

## University of Groningen

### Virtual cellular manufacturing

Nomden, Gert

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

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2011

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

*Citation for published version (APA):*

Nomden, G. (2011). *Virtual cellular manufacturing: relevance and development of heuristics for family-based dispatching*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen, SOM research school.

**Copyright**

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

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

**Take-down policy**

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

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

---

# Samenvatting

---

Dit proefschrift presenteert onderzoekresultaten over hoe virtuele productiecellen kunnen worden ingezet om de doorlooptijd te verkorten van enkelstuks en kleinserie onderdelenfabricage. Deze verbeteringen kunnen worden gerealiseerd door het combineren van product- en procesoriëntatie in het ontwerp van productiesystemen.

Een procesgeoriënteerde, of functionele organisatie kan een grote variëteit aan onderdelen in kleine volumes verwerken, en is weinig vatbaar voor veranderingen in de productmix en procesverstoringen. Een productgeoriënteerd productiesysteem heeft binnen enkelstuks en kleinserie onderdelenfabricage gewoonlijk de vorm van productiecellen die zich elk toelagen op de productie van een specifieke onderdelenfamilie. Deze zijn vaak toegepast om doorlooptijden te verkorten. Echter, de met productiecellen te behalen voordelen zijn vaak onzeker, vooral onder dynamische omstandigheden, en er kunnen hoge kosten gemoeid zijn met het verwerven en verplaatsen van productiemiddelen.

Virtuele productiecellen bestaan, net als conventionele productiecellen, uit productiemiddelen voor de productie van een specifieke onderdelenfamilie. Echter, de originele (functionele) fabrieksinrichting blijft gehandhaafd: de cellen worden gevormd en bestaan binnen het productieplanning- en besturingssysteem. Op deze wijze worden de voordelen van conventionele productiecellen en een functionele fabrieksinrichting gecombineerd.

Dit proefschrift bestaat uit twee delen. Het eerste deel richt zich op het al bestaande onderzoek naar virtuele productiecellen (hoofdstuk 2), en de bestudering van drie praktijkgevallen uit de industrie (hoofdstuk 3). Het tweede deel betreft drie simulatiestudies naar de toepassing van familiegeoriënteerde stuurregels onder uiteenlopende condities (hoofdstukken 4–6).

Hoofdstuk 2 inventariseert 25 jaar onderzoek naar virtuele productiecellen om zodoende de methoden en focus van het onderzoek te bepalen. Eerst wordt het ontstaan en de ontwikkeling van het begrip besproken. Dit resulteert in een raamwerk waarin de onderliggende principes worden geïdentificeerd. Dit raamwerk wordt gebruikt om de verschillende concepten voor virtuele productiecellen te classificeren en te bespreken, en om mogelijkheden voor toekomstig onderzoek te

---

identificeren. De inventarisatie laat zien dat het meeste onderzoek zich tot dusver heeft toegeleegd op wiskundige modellen en simulatiestudies om zo ontwerp- en operationele stuurregels voor virtuele productiecellen vast te stellen. Praktijkonderzoek heeft slechts beperkt plaatsgevonden, maar de betreffende studies laten wel zien dat een behoorlijk aantal bedrijven een bepaalde vorm van virtuele productiecellen toepassen. Er is nog veel onderzoek nodig naar zowel het ontwerpen van virtuele productiecellen als ook naar een beter begrip van de effecten op de productieprestaties. De inventarisatie laat ook een grote behoefte zien om de praktijkcontext rondom productiecellen (virtueel en conventioneel) beter te kunnen begrijpen, middels aanvullend en grondig praktijkonderzoek. Hoofdstuk 3 komt hier, in zekere mate, aan tegemoet.

Hoofdstuk 3 bestudeert de toepasbaarheid van groepentechnologie in de industriële praktijk. Het hoofdstuk onderscheidt twee basisprincipes van groepentechnologie: het benutten van (1) overeenkomsten tussen bewerkingen en van (2) overeenkomsten tussen routes. Er zijn drie praktijkgevallen van onderdelenfabricage onderzocht om de toepasbaarheid van deze twee principes te verkennen. De studie laat zien dat het eerste principe wordt toegepast in de productieplanning en -besturing om zo omsteltijden, bewerkingstijden en ook transporttijden te verkorten door gebruik te maken van overeenkomsten tussen te produceren onderdelen. Het tweede groepentechnologische principe is zichtbaar in toepassingen gericht op de materiaalstromen, door onderdelenfamilies met gelijksoortige routes te onderscheiden. De voordelen van dit principe kunnen worden gerealiseerd via permanente fysieke productiecellen, dynamische cellen en virtuele cellen. Contextuele factoren kunnen een barrière vormen voor de toepassing van de groepentechnologische principes. De meest voorkomende barrières zijn te herleiden tot de gehanteerde fabricagetechnologie. Andere belangrijke barrières zijn gelegen in ontoereikende informatiesystemen en organisatorische belemmeringen. Ondanks deze potentiële beperkingen is met name het eerste groepentechnologische principe, het benutten van overeenkomsten tussen bewerkingen, relatief eenvoudig toepasbaar: het kan al op een enkel werkstation worden toegepast zonder dat daarvoor de fabrieksinrichting moet worden aangepast.

De conclusies van de praktijkgevallen bieden een richtsnoer voor de opzet van het tweede deel van dit proefschrift, als referentiekader en inspiratiebron voor simulatiestudies. De resterende hoofdstukken focussen op het eerste groepentechnologische principe (benutten van overeenkomsten tussen bewerkingen) in de vorm van familiegeoriënteerde stuurregels. Hiermee worden productieorders familiegewijs gegroepeerd en verwerkt om zo familiespecifieke omsteltijden te

kunnen reduceren. Als gevolg hiervan kan de productieprestatie, uitgedrukt in doorlooptijd, worden verbeterd. Dergelijke familiegeoriënteerde stuurregels bestaan uit twee stappen: eerst wordt een onderdelenfamilie vastgesteld, daarna wordt bepaald welke van de desbetreffende productieorders het eerste zal worden verwerkt.

Familiegeoriënteerde stuurregels hebben grote praktische toepasbaarheid, maar de precieze invloed ervan op de productieprestatie zijn nog niet voldoende duidelijk. In een poging de voordelen helder te krijgen zijn er simulatiestudies uitgevoerd die in het resterende deel van dit proefschrift worden gepresenteerd. Er is gekozen voor simulatie omdat deze kwantitatieve methode als enige goed kan omgaan met dynamische processen en complexe stuurregels. De simulatiemodellen zijn beperkt tot de kleinst mogelijke modellen en een beperkt aantal experimentele factoren, zodat belangrijke inzichten niet worden vertroebeld door nodeloos complexe systemen (zoals complete fabrieken en dergelijke).

Hoofdstuk 4 focust op het toepassen van familiegeoriënteerde stuurregels op een enkel werkstation. Het effect van informatie over aanstaande aankomsten van productieorders wordt bestudeerd. Eerst wordt er een classificatieraamwerk ontwikkeld voor een discussie en analyse van bestaande familiegeoriënteerde stuurregels en hun beslislogica. Als tussenresultaat worden twee nieuwe stuurregels voorgesteld. Daarnaast worden de stuurregels zodanig aangepast dat ze ook met informatie over aanstaande aankomsten van productieorders kunnen omgaan. Met behulp van een simulatiestudie worden de effecten op de doorlooptijdprestatie van de twee nieuwe regels en al bestaande stuurregels onderzocht. De beste stuurregels focussen op het reduceren van de totale omsteltijd die nodig is voor het verwerken van de diverse productieorders. Grote verbeteringen zijn mogelijk door rekening te houden met aanstaande aankomsten van productieorders, omdat het hierdoor mogelijk wordt voortijdig met het omstellen van machines te beginnen.

Hoofdstuk 5 breidt de context uit naar situaties waarin meerdere uitwisselbare machines parallel functioneren. Familiegeoriënteerde stuurregels worden toegepast om familiespecifieke omsteltijden te reduceren. Eerst worden twee praktijkgevallen besproken die de problematiek helder weergeven; het centrale vraagstuk is hoe investeringen in het vergroten van de routeflexibiliteit tot een verbeterde doorlooptijdprestatie kunnen leiden. Deze investeringen in routeflexibiliteit betreffen (1) het aantal alternatieve routes van een productfamilie (hoeveelheid routeflexibiliteit), (2) welke productfamilies op welke machine(s) kunnen worden verwerkt (verdeling van routeflexibiliteit) en (3) het aantal secundaire

---

productiemiddelen die gedeeld worden tussen de machines (gereedschappen, opspanmiddelen, etc.). In een simulatiemodel van het systeem van parallelle machines worden verschillende vormen van familiegeoriënteerde stuurregels beschouwd. De beste resultaten worden bereikt wanneer beslissingen over de allocatie en verwerkingsvolgorde van productieorders gelijktijdig worden genomen. In dergelijke gevallen wordt een productieorder die de minste omsteltijd vergen als het ware vanuit een centrale wachtrij naar de betreffende machine toegetrokken. De hoeveelheid routeflexibiliteit heeft een significant effect op de productieprestaties, maar een beperkte routeflexibiliteit is doorgaans al afdoende om de meeste voordelen te behalen. Het zoveel mogelijk aan elkaar verbinden van machine via alternatieve routes, ook wel ‘chaining’ genoemd, biedt de meeste mogelijkheden om piekbelastingen over de machines te verspreiden. Het investeren in secundaire productiemiddelen heeft het meeste nut wanneer het aantal productfamilies klein is en omsteltijden kort zijn ten opzichte van de bewerkingstijden, oftewel wanneer de vraag naar dergelijke middelen het grootst is.

Hoofdstuk 6 breidt de context uit naar een klein netwerk van drie machines, waarbij situaties met en zonder een beperkte arbeidscapaciteit worden beschouwd. Deze situatie is geïnspireerd door een van praktijkgevallen uit dit proefschrift. Het hoofdstuk bestudeert het effect op de doorlooptijd van het gehele netwerk in relatie tot de toepassing van familiegeoriënteerde stuurregels op een van de machines. Andere experimentele factoren zijn verschillen tussen werklasten van machines en de routes van productieorders. De simulatieresultaten voor productiecellen zonder beperkte arbeidscapaciteit laten zien dat de routes van productieorders en werklastverschillen in overweging moeten worden genomen in de beslissing op welke machine familiegeoriënteerde stuurregels worden toegepast. Niet geheel verrassend hebben familiegeoriënteerde stuurregels het meeste effect wanneer ze worden toegepast op de ‘bottleneck’ machine. Echter, wanneer productieorders met dezelfde routes ook tot dezelfde omstelfamilie behoren, dan zorgen familiegeoriënteerde stuurregels voor een onregelmatige orderstroom naar latere werkstations. Dit leidt juist tot langere wachttijden bij de betreffende stations. In gevallen waarin arbeidscapaciteit wel een beperkende factor vormt zijn de voordelen veel minder gevoelig voor dergelijke effecten. Aangezien de werknemers zelf de ‘bottleneck’ vormen is het veel minder belangrijk op welke machine de omsteltijden via familiegeoriënteerde stuurregels uiteindelijk worden gereduceerd.

De bevindingen van dit proefschrift, met name die gerelateerd zijn aan familiegeoriënteerde stuurregels, kunnen relevant zijn voor veel bedrijven die zich toeleveren op enkelstuks en kleinserie onderdelenfabricage. De focus op relatief

eenvoudige simulatiemodellen hebben het begrip vergroot van hoe de lokale toepassing van familiegeoriënteerde stuurregels zowel de lokale als ook de systeembrede productieprestaties beïnvloedt. Toch zijn er nog interessante richtingen voor toekomstig onderzoek, zoals het ontwikkelen van informatiesystemen voor het ontwerpen en besturen van virtuele productiecellen.