergroten?

Concurrentievermogen komt feitelijk neer op een combinatie van kosten, kwaliteit en dienstverlening. Om concurrerder te zijn, is het daarom nodig dat we:

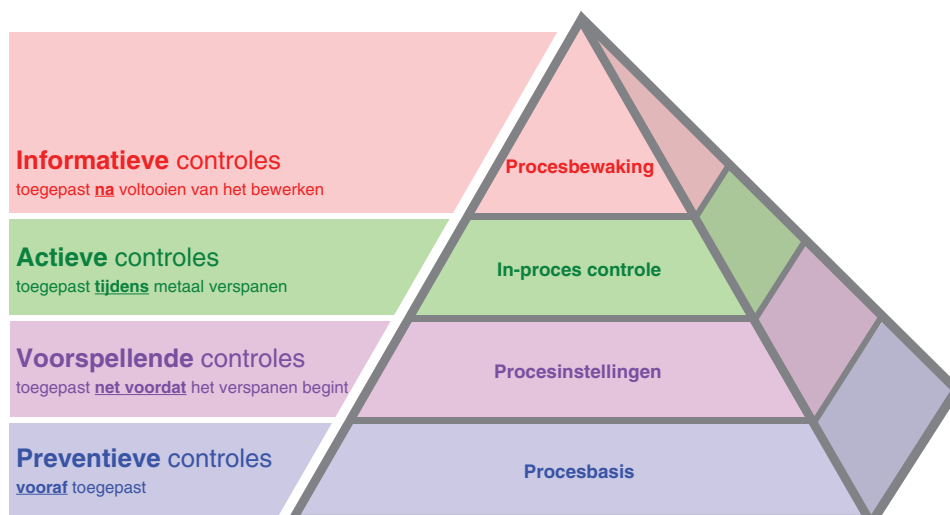
- Meer capaciteit verkrijgen uit onze machines;
- Meer automatisering en minder menselijke tussenkomst
- De uitval, herbewerkingen en concessies verminderen;
- De doorlooptijden voor productie verkorten;
- De procesmogelijkheden en traceerbaarheid vergroten.

Deze doelen vragen om een brede benadering van de procesverbetering. De tussenkomst van operators elimineren is een logisch startpunt, aangezien bij veel fabrikanten menselijke fouten de grootste bron van vertraging en afkeur vormen. Maar handmatige handelingen verwijderen is niet afdoende. Er is ook scherpe aandacht nodig voor de werkomgeving, de machine zelf, processen instellen voordat we gaan verspanen, en controles tijdens het proces als de productie gestart is. Dit artikel omschrijft een eenvoudig model over hoe afwijkingen in processen ontstaan en hoe ze via de procesbesturing aan te pakken zijn.

Lean helpt maar ten dele

Met technieken voor lean produceren kunnen fabrikanten de orderstroom door hun fabriek stroomlijnen. Afvalresten worden voorkomen, doorlooptijden verkort en tussenvoorraden geminimaliseerd. Dit zijn waardevolle besparingen, maar ze werken alleen als het bewerkingsproces zelf voorspelbaar, herhaalbaar en betrouwbaar goede producten maakt. Is dat niet het geval, dan zijn knelpunten, vertragingen en slechte producten niet te elimineren.

De sleutel tot voorspelbare productiviteit is dan ook het verhelpen van variaties aan de bron, door oorzaken aan de wortel te isoleren en individueel aan te pakken. Omdat aan iedere onderliggende variatiebron iets wordt gedaan, wordt het procesresultaat veel beter bestuurbaar.



De piramide van procesproductiviteit™ toont hoe via verschillende besturingslagen systematisch variaties uit bewerkingsprocessen te halen zijn.

De piramide van procesproductiviteit™

De piramide bevat vier lagen van procesbesturing die op elkaar voortbouwen. Elke laag heeft zijn eigen rol in het voortdurend tot stand komen van goede producten. Beginnend van onderaf:

- De laag van het **procesfundament** biedt stabiele condities waarin de machine zijn werk kan verrichten. Hier gaat het om preventieve besturing die het aantal variatiebronnen verlaagt voordat het bewerken begint.
- De volgende laag omvat de **procesinstellingen** en gaat over voorspelbare variatiebronnen zoals de productlocatie, gereedschapafmetingen en machine-instellingen. Zulke bronnen kunnen ertoe leiden dat het eerste product al buiten de specificatie valt.
- De derde laag betreft de **controle tijdens het proces**. Hier worden variatiebronnen aangepakt die inherent zijn aan bewerken - gereedschapslijtage en temperatuurvariaties - door middel van intelligente terugkoppeling naar het proces terwijl er verspaand wordt.
- Tot slot hebben we de laag van de **bewaking na het proces**, waarin eerst het proces en later het product gecontroleerd worden aan de hand van hun specificaties. Dat kan gedeeltelijk op de machine, maar de meeste taken worden offline gedaan.

In het streven naar een hoog procesrendement en voorspelbare productiviteit kunnen deze lagen het beste van onder naar boven doorgewerkt worden. Onderaan de piramide zijn de taken algemener van aard en dus gemakkelijk breed toe te passen. Naarmate de lagen hoger liggen, wordt de besturing meer processpecifiek en het werkingsgebied dus smaller. Daarom is het werken aan de hogere smallere besturingen alleen zinvol als de variaties daaronder zijn aangepakt, anders wordt de gedane moeite weer teniet gedaan.

Laten we elke laag apart eens nader bekijken.

Procesfundament

Besturingen in de basislaag van de piramide zijn bedoeld om de stabiliteit te maximaliseren van de omgeving waarin het proces uitgevoerd wordt. Deze preventieve besturingen houden variaties weg die effect hebben op het bewerkingsproces.

De procesfundamentlaag omvat onder meer:

- Productiegericht ontwerpen – een benadering van proces- en productontwerp op basis van bestaande mogelijkheden en eerdere goede ervaringen in plaats van altijd het wiel opnieuw uit te vinden. Meestal uitgaand van een aantal standaardkenmerken zorgt dit voor rationalisatie van het gereedschap en standaardisatie van machineparameters. Op deze wijze is er minder variatie tussen de processen en zijn grote verbeteringen te realiseren door steeds de beste praktijkervaringen te identificeren.
- Beheersing van de procesinvoer houdt in dat met FMEA en soortgelijke technieken wordt gewerkt aan alle inkomende factoren die het bewerkingsresultaat kunnen beïnvloeden. Hierbij wordt onder meer gelet op consistente snijvlakgeometrie, gecontroleerde inklemskrachten, vaste productprogramma's en materiaalvoorbereiding. Als aan het begin van het proces de omstandigheden constant zijn, is het waarschijnlijker dat ze dat aan het einde nog steeds zijn.
- Stabiliteit van de omgeving betreft de externe bronnen van verstoring die niet vooraf te elimineren zijn, maar wel onvermijdelijk deel uitmaken van de werkomgeving. Voorbeelden zijn temperatuurschommelingen in de omgeving, warmteproductie door het bewerken, vuil in de machine en op spanningen, levensduur van gereedschap, en onverwachte zaken als gereedschapbreuk of stroomuitval. Veel van zulke variatieproblemen zijn op te lossen met operationele discipline.
- De machineconditie optimaliseren is essentieel voor het procesfundament, want een onnauwkeurige machine kan nooit voortdurend nauwkeurige producten maken. Met een stringente aanpak van nauwkeurigheid controleren, kalibreren en indien nodig reviseren zijn de machineprestaties in lijn te brengen met de procesvereisten. Vervolgens kan de operator met regelmatige controles de conditie bewaken, zodat vaststaat dat de machine nog steeds geschikt is voor productie of naar voren komt dat onderhoud nodig is.



Een machine kalibreren met een laserinterferometer.

De laag van het procesfundament verhoogt de marges als volgt:

- **Grotere machinebeschikbaarheid** – Ongeplande stilstand wordt vermeden door trends in de machineprestaties te onderkennen voordat ze problemen geven.
- **Hoger procesrendement** – Dankzij betere machinenauwkeurigheid en -herhaalbaarheid in combinatie met minder variaties in omgeving en procesinvoer zijn de producten consistent en is er minder afkeur.
- **Gegarandeerde kwaliteit** – Minder variatie van product tot product levert al gauw 25% minder uitval, herbewerkingen en concessies.
- **Technici richten zich op proactieve taken** – Productietechnici krijgen minder “ruis” te verwerken en brandjes te blussen, en komen meer aan echte verbeteringen toe.

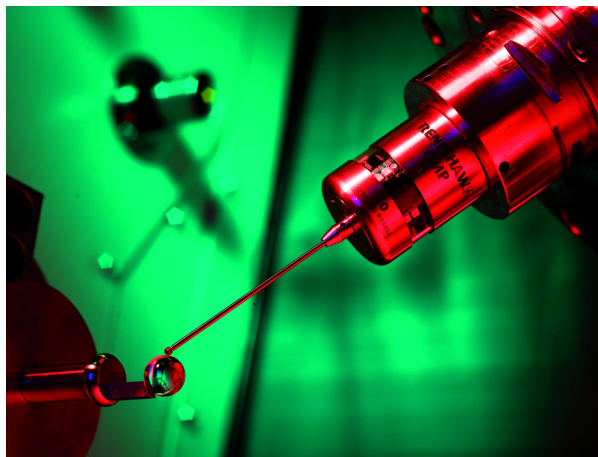
Met dit alles legt u een fundament voor automatisering. Als uw machines optimaal presteren, kunt u vol vertrouwen stappen nemen in de automatisering van uw processen.

Procesinstellingen

De tweede piramidelaag is de eerste stap op weg naar produceren door “op een knop te drukken” en houdt het gereedmaken voor bewerking in. Deze voorspellende besturingen bestrijden de foutbronnen bij het instellen van machine, product, gereedschap en meettaster. Deze zijn altijd in bepaalde mate aanwezig en moeten aangepakt worden om ook het eerste product goed te bewerken. De procesinstellingen beheersen gaat uit van de stabiliteit die in de procesfundamentlaag gelegd werd en helpt menselijke fouten te elimineren door handmatige activiteiten te automatiseren.

De procesinstellingenlaag omvat onder meer:

- **Machine-instellingen** vaak over het hoofd gezien maar bepalend voor de relaties tussen de voornaamste bewegende machinedelen. Denk bijvoorbeeld aan de freesspindel en het machinebed, of het draaipunt van een freesspindel op een draai/freesmachine. Deze relaties worden beïnvloed door thermisch verloop, en zelfs in de meest stabiele omgeving is enige variatie onvermijdelijk. Ongecorrigeerde machinefouten kunnen bij procesafwijkingen de dominante factor zijn. Ze leiden mogelijk tot lange insteltijden omdat hun verstoring gemakkelijk verward wordt met andere bronnen van procesvariaties. Gelukkig zijn deze fouten te meten en te elimineren via eenvoudige controles met meettasters op de machine.
- **Meettasterinstellingen** waarbij een meettaster zodanig gekalibreerd wordt dat hij nauwkeurig kan meten op de machine. Voor inspectietasters houdt dit in dat de grootte en positie van de stylus gemeten wordt, meestal met een kalibratiekogel of ringkaliber. Bij gereedschapinsteltasters wordt met een doorn de positie van de stylus of laserbundel vastgesteld. Tasterkalibratie is een regelmatige (normaliter wekelijkse) controle die garandeert dat andere metingen op de machine betrouwbaar blijven.
- **Productinstellingen**, het proces waarin de locatie en oriëntatie van het product worden vastgesteld zodat het bewerken hiermee in lijn gebracht kan worden. Een schakelende taster vindt nulposities en hoeken, waarbij de werkcoördinaten automatisch bijgewerkt worden. In complexere situaties meet een taster plaatselijke oppervlaktevormen, waaruit een CAM-pakket gereedschaptrajecten berekent voor een aaneensluitend oppervlak. Producten instellen verlaagt de opspanningskosten en voorkomt dat de operator hieraan iets moet doen en misschien het bewerken start op een verkeerde basis.
- Als laatste element **gereedschapinstellingen**, waarbij de lengte en diameter van gereedschappen worden vastgesteld en opgeslagen in de CNC-besturing. Zo kunnen gereedschappen aan het product gekoppeld worden en vrijwel nominaal werken. Handmatig verspanen en meten wordt vermeden, evenals de kans op een foute hoogte-instelling waardoor al menige machine is vastgelopen.



Het draaipunt bepalen van de freesspindel op een draai/freesmachine.

De laag van de procesinstellingen heeft de volgende effecten op de winst:

- Product en gereedschap instellen levert **tot wel 90% tijdbesparing**.
- Tastertechniek werkt **automatisch** en is **beter herhaalbaar** dan handmatige methodes.
- Betrouwbaarder instellen betekent **minder stilstand** nadat de productie gestart is.
- Bij vervanging van gereedschap verloopt **opnieuw instellen** ook sneller en met een lagere foutkans.
- Dit alles bij elkaar geeft u **meer tijd om producten te maken**.

Controle tijdens het proces

Deze laag wordt vaak het minst benut en het minst begrepen. Deze besturingen bestrijden de variatiebronnen die inherent zijn aan alle bewerkingsprocessen, namelijk gereedschapslijtage, productvorming en temperatuur- en warmtestromingseffecten. Tastertechniek op de machine is de enige rendabele manier om tijdens het proces het product te bewaken. De machine verkrijgt hiermee de vereiste intelligentie om zelf beslissingen te nemen, met het proces centraal en zonder de nadelige effecten van verloop in het proces. Het resultaat is een consistent met een “druk op de knop” beschikbaar proces, dat minder mensen nodig heeft en minder uitval en herbewerking veroorzaakt.

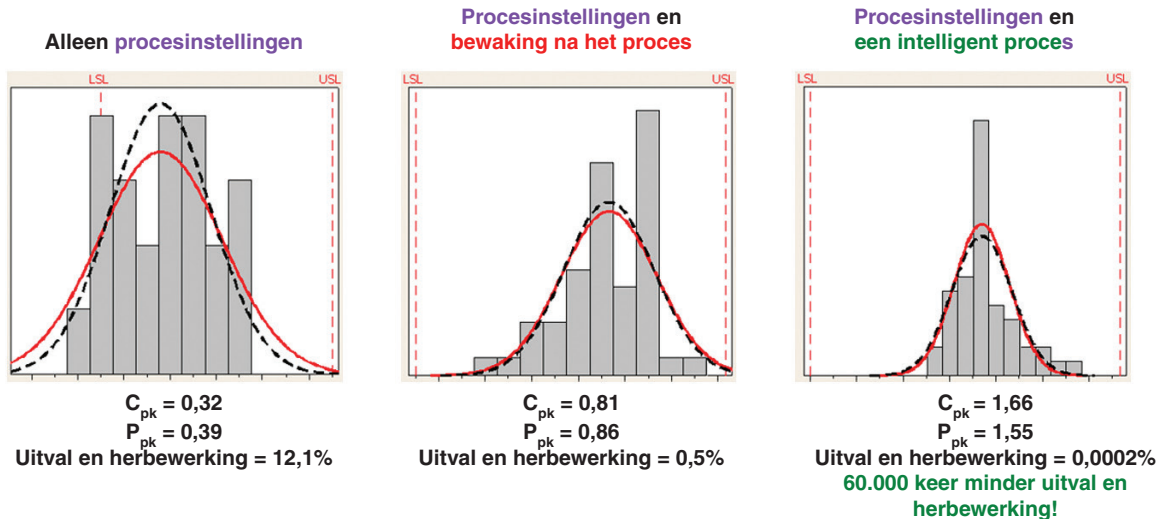
Het moet echter benadrukt worden dat controle tijdens het proces alleen succes kan hebben als de lagere piramidelagen in orde gebracht zijn. Als deze andere variatiebronnen niet ingedamd zijn, dan wordt controleren tijdens het proces onbegonnen werk omdat er willekeurig invloeden optreden die hier niet te bestrijden zijn. Automatiseren van een proces in een chaotische omgeving met ongemoeid gelaten handwerk is bij voorbaat al zinloos.

Welke besturingselementen vinden we in deze laag?

- Het is niet nodig om elke productvorm te meten als de producten maar met een paar gereedschappen gemaakt zijn. Beter is dan om in korte tijd met een meettaster een **kritische vorm per gereedschap** te controleren en de gereedschapinstellingen bij te werken op basis van de gemeten fouten. Een inspectietaster (dus geen insteltaster) controleert gereedschappen tijdens het verspanen. Deze meet namelijk direct het te controleren resultaat: de maat die het gereedschap genereert.
- **Controle van voorfrozen**, niet alleen van nafrozen. Hoewel niet te zien bij inspectie achteraf, is het werk van voorfreesgereedschap essentieel: materiaal verwijderen totdat de juiste hoeveelheid overblijft voor het nafrozen. Gebeurt het voorfrozen inconsistent, dan varieert ook de snedediepte bij nafrozen. Dit beïnvloedt de doorbuiging van het gereedschap en de oppervlaktekwaliteit.
- **Thermisch verloop bewaken** door regelmatig de spindelpositie, middellijn van draaitafels en draaipunten opnieuw te kalibreren, vooral voordat kritisch oppervlaktewerk wordt gedaan.
- Na iedere cyclus **kwetsbaar gereedschap controleren** op breuk, zodat een gebroken gereedschap geen verdere schade kan toebrengen aan producten of ander gereedschap. Dit vergroot het vertrouwen in onbemand bewerken.
- **Logica in het programma** die op onverwachte gebeurtenissen reageert. Een product buiten tolerantie maar met nog voldoende metaal kan nogmaals nabewerkt worden. Neem bij gereedschapbreuk een verwant gereedschap of waarschuw de operator. Een slecht resultaat kan schijn zijn; het product wassen en opnieuw meten biedt zekerheid dat er geen spanen meegemeten waren.
- De **procestoestand bewaken** en bij een fout de operator waarschuwen.
- De metingen tijdens het proces en bijgewerkte instellingen opslaan voor de **traceerbaarheid**.

In veel situaties kan controle tijdens het proces de grootste winststijgingen opleveren van alle piramidelagen, vooral bij processen waarin het gereedschap snel slijt en de cyclustijden lang zijn:

- **Lagere kapitaalkosten** – Meer verwerken zonder te investeren in extra capaciteit.
- **Verdere automatisering** – Lagere directe arbeidskosten en minder onproductieve machinestilstand.
- **Minder menselijke fouten** – Herhaalbare metingen en automatische terugkoppeling.
- **Minder uitval, herbewerkingen en concessies** – Minder variatie, een hoger procesrendement en alles in één keer goed.



Resultaten van een mogelijkhedenstudie door Renishaw, met dezelfde producten bij verschillende procesbesturingstechnieken. Alleen procesinstellingen levert een onacceptabele uitval en een slecht gecentreerd proces. Bewaking na het proces zorgt voor betere centrering en minder variatie van product tot product. Maar voor de meeste bedrijven zijn de resultaten nog niet acceptabel. Alleen intelligente controle tijdens het proces brengt een volgens Renishaw acceptabel niveau dat lange periodes van onbemand produceren mogelijk maakt.

Bewaking na het proces

De bovenste laag van de piramide wordt veel gebruikt door bedrijven, aangezien hieruit het eindresultaat van het proces naar voren komt. Verificatie is op de bewerkingsmachine uit te voeren met een meettaster of met handapparatuur of scharnierende armen, en offline op CNC-apparaten zoals een CMM. Dit zijn informatieve besturingselementen, want de metingen komen te laat om het product nog te beïnvloeden - tenzij wordt besloten tot herbewerking.

In de laag van de bewaking na het proces vinden we:

- Procesverificatie op de machine met een taster die het product opmeet terwijl het nog opgespannen is op de machine. Het product controleren voordat het verwijderd wordt, dus nagaan of het proces heeft gedaan wat verwacht werd, geeft zekerheid dat het product voldoet voordat het verder verwerkt wordt. Deze aanpak is het meest zinvol voor grote producten van hoge waarde. Ook zijn productcontroles in CMM-stijl uit te voeren, bijvoorbeeld van geometrische afmetingen en toleranties. Metingen op een bewerkingsmachine hebben echter een lagere precisie en traceerbaarheid dan die op een CMM bij een gecontroleerde temperatuur. Mogelijk zijn ook sommige meetpunten niet toegankelijk terwijl het product nog opgespannen is in de machine. Verder zijn op CMM's met de nieuwste meettechnologie de cyclustijden meestal veel korter.



Snelle inspectie van grote series producten met een veelzijdig Equator™ meetsysteem.

- Offline productverificatie met een volledige inspectie op basis van de specificatie, normaliter met een CMM of meetsysteem. CMM's hebben ten opzichte van technieken op de machine het voordeel dat 3- en 5-assige scantechnologie beschikbaar is, waarmee complexe vormen sneller en uitgebreider te meten zijn en hoogwaardige analyse en rapportage mogelijk is. Voor een hogere nauwkeurigheid worden CMM's vaak gebruikt in thermisch geconditioneerde ruimtes. Een nieuwe generatie van veelzijdige meetsystemen voert snel vergelijkende productmetingen uit op de werkvloer voor onmiddellijke terugkoppeling naar het proces. In beide gevallen zijn meetresultaten en gegevens van punten op te slaan voor langdurige traceerbaarheid.

Nieuwe oplossingen zoals de technologie van het REVO® 5-assig scannen en het veelzijdige Equator™ meetsysteem bieden productiviteitsvoordelen ten opzichte van conventionele inspectietechnieken na het proces:

- Veel sneller meten op een CMM levert een grotere verwerkingscapaciteit zonder afbreuk te doen aan de nauwkeurigheid.
- Besparing van arbeidskracht door volledige automatisering van complexe meettaken.
- Een multisensorplatform (REVO®) waarmee ook andere verificaties te automatiseren zijn, zoals het meten van oppervlaktelagen.
- Flexibele meting van vormen in alle oriëntaties met oneindige positioneringsmogelijkheden.
- Lagere kapitaalkosten dankzij korte cyclustijden en geringere behoefte aan draaitafels.
- Lagere kapitaalkosten dankzij korte cyclustijden en geringere behoefte aan draaitafels.
- Lagere meetkosten dan met traditionele productspecifieke meetopstellingen.

Een voorbeeld van winststijging

Laten we eens een voorbeeld bekijken van het effect dat een verbeterde procesbesturing kan hebben op een bewerkingsproces. In deze casestudie is het product een relatief kostbaar vliegtuigonderdeel.

Kapitaalkosten machine	€ 500.000	per machine
Kapitaalkosten CMM	€ 120.000	per CMM
Afschrijvingsperiode	10	jaar
Uurtarief machine	€ 75	per uur
Uurtarief CMM	€ 75	per uur
Geplande tijd	120	uur/week
Operators voor machine	1,0	operator per ploeg per machine
Operators voor CMM	1,5	operator per ploeg per CMM
Kosten operator	€ 35.000	per operator per jaar
Materiaalkosten	€ 5.000	per product
Cyclustijd verspanen	30,0	uur
Herbewerkingstijd verspanen	2,0	uur
Cyclustijd CMM	7,0	uur
Verhouding machines/CMM's	2,0	bewerkingsmachines per CMM
Kosten per concessie	€ 500	technische kosten

Productiegegevens

Het huidige procesresultaat is, op basis van de Overall Equipment Effectiveness (OEE) waarin de kwaliteit aangeeft hoeveel de eerste keer goedgekeurd wordt:

Productivity		
Huidige OEE	53,0%	
Beschikbaarheid	85,0%	
Rendement	80,0%	
Kwaliteit	78,0%	eerste keer goedgekeurd
Herbewerkingen	10,0%	inclusief herbewerkte producten
Uitval	2,0%	inclusief herbewerkte producten
Concessies	10,0%	inclusief herbewerkte producten

Uit deze gegevens berekenen we hoeveel producten jaarlijks gemaakt worden en wat uitval, herbewerking en concessies bedragen.

Productie per machine	
Bewerkte producten	141
Herbewerkte producten	14
Uitvalproducten	3
Concessies	14
Goede producten	124
Geleverde producten	138

De toegevoegde waarde wordt berekend door het aantal geleverde producten (inclusief de concessies) te vermenigvuldigen met de standaard uren en het uurtarief. Hiervan trekken we de kosten af van arbeid, afschrijving en kwaliteit om de marge te berekenen die de machine bijdraagt. Houd er rekening mee dat hierin geen verbruiksmaterialen en andere variabele kosten zijn meegeteld.

Marge per machine per jaar	
Toegevoegde waarde	€ 309.810
Kosten machine-operator	€ 105.000
Kosten CMM-operator	€ 78.750
Kosten afschrijving	€ 56.000
Kosten uitval	€ 14.050
Kosten concessies	€ 7.025
Afschrijving over uitgesteld kapitaal	€ 0
Marge per jaar	€ 48.984

Wat gaat er nu met het procesresultaat en de marge gebeuren als we iedere laag van de piramide aanpakken? Bij alle effecten hieronder is aangenomen dat extra capaciteit wordt gebruikt om meer producten te maken en verdere kapitaaluitgaven worden uitgesteld.

Procesfundament

- De beschikbaarheid stijgt tot 90% vanwege hogere machinebetrouwbaarheid
- Het rendement stijgt met 5% dankzij minder ongeplande stops veroorzaakt door procesinvoer of variaties in de omgeving
- De kwaliteit stijgt met een kwart door verbeterde machineprecisie
- Het aantal operators verandert niet

Procesinstellingen

- De beschikbaarheid blijft 90%.
- Het rendement stijgt naar 90%, aangezien insteltijden dichter op elkaar komen en beter voorspelbaar zijn.
- De kwaliteitsfouten worden gehalveerd ten opzichte van de vorige laag, want dankzij automatisch herhaalbaar instellen gaat veel meer de eerste keer goed.
- De mankracht aan de machine wordt verminderd door de kortere insteltijden.

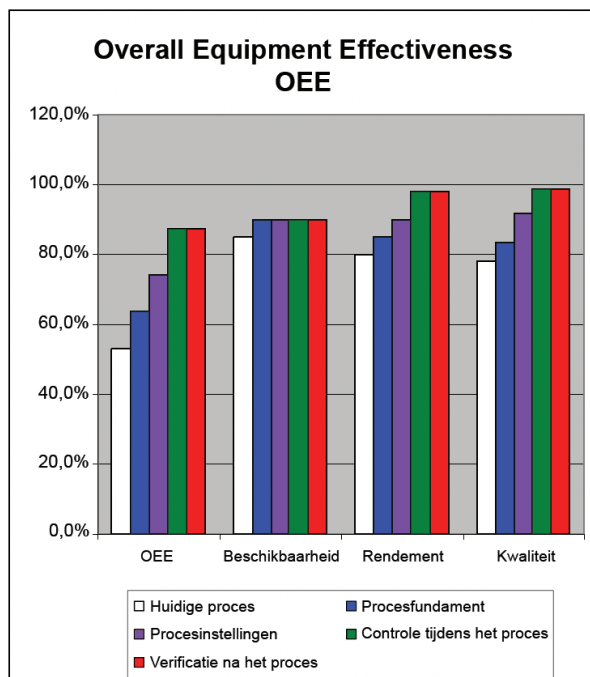
Controle tijdens het proces

- De beschikbaarheid blijft 90%.
- Het rendement stijgt naar 98% doordat ongeplande stops en het wachten op operators worden verminderd door automatische terugkoppeling tijdens de cyclus.
- De kwaliteit stijgt naar 99% of meer, want inherente variaties worden afgehandeld bij de bron.
- Er is minder mankracht nodig, omdat interventies overbodig zijn in een “druk op de knop”-proces.

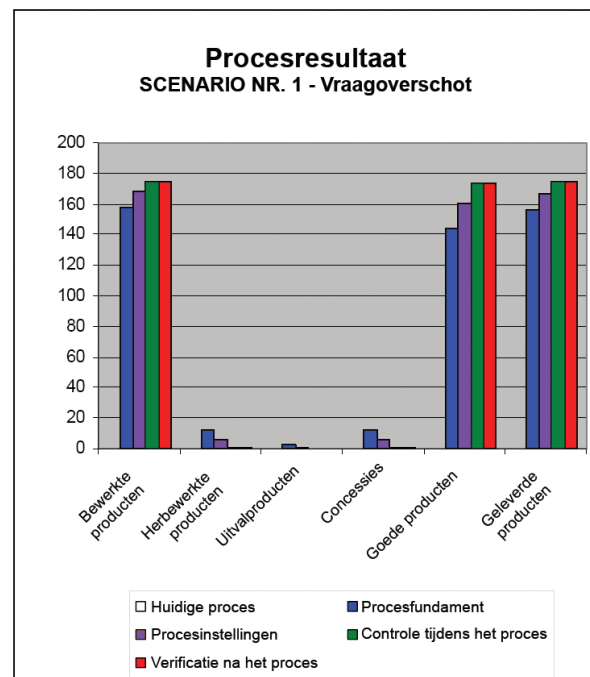
Bewaking na het proces

- Beschikbaarheid, rendement en kwaliteit blijven hetzelfde.
- Het aantal machines per CMM stijgt, doordat de CMM's met nieuwe tastertechnologie productiever worden.
- Er is per CMM minder mankracht nodig vanwege de hogere automatiseringsgraad.

Deze grafiek toont de trends in de OEE en zijn bestanddelen die resulteren uit de vier besturingslagen:

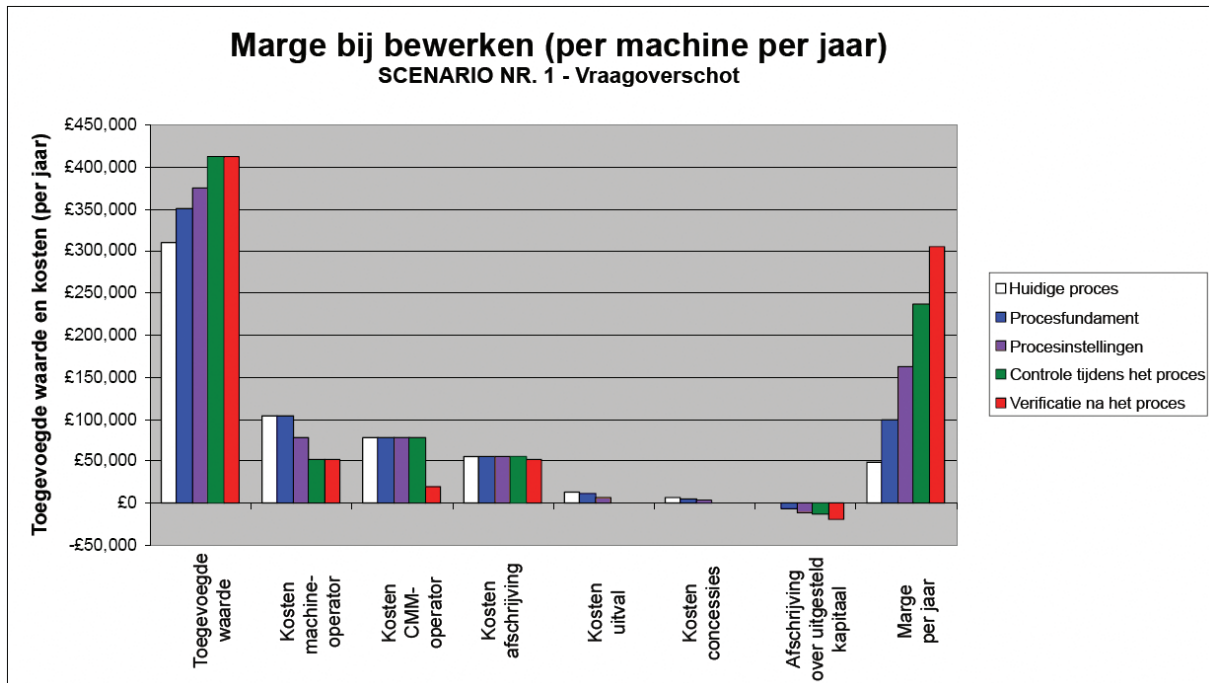


De onderstaande grafiek toont het aantal bewerkte producten en de hoeveelheden herbewerking, uitval en concessies:



Samenvatting en aanbevelingen

De piramide van procesproductiviteit™ vormt een systematische methode om variaties in bewerkingsprocessen te elimineren. Zonder het bewerkingsproces zelf echt te veranderen, kan betere procesbesturing resulteren in substantiële blijvende kostenbesparingen dankzij meer automatisering en lagere kwaliteitskosten. De benodigde investeringen voor zulke besturingen zijn relatief laag en betalen zich binnen slechts enkele maanden terug. Het elimineren van variaties in uw processen vergroot ook het rendement van eventuele investeringen die u later nog gaat doen.



Deze grafiek geeft een overzicht van de toegevoegde waarde, kosten en marge die de machine in een jaar genereert bij de verschillende lagen procesbesturing

De stapsgewijze verbetering door alle vier de piramidelagen te doorlopen is in totaal zo'n € 250.000 per jaar. Dat is ieder jaar de helft van de kapitaalkosten van de bewerkingsmachine!

De piramidelagen dienen van onder naar boven doorlopen te worden, aangezien iedere laag voortbouwt op de vorige om de variaties nog verder te verminderen. Een brede toepassing van de procesfundamentlaag is een uitstekende eerste stap, waarna u met tastertechniek de instelprocedures kunt automatiseren. Controle tijdens het proces is nogal processpecifiek en met name zinvol naarmate er meer soortgelijke machines en processen zijn die meedelen in de verbeteringen. Indien bij u iedere machine anders is, kan het uitvoeren van deze laag veel tijd kosten. In dat geval is het beter om uw bewerkingsplatforms te rationaliseren en deze hogere besturingslaag toe te passen op nieuwe processen, zodat u die ervaringen kunt gebruiken voor nieuwe producten.

De metingen na het proces op uw CMM vervangen door metingen op de machine is meestal niet zo'n goed idee. De machine is primair bedoeld om goede producten te maken, en daarom dienen verificaties op de machine gericht te zijn op het zojuist uitgevoerde proces en niet op het controleren van elke maat van het product. Verificatie op de machine heeft vooral zin als de producten groot en complex zijn, als een goede offline inspectiefaciliteit niet voorhanden is, of als het verplaatsen van producten tijdrovend of kostbaar is. Bij meten op de machine vraagt de nauwkeurigheid enige aandacht, speciaal met het oog op temperatureffecten. In de meeste gevallen is een CMM met snelle scantechnologie de meest rendabele methode om de productgeometrie te verifiëren en na te gaan of het oppervlak voldoet. Met nieuwe veelzijdige meetsystemen zijn middelgrote tot grote series producten voordelig te inspecteren op de werkvloer.

Een moeilijk zakelijk klimaat legt een zware druk op bedrijven om hun productiviteit en kosten aan te pakken. De besturingselementen in de piramide van procesproductiviteit™ toepassen is een rendabele manier hiervoor. Uw bedrijf verkrijgt zo een sterke positie om internationaal te concurreren.

De 5-assige scantechnologie betekent een revolutie in inspecties op CMM's.



Informatie over Renishaw

Renishaw is een gevestigd wereldleider in machinegerelateerde technologie, met een sterke historie van innovatie in productontwikkeling en productie. Sinds de oprichting in 1973 heeft het bedrijf toonaangevende producten geleverd die processen productiever maken, productkwaliteit verbeteren en op rendabele wijze automatisering brengen.

Een wereldwijd netwerk van dochterondernemingen en distributeurs biedt een uitstekende service en ondersteuning.

Producten zijn onder meer:

- Tandheelkundige CAD/CAM scan- en freessystemen
- Encodersystemen voor zeer nauwkeurige terugkoppeling van lineaire, hoek- en rotatieposities
- Laser- en ballbarsystemen voor kwaliteitsmeting en kalibratie van machines
- Medische producten voor neurochirurgische toepassingen
- Tastersystemen en software voor opspannen, gereedschap instellen en inspecteren op CNC-bewerkingsmachines
- Raman spectroscopiesystemen voor niet-destructief materiaalonderzoek
- Tastersystemen en software voor metingen op CMM's (coördinatenmeetmachines)
- Styli voor meettasters op CMM's en bewerkingsmachines

Renishaw wereldwijd

Australië

T +61 3 9521 0922
E australia@renishaw.com

Brazilië

T +55 11 4195 2866
E brazil@renishaw.com

Canada

T +1 905 828 0104
E canada@renishaw.com

Duitsland

T +49 7127 9810
E germany@renishaw.com

Frankrijk

T +33 1 64 61 84 84
E france@renishaw.com

Hongarije

T +36 23 502 183
E hungary@renishaw.com

Hongkong

T +852 2753 0638
E hongkong@renishaw.com

India

T +91 80 6623 6000
E india@renishaw.com

Indonesië

T +62 21 2550 2467
E indonesia@renishaw.com

Israël

T +972 4 953 6595
E israel@renishaw.com

Italië

T +39 011 966 10 52
E italy@renishaw.com

Japan

T +81 3 5366 5315
E japan@renishaw.com

Maleisië

T +60 3 5631 4420
E malaysia@renishaw.com

Nederland

T +31 76 543 11 00
E benelux@renishaw.com

Oostenrijk

T +43 2236 379790
E austria@renishaw.com

Polen

T +48 22 577 11 80
E poland@renishaw.com

Rusland

T +7 495 231 16 77
E russia@renishaw.com

Singapore

T +65 6897 5466
E singapore@renishaw.com

Slovenië

T +386 1 527 2100
E mail@rls.si

Spanje

T +34 93 663 34 20
E spain@renishaw.com

Taiwan

T +886 4 2473 3177
E taiwan@renishaw.com

Thailand

T +66 2 746 9811
E thailand@renishaw.com

Tsjechië

T +420 548 216 553
E czech@renishaw.com

Turkije

T +90 216 380 92 40
E turkiye@renishaw.com

Verenigde Staten

T +1 847 286 9953
E usa@renishaw.com

Verenigd Koninkrijk (hoofdkantoor)

T +44 1453 524524
E uk@renishaw.com

Volksrepubliek China

T +86 21 6180 6416
E china@renishaw.com

Zuid-Korea

T +82 2 2108 2830
E southkorea@renishaw.com

Zweden

T +46 8 584 90 880
E sweden@renishaw.com

Zwitserland

T +41 55 415 50 60
E switzerland@renishaw.com

Voor alle andere landen

T +44 1453 524524
E international@renishaw.com

