

Toepassen van slimme opspanmiddelen

In deze publicatie wordt een 'tool' aangeboden om tot een gestructureerde toepassing te komen van slimme opspanmiddelen. Deze tool is ontwikkeld in het kader van het project "Procesinnovatie Verspaning voor MKB-bedrijven". Naast deze publicatie zijn ook vijf andere tools ontwikkeld en uitgegeven in de vorm van een publicatie (te downloaden via <http://www.verspaning-online.nl>):

- TI.05.28: "CAD/CAM systemen; Selectie, keuze en implementatie";
- TI.05.29: "Innovatieve verspaningsmachines; Selecteren, kiezen en implementeren";
- TI.06.31: "Moderne verspaningstechnieken; Efficiënte en betrouwbare verspaningsmethoden voor draaien en frezen";
- TI.06.32: "Automatiseren van de handling van bewerkingsmachines";
- TI.06.33: "Optimaliseren van de technische bedrijfsvoering".

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Opspannen is de basis voor alle bewerkingstechnologieën	1
1.2	Basisprincipes voor het opspannen	1
1.3	Overzicht opspanfouten, bijbehorende verschijnselen en mogelijke oorzaken	3
1.4	Betrouwbaarheid en veiligheid	4
2	Opspanmethoden	4
2.1	Opspannen met behulp van machineklemmen	4
2.2	Opspannen met behulp van 'zachte bekken en klauwen	4
2.3	Opspannen met behulp van opspanplaten	5
2.4	Opspannen met behulp van klauwplaten	7
2.5	Opspannen met behulp van het zwaluwstaartprincipe	7
2.6	Opspannen met behulp van magnetisme	8
2.7	Opspannen door middel van vacuüm	9
2.8	Opspannen met behulp van dubbelzijdig plakband	10
2.9	Opspannen door middel van vriezen	10
3	Opspanmethoden en productiviteit	10
3.1	Meervoudig opspannen	10
3.2	Snelopspannen	11
3.3	Hydraulisch opspannen	12
3.4	Hulptap of extra materiaal	12
4	Opspanmethoden en omsteltijd	13
4.1	Aanmaken van opspanmiddelen per product	13
4.2	Aanmaken van een opspanmiddel per order	13
4.3	Voorinstellen opspanning	14
4.4	Gebruikmaken van nulpunt wisselsystemen	14
5	Standaardiseren in opspanmethoden	15
5.1	Algemeen	15
5.2	Keuzes maken	15

1 Inleiding

1.1 Opspannen is de basis voor alle bewerkingstechnologieën

Voor elke bewerkingstechnologie is het noodzakelijk om werkstukken op te spannen, zodat deze op een verantwoorde manier kunnen worden bewerkt. Deze bewerkingstechnologieën kunnen bijvoorbeeld zijn:

- ▶ draaien;
- ▶ frezen;
- ▶ boren;
- ▶ slijpen;
- ▶ vonken;
- ▶ brootsen;
- ▶ honen.

Bij opspanmiddelen voor een bewerkingstechnologie geldt:

- ▶ de opspanning bepaalt de kwaliteit van het werkstuk;
- ▶ de opspanning bepaalt de mogelijke efficiëntie van de bewerkingen;
- ▶ opspanmiddelen mogen geen belemmering vormen voor de bewerkingen.

Voor het te gebruiken opspanmiddel geldt een aantal voorwaarden;

- ▶ het opspanmiddel moet zodanig aan de bewerkingsmachine kunnen worden verbonden, dat de positie aan het begin van de bewerking bekend is;
- ▶ de positie van het opspanmiddel moet tijdens de

bewerking gehandhaafd blijven;

- ▶ het opspanmiddel mag het werkstuk niet vervormen als gevolg van de opspankracht;
- ▶ het opspanmiddel moet voldoende klemkracht overbrengen op het product om de bewerkingskrachten op te vangen.

De afweging in de manier van opspannen is van belang voor de kostprijs van een product. Speciaal aangemaakte opspanmiddelen, die maar voor één product geschikt zijn, kunnen heel kostbaar zijn, maar door hun efficiëntie veel voordeel bieden.

De seriegroottes in de Nederlandse maakindustrie worden steeds kleiner. Door deze marktontwikkeling loont het zich steeds minder om speciale opspanmiddelen aan te maken en worden universele opspanmiddelen steeds belangrijker.

Ongeacht welk opspanmiddel of opspanmethode er wordt gebruikt, de basisprincipes voor het opspannen blijven echter altijd van kracht.

1.2 Basisprincipes voor het opspannen

Voor het verantwoord toepassen van bewerkingstechnologieën en het bepalen van de eindkwaliteit van het te bewerken product, moet er aan twee punten worden voldaan bij het opspannen:

- ▶ het product moet op de juiste manier in het opspanmiddel worden gepositioneerd.
- ▶ de klemkracht van het opspanmiddel moet op de juiste manier en met de juiste grootte op het product worden overgebracht.

Om aan deze twee punten te kunnen voldoen, moet er volgens het basisprincipe, de 3,2,1 regel worden gewerkt. De 3,2,1 regel gaat uit van 6 positioneerpunten ($3 + 2 + 1 = 6$). Deze positioneerpunten zorgen ervoor dat de bewegingsvrijheid van het product wordt opgeheven, waardoor de positie van het product wordt bepaald. Positioneerpunten moeten altijd zover mogelijk uit elkaar worden geplaatst. Positioneerpunten die dicht bij elkaar liggen verminderen de positioneer nauwkeurigheid. Het fixeren van het te bewerken product wordt gedaan door het product tegen de positioneerpunten aan te klemmen door middel van één of meer klemkrachten. Deze klemkrachten staan bij voorkeur loodrecht op de positioneerpunten.

Op elke opspanmethode is het 3,2,1 principe van kracht. Wordt er van deze regel afgeweken, dan is de opspanning onderbepaald of overbepaald.

Voorbeeld van onderbepaald

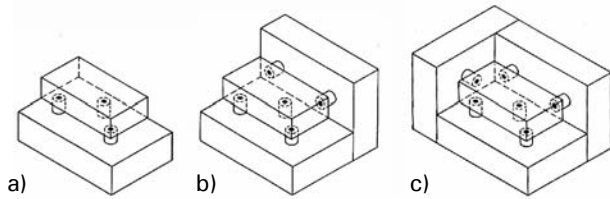
Een stoel die gebruik maakt van twee stoelpoten zal omvallen. Deze stoel heeft onvoldoende stoelpoten (positioneerpunten) om te blijven staan. Dit noemt men onderbepaald.

Voorbeeld van overbepaald

Een stoel heeft minimaal 3 stoelpoten (positioneerpunten) nodig om goed te blijven staan. Een vierde stoelpoot is overbodig om goed te blijven staan. Dit noemt men

overbepaald.

In figuur 1 wordt weer gegeven hoe de 3,2,1 regel werkt.

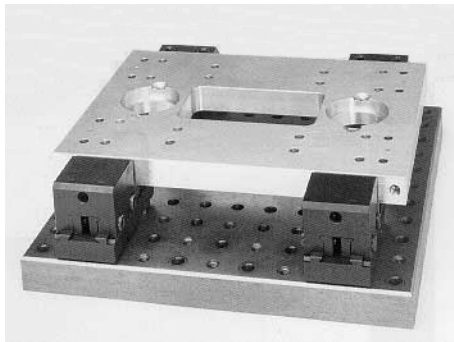


figuur 1 Volgorde van positioneren (vastleggen van de vlakken)

De 3-Positioneerpunten

Het ondervlak een het product wordt op 3 punten gepositioneerd (figuur 1a). Hiermee wordt het product voor het eerste referentievlak uitgericht. Dit ondervlak bepaalt de stabiliteit van het product. Als er minder dan 3 punten worden gebruikt, ligt het product niet stabiel en is daarvoor onderbepaald. Worden er meer dan 3 punten gebruikt, dan noemt men dit een overbepaald aanlegvlak.

In figuur 2 wil men een product aanleggen op 4 aanlegvlakken, omdat men voor het bewerken meer ondersteuning nodig heeft. Het product wordt daardoor bij het opspannen overbepaald. Het ondervlak van het product zal echter zonder opspanning op 3 punten gaan aanliggen.



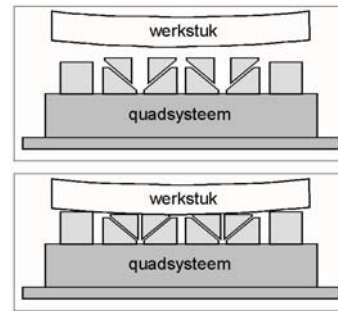
figuur 2 Opspannen op 4 punten (statisch onbepaald)

In ongeklemde toestand heeft dus één van de 4 punten geen functie. Als het werkstuk in figuur 2 naar beneden wordt aangedrukt, zal het product doorbuigen naar het (vierde) punt. Het werkstuk wordt dan doorgebogen geklemd en zal na het weghalen van de klemkracht, terugveren. Hierdoor ontstaat een afwijking op het bewerkte vlak. Door van het vierde aanlegpunt een variabel punt te maken, bijvoorbeeld door een stelschroef, kan het product toch op 4 punten worden ondersteunt. Deze stelschroef draait men, nadat het gehele werkstuk is opgespannen, tegen het product aan. Het product is dan spanningsvrij opgespannen en zal, nadat het ontklemd wordt, niet meer van vorm veranderen.

Zoals in figuur 3 te zien is, zijn er ook systemen die zich aanpassen naar het hele aanlegvlak van het product. Ook deze methode maakt gebruik van 3 positioneerpunten, waarna de overige opspandelen zich naar het product aanpassen.

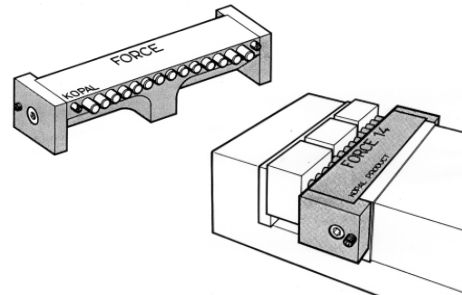
De 2-positioneerpunten

In figuur 1b worden 2 positioneerpunten gebruikt om het product voor het tweede referentievlak uit te richten. Worden er meer dan 2 positioneerpunten gebruikt, dan is het product overbepaald. Wordt er maar 1 positioneerpunt gebruikt, dan is het product onderbepaald en kan het niet worden uitgericht. Bij overbepaling wordt het product, door de opspankracht, doorgebogen naar de positioneerpunten waar het tegenaan wordt geklemd. Bij het ontklemmen zal het product weer terugveren naar zijn oude vorm.

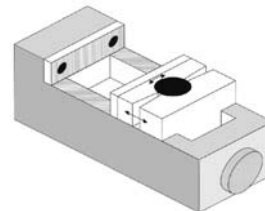


figuur 3 Voorkomen van opspanvervorming door middel van een flexibel oplegvlak

In de figuren 4 en 5 is een aantal mogelijkheden afgebeeld om het overbepalen of doorbuigen in een klem te voorkomen. In figuur 4 wordt gebruik gemaakt van een speciaalbek, welke is voorzien van beweegbare pennen. Deze speciaalbek is in staat om de afwijkingen in het product op te vangen. In figuur 5 wordt de afwijking in de evenwijdigheid van het product opgevangen door een scharnierende pen in de losse bek van de machineklem. Deze twee methoden zijn erop gericht om de klemkracht loodrecht op de positioneerpunten over te brengen.



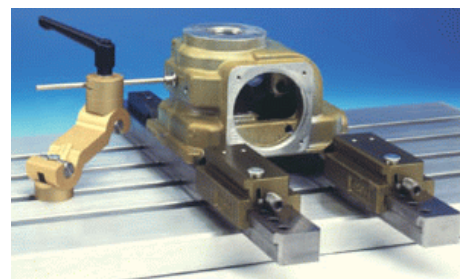
figuur 4 Toepassing van een speciaalbek voor het opvangen van afwijkingen in het materiaal



figuur 5 Toepassing van een speciaalbek voor het opvangen van afwijkingen in de evenwijdigheid

1-positioneerpunt

Met 1 positioneerpunt wordt de positie in het derde referentievlak bepaald (zie ook figuur 1c). Dit positioneerpunt wordt zelden gebruikt voor de opspankracht. Het kan dan ook worden vervangen door een zogenaamde aanslag zoals figuur 6 laat zien. Doordat er nagenoeg altijd van 1 punt gebruik wordt gemaakt, kan er bijna nooit sprake zijn van overbepaling of onderbepaling.



figuur 6 Voorbeeld van 1 positioneerpunt

1.3 Overzicht opspanfouten, bijbehorende verschijnselen en mogelijke oorzaken

Nadat het product is bewerkt, kunnen er afwijkingen voorkomen in het eindproduct. Als deze afwijkingen niet zijn veroorzaakt door de bewerking zelf, kan er met behulp van tabel 1 een analyse worden gemaakt van de mogelijke oorzaak met betrekking tot het opspannen. Na het vaststellen van de mogelijke oorzaak kan de opspanmethode worden aangepast.

1.4 Betrouwbaarheid en veiligheid

De toestand van de opspanmiddelen

De toestand van de opspanmiddelen is uitermate belangrijk in verband met de betrouwbaarheid van de positionering van het werkstuk. Een braam of roestvorming aan een positioneervlak kan een afwijkende positionering en/of beschadiging van het werkstuk tot gevolg hebben, met als resultaat dat het werkstuk afgekeurd wordt.

Alle opleg-, aanleg- en opspanvlakken moeten dan ook vrij zijn van bramen en/of beschadigingen. Beschadigingen ontstaan doordat spanen zich ophopen (vooral in dode hoeken) en dan onvoldoende worden verwijderd bij het wisselen van werkstukken. Als de opspanelementen zodanig in de opspanconstructie worden geplaatst dat het vuil en de spanen gemakkelijk weg kunnen, dan zijn de opspanmiddelen ook goed schoon te maken bij het wisselen en krijgen de positioneervlakken geen beschadigingen. Dit schoonmaken kan gebeuren met lucht, maar eigenlijk nog beter met de koelvloeistof van de machine (voor zover aanwezig).

Direct na het gebruik van de opspanmiddelen moeten deze zorgvuldig worden schoongemaakt en geconserveerd, voordat ze voor korte of langere tijd in opslag gaan. Hierbij moeten alle montagevlakken van de opspanmiddelen van al het vuil worden ontdaan. Vuilverwijdering en reiniging zijn belangrijk, omdat in de opslag het vuil gaat vastkoeken aan de opspanmiddelen.

Bij hergebruik van de opspanmiddelen is het dan moeilijk of zelfs onmogelijk om het vuil alsnog te verwijderen. Het gevolg is dat de afwijkingen (kunnen) ontstaan die het betrouwbaar en veilig gebruik van de opspanmiddelen bemoeilijken of onmogelijk maken.

Conservering is belangrijk om roestvorming te voorkomen. Roest tast niet alleen de (vaak blank geslepen) positioneer- en montagevlakken aan, maar ook de bewegende delen van de opspanelementen die de klemkracht moeten leveren. Roestvorming op positioneer- en montagevlakken heeft hetzelfde effect als de vervuiling van deze vlakken. Roestvorming op de bewegende delen brengt het veilig gebruik van de opspanmiddelen in gevaar, omdat de klemkracht(en) niet meer betrouwbaar aangebracht kan (kunnen) worden.

Opspanmiddelen dienen, evenals de machines, met de grootste zorg te worden behandeld. Het verlengt niet alleen de levensduur, maar komt ook het betrouwbaar en veilig gebruik van de opspanmiddelen ten goede.

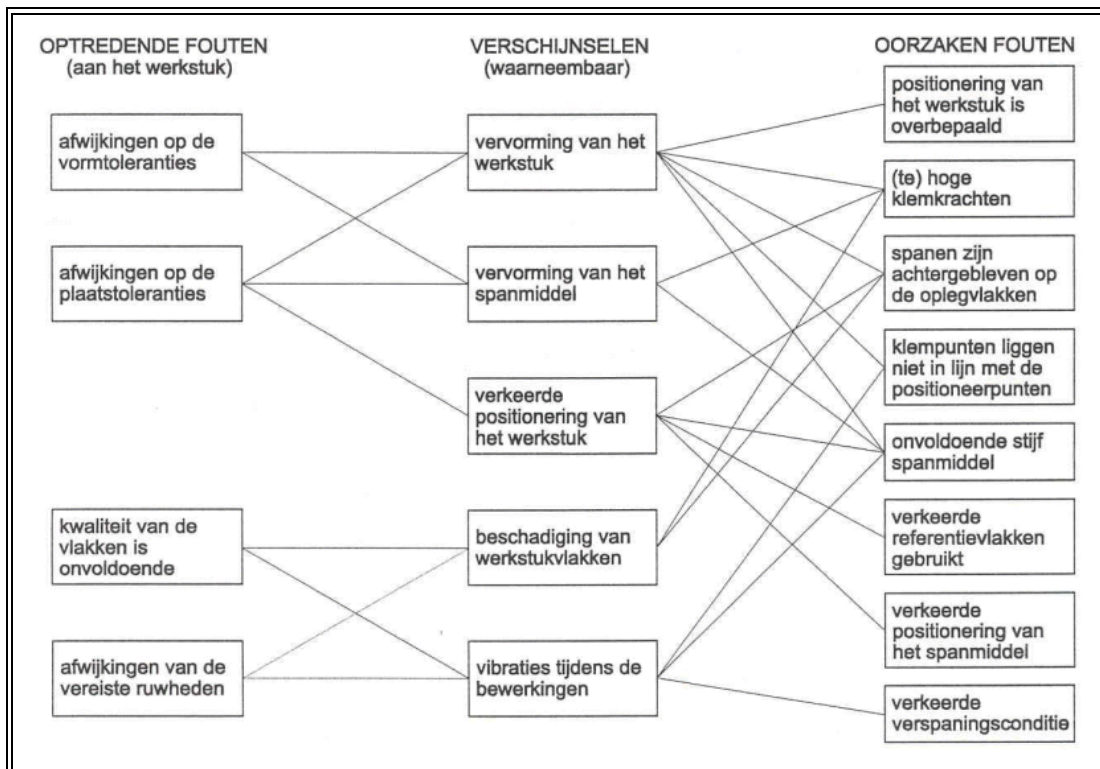
De veiligheid van de machinebediener

Een belangrijk punt waarop bij het opspannen moet worden gelet, is de veiligheid van de machinebediener. Er moet te allen tijde voor gezorgd worden, dat de machinebediener niet of nauwelijks gevaar kan lopen. Dit is tegelijkertijd een heel belangrijk punt, maar ook een heel lastig punt om handen en voeten te geven. Er is echter een aantal regels waaraan altijd voldaan moet worden om de veiligheid te garanderen.

Deze regels zijn:

1. Instabiele werkstukken resulteren altijd in instabiele opspanningen. Dit soort werkstukken moet met voorzichtigheid worden verspaand, zodat de verspaningskrachten binnen de perken blijven.
2. Kies altijd een machine waarvan de opspantafel en de werkruimte groter zijn dan de afmeting van het werkstuk. Werkstukken en/of opspanconstructies die over de opspantafel hangen, creëren per definitie een onveilige situatie.

tabel 1 Analyse van optredende fouten met bijbehorende verschijnselen en oorzaken



3. Kies altijd een machine met opspanvoorzieningen (bijvoorbeeld opspankop of opspankubus) die het gewicht van het werkstuk en de opspanmiddelen royaal aan kan. Het belasten van een machine in haar grensgebied is vragen om moeilijkheden.
4. Positioneer en klem de werkstukken altijd volgens de regels van de opspantechnologie. Onder- en overbepaalde opspanningen kunnen onveilige situaties tot gevolg hebben.
5. Onderhoud de opspanmiddelen met grote zorgvuldigheid. Alleen goed onderhouden opspanmiddelen zijn betrouwbaar en komen een veilige situatie ten goede.

Als een opspanning niet veilig genoeg lijkt, gebruik deze dan niet. Wijk (zo mogelijk) uit naar een machine waarop wel een veilige opspanning kan worden gerealiseerd.

2 Opspanmethoden

2.1 Opspannen met behulp van machineklemmen

Het meest gebruikte opspanmiddel is de machineklem (zie figuur 7). De machineklem moet zodanig op de opspan tafel van de machine of de basisplaat van het opspanstelsel (bij voorkeur voorzien van een nulpunt wisselsysteem) worden bevestigd. Dit moet bij voorkeur permanent op de machinetafel of op een vaste positie op de basisplaat gebeuren. Op die manier is men verzekerd van een vrij nauwkeurige en snelle positionering van de machineklem en indirect van het werkstuk. Machineklemmen zijn er in vele uitvoeringen, met vaste en verwisselbare bekken en met verschillende systemen voor het klemmen van de werkstukken (zie figuur 8).



figuur 7 Voorbeeld van een machineklem

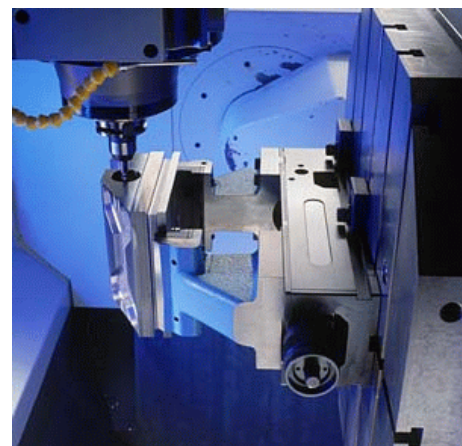


figuur 8 Universele machineklem met hulpstukken

Machineklemmen kunnen grote opspankrachten overbrengen met een grote betrouwbaarheid. Door de grote verscheidenheid van opspanmogelijkheden zijn ze universeel inzetbaar. Deze machineklemmen zijn meestal de eerste keus in opspannen. Op moderne meer-assige machines hebben zij als nadeel dat ze slecht toegankelijk zijn voor de machine. Om wel goed gebruik te kunnen maken van de machinemogelijkheden wordt op 4-assige machines veelal een zuil toegepast die is voorzien van klemmen (zie figuur 9) en op 5-assige machines worden piramidevormige klemmen toegepast (zie figuur 10).



figuur 9 Machineklem op een zuil



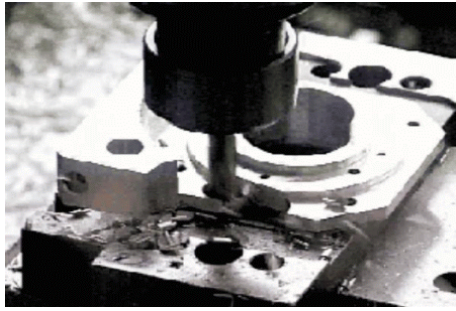
figuur 10 Piramidevormige klem voor 5-assig gebruik

2.2 Opspannen met behulp van 'zachte bekken en klauwen'

Zachte bekken

In elke machineklem kan gebruik worden gemaakt van zogenaamde zachte bekken. Deze bekken worden toegepast als de standaardbekken niet de juiste vorm hebben. Zachte bekken worden in de machineklem gemonteerd onder dezelfde voorwaarden als de normale bekken. Als het werkstuk een grillige vorm heeft of verschillende hoogteniveaus, kan deze vorm ook in de zachte bekken worden gefreesd (zie figuur 11).

Meestal worden zachte bekken gemaakt van aluminium. Aluminium is gemakkelijk te verspanen en ten opzichte van staal relatief goedkoop. Voor de grotere series heeft aluminium als nadeel dat het een korte levensduur heeft. Door de opspankracht kan het zachte aluminium vervormen of beschadigen door spanen. Als de sterkte van aluminium niet toereikend is, maakt men ook wel gebruik van stalen "zachte bekken". Staal is standvastiger dan aluminium. Over het algemeen is staal 52 voldoende.



figuur 11 Een product opgespannen in zachte bekken

Soms overweegt men om hiervoor standaard een C45 kwaliteit te nemen. Het voordeel van C45 is dat het ook gehard kan worden en de standtijd hierdoor nog verder wordt verhoogd.

Zachte klauwen

Bij het draaien van producten wordt veelal gebruik gemaakt van een klauwplaat. In deze zachte klauwen kan elke willekeurige vorm worden uitgedraaid die nodig is om het werkstuk te kunnen opspannen. De klauwen kunnen alleen in opgespannen toestand worden uitgedraaid. Het is belangrijk om tijdens het uitdraaien dezelfde opspankracht te gebruiken als bij het opspannen van het werkstuk.

Om de klauwen, in opgespannen toestand, te kunnen uitdraaien, bestaan er verschillende mogelijkheden.

Methode 1:

- Een schijf plaatsen achter in de drieklauw, waardoor de drieklauw in opgespannen toestand kan worden uitgedraaid.
 - ♦ Voordeel hiervan is dat de klauwen met een korte beitels kan worden uitgedraaid en dat er relatief veilig wordt opgespannen.
 - ♦ Nadelen zijn dat de klauwen niet doorlopend kunnen worden uitgedraaid en dat er veel schijven nodig zijn voor de verschillende diameters.

Methode 2:

- De drieklauw opspannen met behulp van een opspanring (zie figuur 12).
 - ♦ Voordelen hiervan zijn dat er maar één opspanmiddel nodig is voor alle diameters, en dat de klauwen doorlopend kunnen worden gedraaid.
 - ♦ Nadelen zijn dat er relatief lange beitels moeten worden gebruikt en dat de kans bestaat op een botsing met de opspanring.



figuur 12 Voorbeeld van een opspanring

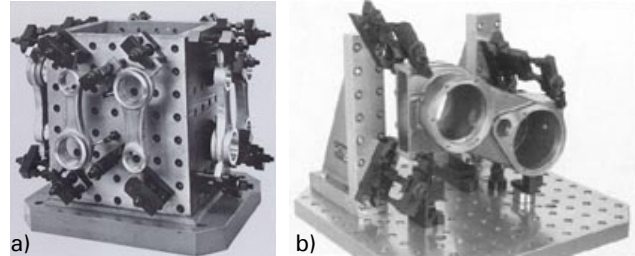
Voor de materiaalkeuze van de klauwen gelden dezelfde mogelijkheden als voor de zachte bekken die worden gebruikt in de machineklemmen.

2.3 Opspannen met behulp van opspanplaten

Producten die zeer grillig van vorm zijn (bijvoorbeeld gegoten producten), zijn slecht of helemaal niet op te

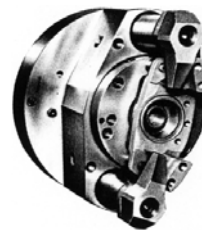
spannen in machineklemmen. Veelal wordt hiervoor een opspanmethode met opspanplaten gebruikt (figuur 13a). Opspanplaten zijn er in een vele verschillende vormen. In de enkele gevallen waarin de regulier verkrijgbare opspanplaten niet toepasbaar zijn, is het eenvoudig om deze zelf aan te maken.

Figuur 13 geeft een tweetal veel voorkomende voorbeelden van het opspannen van producten met behulp van opspanplaten.



figuur 13 Voorbeelden van het opspannen met behulp van opspanplaten

Opspanplaten zijn zeer eenvoudig in gebruik om producten, of andere opspanmiddelen, op een machinetafel te bevestigen of op de hoofdspil van een draaimachine (figuur 14). Deze op te spannen producten moeten dan wel massief van vorm zijn.



figuur 14 Voorbeeld van een opspanplaat voor een draaimachine

Bij het opspannen van instabiele, dunwandige producten of producten die een nauwkeurige bewerking moeten ondergaan, is het gebruik van opspanplaten behoorlijk lastig. Met name bij het gebruik van opspanplaten is de regel van het 3-2-1 principe een vereiste. Het product moet altijd op 3 positioneerpunten aanliggen.

Het doorspannen van producten is een van de grote gevaren bij het gebruik van opspanplaten.

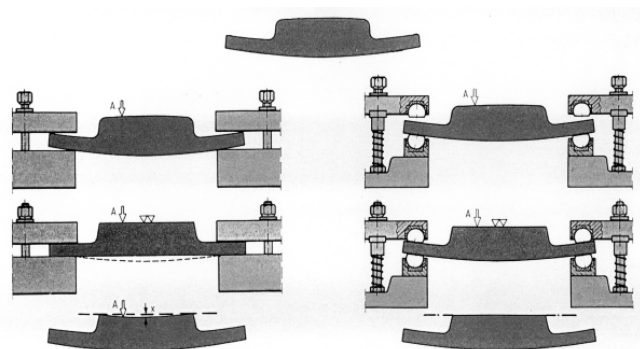
Dit doorspannen is meestal het gevolg van:

- overbepaling (meer dan 3 positioneerpunten);
- onderbepaling (minder dan 3 positioneerpunten);
- het feit dat de opspankracht niet loodrecht op de positioneerpunten staat;
- het niet goed aanliggen van het product op de positioneerpunten;
- het gebruik van een te grote klemkracht.

Met opspanplaten kunnen aanzienlijke krachten worden overgebracht op het product. Worden deze krachten niet op de juiste wijze door de positioneerpunten opgevangen of door middel van bijvoorbeeld momentsleutels gedoseerd, dan wordt het product met zeer grote waarschijnlijkheid doorgespannen.

In figuur 15 is in het linker deel te zien hoe een product, als de krachten niet op de juiste manier door de positioneerpunten worden opgevangen, wordt doorgespannen.

Door de positioneerpunten recht onder de opspanplaat te plaatsen kan het product niet doorbuigen. De enige doorbuiging die dan nog mogelijk is, wordt veroorzaakt doordat het product zelf ter plaatse van de opspanplaat en het positioneerpunt niet vlak is.



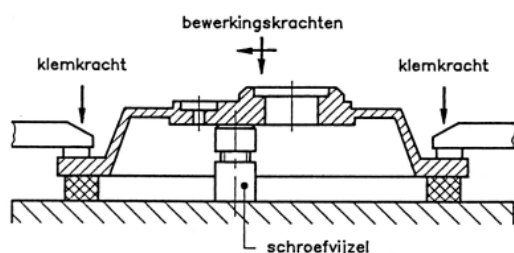
figuur 15 Opspannen met behulp van opspanplaten

Dit vormverschil van het product kan dan worden opgevangen door middel van kogel-oplegpunten (figuur 16). Deze kogel-oplegpunten richten zich naar het vlak van het product. Door deze kogel-oplegpunten zowel aan het oplegvlak als aan de opspanplaat toe te passen, wordt de kracht rechtlijnig overgebracht. Hierdoor wordt het mogelijk het product op te spannen en wordt doorspannen voorkomen.



figuur 16 Kogel-oplegpunt

In figuur 15 was in het linker aanzicht een voorbeeld te zien van het doorspannen van een product. In het rechter aanzicht zijn kogel-oplegpunten gebruikt. Duidelijk is te zien dat de krachten nu recht overgebracht worden en het product spanningsvrij is opgespannen. Als het product met drie positioneerpunten toch instabiel is, of trillingen vertoont tijdens het bewerken, kan men op strategische plaatsen enkele vijzels plaatsen (zie figuur 17). Deze vijzels worden pas geplaatst, als het product op de drie positioneerpunten is opgespannen.

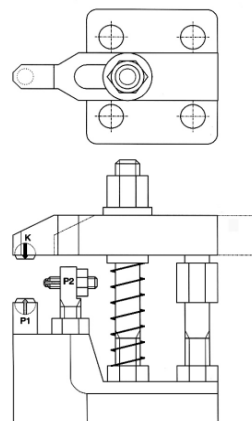


figuur 17 Toepassen van een vijzel

De vijzels worden dan met een minimale kracht tegen het product aangedraaid. Door deze vijzels worden de trillingen of het doorbuigen van het product tijdens de bewerking weggenomen of voorkomen. Bij zeer nauwkeurige producten moet het plaatsen van de vijzel worden gecontroleerd met een meetklok. Deze klok wordt geplaatst boven de vijzel. Hiermee kan, door middel van het uitlezen van de klok, zeer nauwkeurig de vijzel worden aangedraaid. Het eventueel te veel opdraaien van de vijzel wordt hiermee zichtbaar gemaakt. Hierna kan men recht boven de vijzel een opspanplaat plaatsen en het product klemmen.

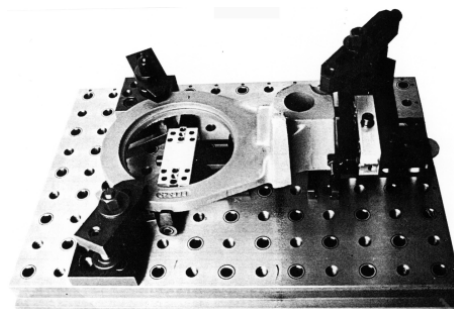
Om het op te spannen product op de juiste positie op de opspanplaat te plaatsen, wordt er gebruik gemaakt van aanslagen. Deze aanslagen kunnen worden gecombineerd met de opstelling van de opspanplaat (zie figuur 18).

Deze aanslagen zijn de 2 en 1 regel van het 3-2-1-principe.



figuur 18 Aanslag verwerkt in de opspanplaat

Opspanplaten worden meestal gebruikt in combinatie met modulaire opspansystemen. In figuur 19 is een voorbeeld van een opgespannen onderdeel te zien. Deze opspanning is opgebouwd met behulp van modulaire opspanmiddelen. Deze modulaire delen worden meestal toegepast op een rasterplaat.

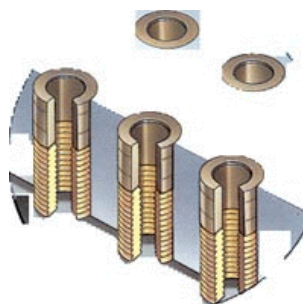


figuur 19 Voorbeeld van een modulaair opspansysteem

Rasterplaten zijn voorzien van boutgaten met pasbussen (zie figuur 20). In de pasgaten kunnen pasbouten worden geplaatst, waardoor de modulaire 'bouwstenen' op de vooraf bepaalde positie nauwkeurig kunnen worden geplaatst. Bij herhalingsopdrachten is de opspanning eenvoudig te reproduceren, mits deze goed is vastgelegd op tekening of met behulp van een foto.

De voordelen van modulaire opspansystemen zijn:

- ▶ er kan nagenoeg elk product mee worden opgespannen;
- ▶ er kan een goede of grote klemkracht mee worden overgebracht op het werkstuk;
- ▶ de opspanningen zijn goed reproduceerbaar;
- ▶ ze zijn zeer geschikt om buiten de machine in te stellen.



figuur 20 Rasterplaat met pasbussen

De nadelen van modulaire opspanssystemen zijn:

- opbouwen van de opspanning is een arbeidsintensieve methode;
- de opspanning moet goed worden gedocumenteerd;
- er moeten relatief veel verschillende opspanmodules voorradig zijn om alles te kunnen opspannen;
- veel van deze onderdelen liggen vaak ongebruikt in de kast;
- tijdens de productie kan het opspannen van de producten veel tijd kosten;
- opspanmiddelen kunnen problemen veroorzaken in de bewerkingsvrijheid van de machine.

2.4 Opspannen met behulp van klauwplaten

Klauwplaten zijn het meest gebruikte opspanmiddel op draaimachines. Drie-klauwen (zie figuur 21) worden ook op freesmachines toegepast voor het opspannen van ronde materialen en op freesmachines die zijn uitgerust met een opgebouwde vierde-as.

Het principe is gebaseerd op centrisch opspannen. Dit principe kan ook worden toegepast op twee-, vier- of meervoudige klauwplaten (zie figuur 22). De klauwen bewegen elk evenveel naar het midden toe bij het opspannen, waardoor het opgespannen product exact in het midden (centrisch) is opgenomen. De drie-klauw wordt het meest gebruikt, omdat deze de 3 van het 3-2-1 principe het best benadert. Men is er dan van verzekerd dat elk van de 3 klauwen goed op het product aansluit en dat daardoor de opspankracht optimaal is.



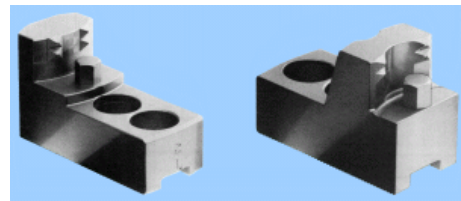
figuur 21 Tweetal voorbeelden van een drie-klauw (rechts met een opgespannen product)



figuur 22 Voorbeeld van een meervoudige klauwplaat

Bij de eerste bewerking van het product maakt men meestal gebruik van zogenaamde harde klauwen (zie figuur 23). Vaak zijn deze harde klauwen voorzien van grippers. Grippers zijn opstaande "punten" of een profiel, dat in de klauwen is geslepen. Deze grippers drukken zich, door de opspankracht, iets in het materiaal. Door deze indrukking wordt extra grip verkregen op het opgespannen product en voorkomt het meedraaien van het product in de klauwen.

De klauwplaat kan ook worden uitgerust met zachte klauwen. Deze zachte klauwen kunnen worden uitgedraaid naar de vorm van het op te spannen product (zie § 2.2 - Spannen met behulp van 'zachte bekken en klauwen').



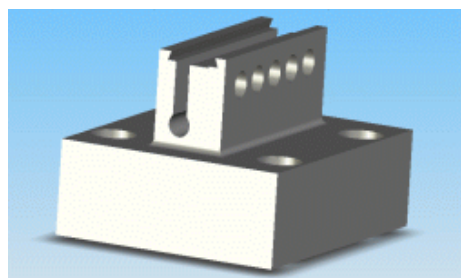
figuur 23 Standaard harde klauw

Drie klauwen kunnen op twee manieren worden bekrachtigd. Met behulp van mechanische kracht of met behulp van hydrauliek. Als de klauwplaat hydraulisch wordt bekrachtigd, kan de opspankracht meestal worden ingesteld. Deze opspankracht is productafhankelijk.

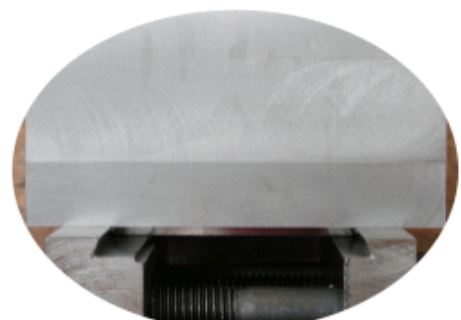
2.5 Opspannen met behulp van het zwaluwstaartprincipe

Het opspannen door middel van de zwaluwstaart is een principe dat stamt uit de jaren vijftig en vond zijn oorsprong in de wapenindustrie. Later werd dit opspanprincipe veel gebruikt in de onderdelenfabricage voor de vliegtuigindustrie. Het opspanprincipe wordt nu steeds meer toegepast bij bewerkingen op 5-assige freesmachines. Door het opspanvlak te voorzien van een zwaluwstaart onder het product en hier op te spannen wordt veel bewerkingsvrijheid verkregen. Het opspanmiddel bevindt zich in zijn geheel onder het product, waardoor de 5-assige machine optimaal kan worden benut.

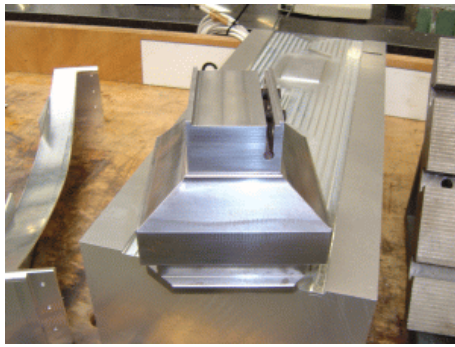
De figuren 24, 25 en 26 laten voorbeelden zien van producten die met het zwaluwstaart principe zijn gespannen. De figuren 27, 28 en 29 laten zien dat de producten, die in dit geval op een 5-assige freesmachine worden bewerkt, goed toegankelijk zijn voor het gereedschap. Het opspanmiddel zit onder het product en belemmert op geen enkele manier de bewerkingsvrijheid van de machine. Bij het correct toepassen van het zwaluwstaartprincipe kan het product nagenoeg spanningsvrij worden opgespannen. Voordeel hiervan is dat men het product niet hoeft te 'ontspannen' na het voorfreen. Hierdoor kunnen producten in één opspanning compleet aan de maat worden gefreesd. Dit biedt met name op 5-assige freesmachines veel voordeel, maar vooral in onbemande productiecellen.



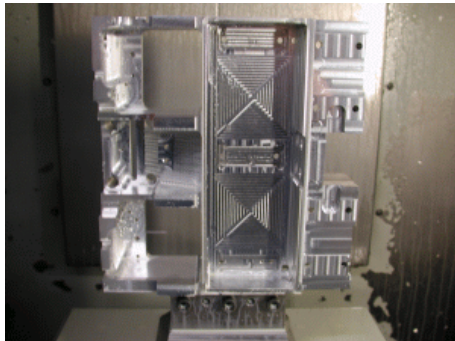
figuur 24 Zwaluwstaartmal



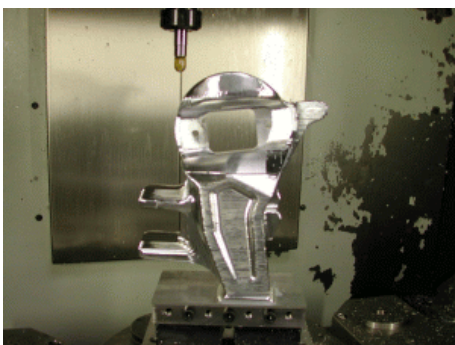
figuur 25 Product in zwaluwstaartmal



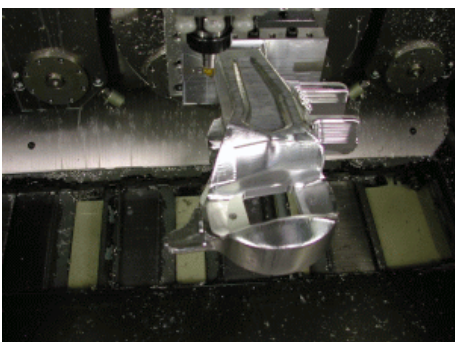
figuur 26 Voorbeeld van een toepassing



figuur 27 5 vlaks-bewerking met behulp van een zwaluwstaartmal



figuur 28 5 vlaks-bewerking met behulp van een zwaluwstaartmal



figuur 29 5 vlaks-bewerking met behulp van een zwaluwstaartmal

Het nadeel van het opspannen op een zwaluwstaart is dat de zwaluwstaart eerst aan het product moet worden gefreesd. Dat betekent dat er een extra bewerking moet plaatsvinden. Het nadeel van deze extra bewerking weegt in veel gevallen niet op tegen de voordelen van de extra bewerkingsvrijheid die hierdoor wordt verkregen. Het is mogelijk om gebruik te maken van een speciale zwaluwstaartfrees. Hierdoor is er maar 1 frees nodig voor het

aanbrengen van de zwaluwstaart. Als producten uit bijvoorbeeld getrokken materiaal wordt vervaardigd, kan worden overwogen om de zwaluwstaart in het ontwerp van het getrokken profiel mee te nemen. Hiermee wordt een extra bewerkingsstap voorkomen.

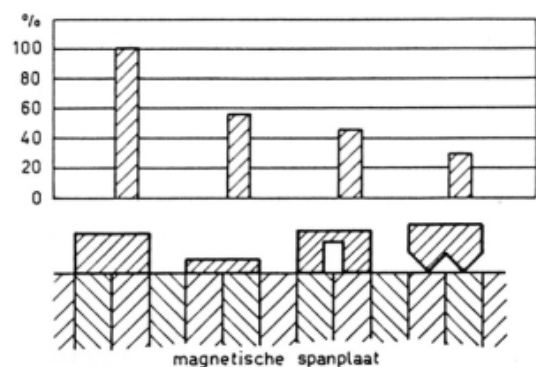
2.6 Opspannen met behulp van magnetisme

Het toepassen van magnetische opspanssystemen berust op het principe dat het product op een magnetisch oppervlak wordt opgelegd. Dit oppervlak dient als referentievlak en tevens als opspanvlak. De magnetische opspankracht wordt gelijkmatig over het aanlegvlak van het product verdeeld. Omdat er geen belemmeringen van het opspanmiddel aan de omtrek van het product zijn, kan de bewerkingsmachine het product rondom bewerken. Het magnetische veld trekt het product in zijn geheel aan. Hierdoor worden trillingen voorkomen tijdens bewerkingen en kunnen er daardoor betere oppervlaktekwaliteiten en langere standtijden van het snijgereedschap worden behaald, alsmede hogere verspaningsvolumes worden gerealiseerd.

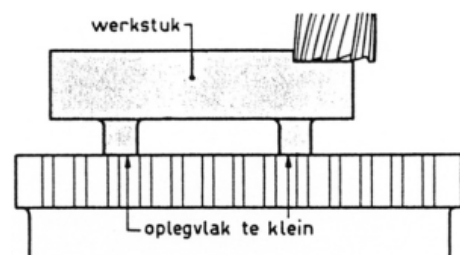
Deze manier van opspannen maakt het mogelijk om producten die een grillige vorm hebben aan de omtrek, eenvoudig op te spannen en vaak ook meervoudig op te spannen.

Een nadeel van het opspannen door middel van magnetisme is dat, als een plaat niet vlak is aan de opspanzijde, de plaat wordt 'doorgetrokken'. Afwijkende vlakheden in het opspanvlak zullen weer optreden in het bewerkte vlak, na het ontspannen van het product. Om dit effect van doortrekken te voorkomen, kan er gebruik worden gemaakt van zogenaamde uitvlaksystemen (zie figuur 3).

Het product moet een zo groot mogelijk raakvlak hebben met het magnetisch opspanmiddel. In figuur 30 staat schematisch weergegeven hoe de opspankracht verloopt in combinatie met het aanlegvlak van het product. Bij een klein opspanvlak, ten opzichte van het product volume, neemt de opspankracht af. Verder geldt dat hoge producten minder goed bewerkt kunnen worden. Deze producten lopen de kans te verschuiven, of om los te komen van het opspanmiddel (zie figuur 31). Magnetische opspanmiddelen worden dan ook over het algemeen gebruikt voor platen, strippen e.d.



figuur 30 Spankrachttabel



figuur 31 Voorbeeld van een te klein oplegvlak

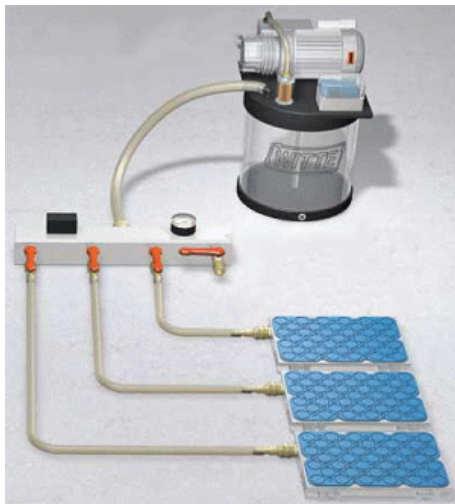
Magnetische opspanmiddelen zijn ook als modulaire delen beschikbaar. Dit maakt het mogelijk om producten die niveauverschillen hebben op het opspanvlak toch op te spannen of om producten aan meerdere kanten te kunnen opspannen in combinatie met hoekplaten, zuilen, e.d. (zie figuur 32).



figuur 32 Modulaire opspanmodule

2.7 Opspannen door middel van vacuüm

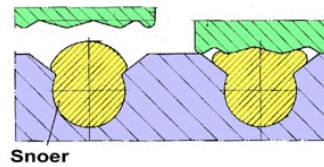
Voor het opspannen met behulp van vacuümplaten gelden in principe dezelfde voorwaarden als voor het opspannen met magneetplaten m.b.t. het 'doortrekken' en de bewerkingsvrijheden. Anders dan bij magneetplaten, is dit opspanmiddel in staat om ook niet magnetisch materiaal op te spannen zoals kunststoffen, aluminium, messing, enz. Tevens is het ook zeer geschikt voor dunwandige producten. Poreuze materialen (zoals bepaalde schuimsoorten voor modelmakers) zijn niet geschikt voor deze methode, tenzij de vacuümcapaciteit groter is dan de 'lucht' doorlaat van het poreuze product. De opspanmethode berust op onderdruk. De onderdruk wordt door middel van een vacuümpomp gerealiseerd. Tussen de vacuümplaat en de vacuümpomp zit een buffervat. Dit buffervat dient ervoor om de onderdrukverschillen op te vangen en om bij eventueel falen van de pomp als accumulator te dienen (zie figuur 33).



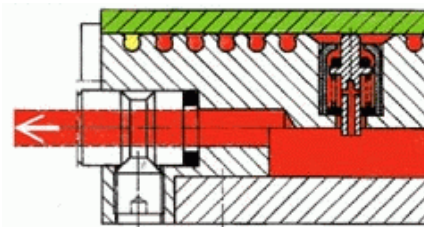
figuur 33 Voorbeeld van een vacuümset

Om voor een goede afdichting te zorgen tussen het product en de vacuümplaat wordt gebruik gemaakt van afdichtingssnoeren (zie figuur 34). De snoeren moet zo dicht mogelijk bij de rand van het product worden geplaatst, om een zo groot mogelijk vacuümvlak te verkrijgen. Tussen het product en de vacuümplaat moeten groeven worden aangebracht om de vacuümwerking op het gehele product te kunnen toepassen. In figuur 35 is het geel afgebeelde afdichtingssnoer te zien en de in het rood afgebeelde groeven, die het vacuümdeel voorstel-

len. Als het product gaten of andere openingen heeft, zullen deze ook, aan de omtrek, afgedicht moeten worden om lekkage te voorkomen (zie figuur 36).



figuur 34 Toepassen van een afdichtingssnoer



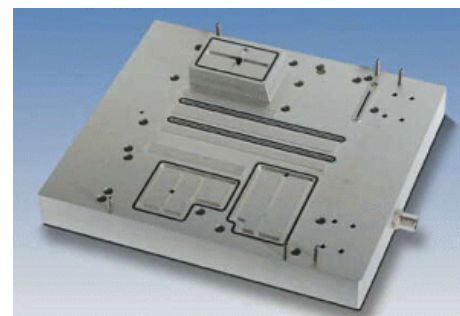
figuur 35 Voorbeeld van vacuümgroeven



figuur 36 Productgebonden vacuümplaat

Vacuümopspanplaten of mallen kunnen productspecifiek worden aangemaakt. Het voordeel hiervan is, dat hiermee complexe producten kunnen worden opgespannen met niveauverschillen, of zelfs producten met een 3D geometrie (zie figuur 37). Vacuümopspanmiddelen kunnen ook modulair worden toegepast op zuilen, hoekplaten en opspankubussen (zie figuur 38).

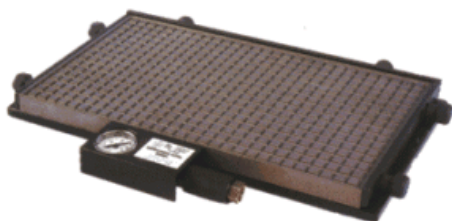
De meest voorkomende vorm van het vacuümopspannen is op een standaard vacuümplaat (zie figuur 39). Het vacuümdeel voor het op te spannen product is snel opspangereed te maken door middel van een opspansnoer dat in rasterpatroon wordt gelegd. Belangrijk hierbij is wel dat er zeer goed gekeken moet worden of er tijdens het bewerken geen doorlopende gaten ontstaan in het product. Bij het ontstaan van een doorlopend gat gaat het vacuümprincipe direct verloren en is het product niet meer opgespannen, tenzij het deel waar een doorlopend gat ontstaat eveneens wordt afgeschermd met een afdichtingssnoer.



figuur 37 Vacuümplaat met hoogteverschil



figuur 38 Modulaire vacuüm modulen



figuur 39 Universele vacuümplaat

2.8 Opspannen met behulp van dubbelzijdig plakband

Platte producten zoals strippen, platen en schijven kunnen ook worden opgespannen met behulp van dubbelzijdig plakband. Deze methode is een oplossing als andere methoden niet toepasbaar zijn.

Deze opspanmethode kan niet veel kracht opnemen als het om zijdelingse krachten gaat. Zijn de bewerkingskrachten loodrecht op het product dan geeft het weinig problemen.

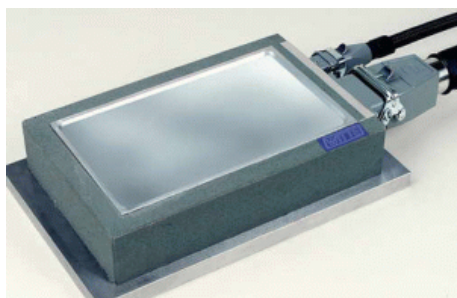
Het plakband dient op een zo groot mogelijk deel van het product te worden aangebracht. Zowel het product als de opspan tafel waarop het plakband wordt bevestigd, moeten absoluut vetvrij zijn.

Opspannen met behulp van dubbelzijdig plakband heeft als voordeel dat alle materialen er mee kunnen worden opgespannen. Het is tevens een methode die zeer snel en goedkoop kan worden toegepast.

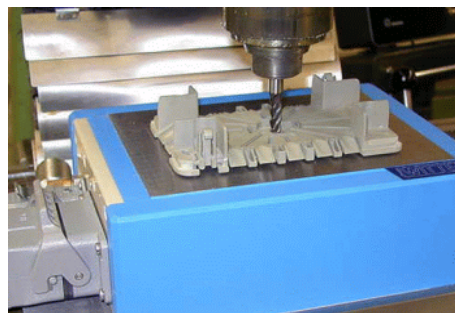
Nadeel van deze methode is, dat het dubbelzijdige plakband soms niet te verwijderen is, zonder de producten te beschadigen. Er kan eventueel een oplosmiddel worden gebruikt, maar hierbij bestaat de kans dat het middel de machine of het product aantast.

2.9 Opspannen door middel van vriezen

Een minder bekende manier van opspannen is het vriesspannen. De producten worden, op een met water natgemaakte opspanplaat vastgevroren (zie figuren 40 en 41). De opspanplaat is verbonden met een vriesapparaat. Het product wordt snel vastgevroren, zodat de bewerkingen kunnen plaatsvinden. Na alle bewerkingen zorgt de vriezer voor het ontdooien van de opspanning. De opspanplaat kan eenvoudig op de opspan tafel worden vastgezet.



figuur 40 Voorbeeld van een standaard vriesmodule



figuur 41 Voorbeeld van een opgespannen product door middel van vriesspannen

Vriesspannen is geschikt voor het opspannen van kleine onderdelen of onderdelen die onregelmatig van vorm zijn. Grote producten kunnen echter ook worden opgespannen, desnoods met meerdere vriesstations. Bij kleine producten kan het een nadeel zijn dat het gehele product in temperatuur afkoelt, waardoor maatafwijkingen kunnen ontstaan.

3 Opspanmethoden en productiviteit

De opspanmethode is een van de meest bepalende factoren voor de productiviteit van de bewerkingsmachine. Om de productiviteit zo hoog mogelijk te krijgen, moeten er keuzes worden gemaakt in de efficiëntie van de opspanning. Deze keuze mag niet ten koste gaan van het basisprincipe van het opspannen, de 3-2-1 regel. De efficiëntie wordt dus niet bereikt door concessies te doen op de basisregels van het opspannen, maar door opspanmethoden slim te combineren of toe te passen. Er zijn twee methoden om de efficiëntie te verhogen namelijk:

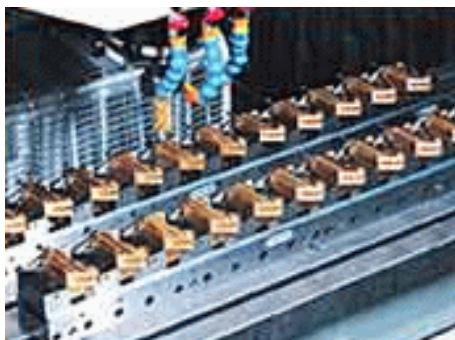
- ▶ Meer producten in één opspanning bewerken
 - ♦ meervoudig opspannen;
 - ♦ meer producten uit één stuk materiaal;
- ▶ Producten zeer snel in en uit het opspansysteem
 - ♦ snel opspannen;
 - ♦ hydraulisch opspannen;
 - ♦ geautomatiseerd opspannen.

3.1 Meervoudig opspannen

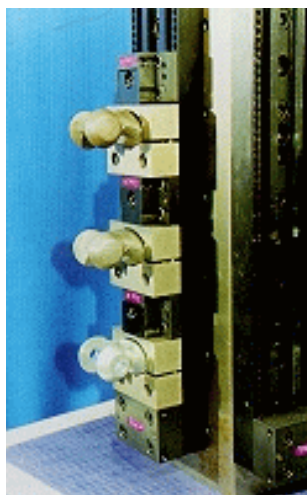
Meervoudig opspannen brengt vooral productieverhoging op met betrekking tot de gereedschapwisseltijden van de machine en de neventijden op het gebied van ijlgangen, dat wil zeggen, de tijd dat het verspanende gereedschap niet snijdt. Verder wordt het bewerkingsbereik van de machine beter benut, omdat de gehele opspan tafel wordt gebruikt. Met het meervoudig opspannen neemt de totale cyclustijd van de opspanning toe, maar de cyclustijd per product neemt af.

Door het toenemen van de totale cyclustijd, van de opspanning, is de operator in staat om naast deze werkzaamheden andere taken te verrichten. Hierdoor is de operator in staat om meerdere machines te bedienen, waardoor de totale productiekosten kunnen dalen.

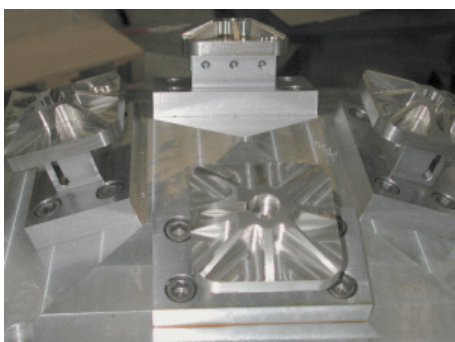
Meervoudige opspanmallen kunnen zowel bestaande (modulaire) opspanmiddelen, als wel productgebonden (zelfgemaakte) opspanmallen zijn. Productgebonden opspanmallen maken over het algemeen het beste gebruik van het werkbereik van de bewerkingsmachine. De bestaande modulaire opspanmiddelen zijn kostbaar in aanschaf, maar bieden wel als voordeel dat zij niet productgebonden zijn. Figuren 42, 43 (en ook 9) geven enkele voorbeelden van meervoudige opspanmethoden. Figuur 44 laat een meervoudige opspanning zien die het mogelijk maakt om op een 5-assig bewerkingscentrum meervoudig op te spannen en die toch de mogelijkheid heeft om deze producten aan 5-vlakken te bewerken.



figuur 42 Voorbeeld van een meervoudige opspanmethode



figuur 43 Meervoudige opspanmethode voor verticale bewerkingen



figuur 44 Piramidemal voor een 5-assige machine

3.2 Snelopspannen

Snelopspanmiddelen hebben als doel om producten zo snel mogelijk in en uit de opspanmethode te krijgen met als reden om de stilstand van de bewerkingsmachine zo kort mogelijk te houden.

Het gaat dan meestal om complexere producten en plaatdelen waarop deze methode wordt toegepast. Bij minder complexe producten zijn de opspanmethoden van de machineklem, magneetplaat en vacuüm opspannen ook snelopspanmethoden. Door één handeling uit te voeren bij deze opspanmethoden, is het product opge-spannen of ontspannen.

Bij complexere producten, zoals gietstukken, uitgesneden plaatdelen of profielen, is de opspanning niet of nauwelijks te realiseren door middel van de machineklemmen en dergelijke opspanmethoden. Hiervoor is dus een complexere opspanning nodig met bijvoorbeeld opspanplaten. Deze opspanplaten kunnen dan worden vervangen door zogenaamde snelopspanners (zie figuren 45 en 46).



figuur 45 Modulaire snelopspanners



figuur 46 Standaard snelopspanners

Het gebruik van snelopspanners heeft als voordeel:

- ▶ weinig handelingen voor het opspannen en ontspannen;
- ▶ opspanmiddelen staan altijd op dezelfde plek (in tegenstelling tot handmatig geplaatste opspanplaten);
- ▶ de klemkracht is bij elk product hetzelfde;
- ▶ kunnen eenvoudig op de opspanplaat of speciaal worden gemonteerd;
- ▶ er kan minder gemakkelijk een opspanplaat worden vergeten.

Het gebruik van snelopspanners heeft als nadeel:

- ▶ relatief veel insteltijd nodig voor het eerste product;
- ▶ bij vervuiling en spaanophoping, snel verlies aan opspankracht.

Snelopspanners kunnen zowel mechanisch als hydraulisch worden bekrachtigd. Hydraulische opspanners (zie figuur 47) worden over het algemeen toegepast als de opspanning veel kleine producten heeft en/of automatisch beladen moet of kan worden. Bij grotere werkstukken is dit vaak lastig of loont het zich niet, gezien de serie-grootte. Men kiest dan meestal voor mechanisch bediende snelopspanners. Deze mechanisch bediende snelopspanners kunnen willekeurig op de machinetafel of opspanmallen worden toegepast. Er zijn geen leidingen voor hydraulica, elektra of lucht nodig. Dit maakt de toepassing van deze snelopspanners al gauw rendabel.



figuur 47 Hydraulische opspanplaat

3.3 Hydraulisch opspannen

Hydraulisch opspannen wordt over het algemeen toegepast in serieproductie. De kosten voor het aanmaken van hydraulische opspanmallen zijn hoog. Waar mogelijk wordt dan ook gebruik gemaakt van standaard, in de handel verkrijgbare, modules. Voldoen deze modules niet, dan kunnen er ook zelf cilinders worden aangeemaakt. Het zelf maken van deze cilinders is een kostbaar proces.

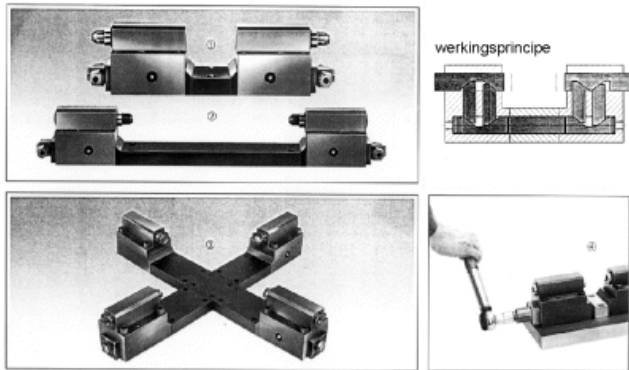
Hydraulisch opspannen heeft als voordeel:

- ▶ dat er zeer compact kan worden opgespannen met een hoge klemkracht;
- ▶ dat deze klemkracht goed te handhaven is en te controleren door de instelbare druk. Olie is niet samendrukbaar en daardoor zeer betrouwbaar.

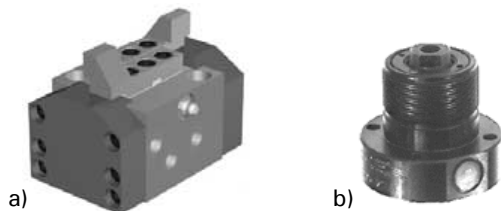
Hydraulisch opspannen heeft als nadeel:

- ▶ dat er aansluitingen en koppelingen moeten worden gebruikt. Door deze aansluitingen en koppelingen kunnen er lekkages ontstaan;
- ▶ bij lekkage worden zowel de opspanmal, de machine en het koelwater vervuild. Deze lekkages kunnen hierdoor hoge kosten met zich mee brengen. Geringe lekkages worden meestal opgevangen door een buffervat of expansiemodule. Deze zorgen er ook voor dat eventuele drukverschillen worden opgevangen die worden veroorzaakt door uitzettingen van leidingen en kleine verplaatsingen van werkstukken tijdens bewerkingen;
- ▶ het ontwerpen en aanmaken van een hydraulische opspanmal is kostbaar;
- ▶ wijzigingen op de mal zijn bijna niet mogelijk;
- ▶ de opspanmal is bijna altijd productgebonden.

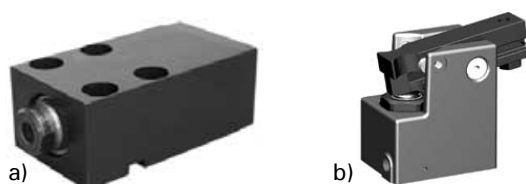
Hydraulisch opspannen kan worden toegepast met zeer veel verschillende standaardmodules. In de figuren 48 t/m 50 wordt een aantal van deze modules weergegeven.



figuur 48 Centrische opspanmodules



figuur 49 Centrische opspanmodule (a) en inbouwcilinder (b)



figuur 50 Opbouwmodule (a) en opspanplaatmodule (b)

Figuur 48 en 49a zijn opspanmodules voor het centrisch opspannen van werkstukken. Deze centriscie modules bieden voornamelijk grote voordelen bij het uitrichten van werkstukken.

Figuur 49b is een standaard inbouwcilinder. Deze cilinder kan in een mal worden ingebouwd en van aansluitingen worden voorzien van binnen uit de mal door middel van geboorde kanalen. Deze cilinder heeft een lineaire beweging.

Figuur 50a is een standaard opbouwmodule. Deze module heeft een lineair werkende plunjer en heeft als voordeel, dat deze module eenvoudig op een opspanmal kan worden bevestigd door middel van enkele inbusschroeven. De opbouwmodule kan worden bediend door middel van geboorde kanalen in de mal of door externe leidingen die aan de module worden gekoppeld.

3.4 Hulptap of extra materiaal

De optimale bereikbaarheid van een opgespannen werkstuk wordt verkregen door te gaan opspannen 'buiten het werkstuk' op een zogenaamde hulptap (zie figuren 50 t/m 54). De hulptap is eigenlijk een extra stuk materiaal wat alleen nodig is voor het opspannen.

Het opspannen op een hulptap is vrij bekend van het klauwplaatwerk op een draaimachine (zie ook zwaluwstaartprincipe).

Het grootste nadeel van deze methode is, dat deze altijd gepaard gaat met verlies aan werkstukmateriaal. De hulptap kan ook worden toegepast op gietstukken. Bij gietstukken zijn dit meestal opspanoren en/of opspanpunten. Deze extra voorziening kan vrij gemakkelijk worden meegenomen bij het vormgeven (gieten, smeden, lassen) van de vormstukken.

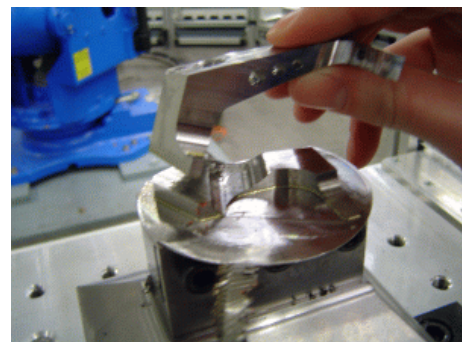
De voordelen zijn:

- ▶ maximale bereikbaarheid van de machine ten opzichte van het werkstuk;
- ▶ eerste opspanning behoeft minder nauwkeurig te zijn;
- ▶ opspanmiddel heeft meestal de maximale productbreedte om op te spannen;
- ▶ nauwkeuriger product, doordat meerdere referentievlakken in één opspanning kunnen worden bewerkt;
- ▶ bij zware bewerkingen kan er gebruik worden gemaakt van bijv. grippers zonder het eindproduct te beschadigen.
- ▶ meerdere producten uit één stuk materiaal te halen.

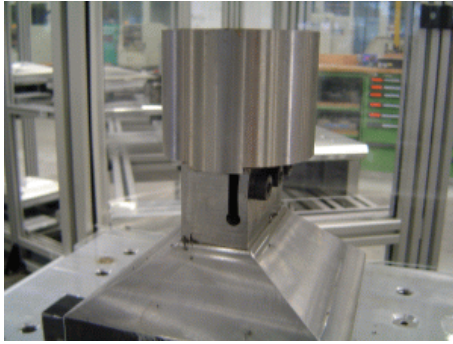
De nadelen zijn:

- ▶ extra materiaalkosten;
- ▶ het extra materiaal moet in een andere opspanning worden verwijderd, hiervoor is extra machinetijd nodig.

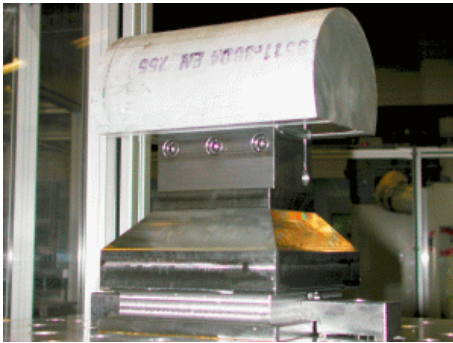
De kosten van dit extra materiaal wegen meestal niet op tegen het voordeel bij het opspannen en bewerken van het product.



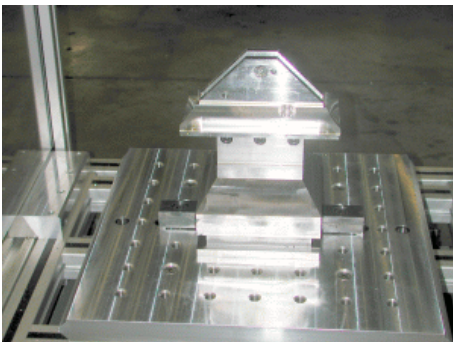
figuur 51 Gereed product op hulptap



figuur 52 Uitgangsmateriaal met hulptap



figuur 53 Ruwmateriaal met hulptap



figuur 54 Gereed product op hulptap

4 Opspanmethoden en omsteltijd

4.1 Aanmaken van opspanmiddelen per product

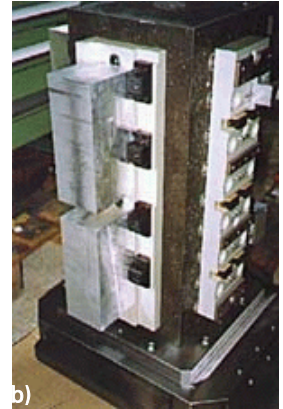
Met het aanmaken van een opspanmiddel per order wordt verondersteld dat er een specifiek opspanmiddel wordt aangemaakt waarop het betreffende product op de meest efficiënte manier kan worden bewerkt (zie voorbeelden in figuur 55). Dit specifieke opspanmiddel kan bij elke 'repeat' opdracht weer opnieuw worden gebruikt. Het is dan zinvol om dit specifieke opspanmiddel te voorzien van referentiepunten, bijvoorbeeld paspen, zodat het opspanmiddel zonder uitrichten weer opnieuw kan worden gebruikt (figuur 55a). Specifieke gegevens van de opspanmal, zoals nulpunten, moeten om die reden in het CNC-programma worden verwerkt.

De voordelen zijn:

- ▶ effectief benutten van het machinebereik;
- ▶ snelle omsteltijd;
- ▶ verminderde kans op fouten omdat:
 - ◆ het nulpunt bekend is;
 - ◆ het opspanmiddel zich heeft bewezen;
 - ◆ er een verminderde kans op botsingen met het opspanmiddel bestaat.



a)



b)

figuur 55 Voorbeeld van een productgebonden opspanmal (a) en een productgebonden opspanzuil (b)

De nadelen zijn:

- ▶ veel werk in het aanmaken van het opspanmiddel;
- ▶ opspanmiddel moeten bewaard worden in bijv. een magazijn.

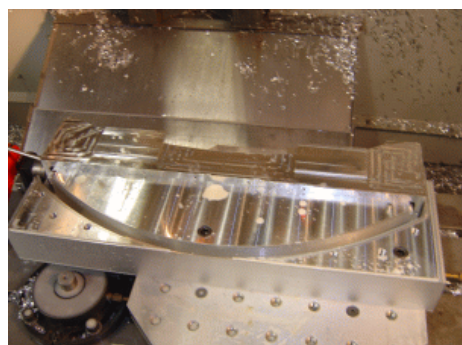
4.2 Aanmaken van een opspanmiddel per order

Met het aanmaken van een opspanmiddel per order wordt verondersteld, dat het aangemaakte opspanmiddel na het afwerken van de gehele order niet wordt opgeslagen of hergebruikt. Een goed voorbeeld hiervan zijn zachte klauwen en zachte bekken die speciaal voor een product worden aangepast.

Opspanmiddelen per order kunnen ook complexer worden uitgevoerd, bijvoorbeeld in de vorm van een compleet gefreesde mal (zie figuren 56 en 57).



figuur 56 Voorbeeld van een eenmalig productgebonden opspanmal



figuur 57 Voorbeeld van een eenmalig productgebonden opspanmal

Het aanmaken van een opspanmiddel per order kan ook worden doorgevoerd als methode om omsteltijden structureel te verkorten. Door bijvoorbeeld een plaat van

100 mm dik op de opspantafel te plaatsen, kan er een vorm van het op te spannen deel worden uitgefreesd. Na het afwerken van de gehele order wordt de plaat een paar mm afgevlakt en is hiermee gereedgemaakt voor de volgende order. Het CNC-programma voor het uitfrezen van de plaat wordt bij het productprogramma bewaard. Mocht het zo zijn dat het product alsnog weer gemaakt moeten worden, dan is de opspanning direct weer reproduceren.

Het lijkt in eerste instantie een dure methode door het materiaalverlies, maar deze materiaalkosten worden terugverdiend door de verkorte omsteltijd.

Voordelen zijn:

- het nulpunt voor het product is exact bekend;
- opspanplaten e.d. staan op de juiste positie;
- de basisplaat staat al gemonteerd op de machine;
- opspanning is gemakkelijk te reproduceren;
- geen dure opslag van mallen;
- opspanning kan eenvoudig worden aangepast;
- eventuele hoogteverschillen in het product kunnen exact worden aangebracht in de opspanmal.

Nadelen zijn:

- er is machinetijd nodig voor het aanmaken van de opspanmal;
- extra materiaalkosten.

Er hoeft niet altijd gebruik gemaakt te worden van een basisplaat die standaard op de machine zit. Men kan deze methode ook incidenteel toepassen als er bijvoorbeeld geen andere opspanmethode voldoet. Deze opspanningen worden dan vaak uit stukken restmateriaal gemaakt en aangepast voor het op te spannen product. Deze opspanmallen worden vaak niet hergebruikt, maar weggegooid. De kosten van deze methode vallen enorm mee, omdat meestal afvalmateriaal wordt hergebruikt (zie figuur 57).

Omdat dit materiaal aangepast moet worden voor het product, is het al bekend zijn van het machinenulpunt hier ook een voordeel.

4.3 Voorinstellen opspanning

Het maken van een opspanning kan worden voorbereid buiten de machine. In deze stelling kan de machine gewoon doorgaan met het produceren. De opspanning kan in de meeste gevallen compleet worden voorbereid met uitzondering van de opspanningen, zoals bij zachte bekken, ordergebonden opspanmallen e.d., die met behulp van de machine moeten worden nabewerkt. Het voorinstellen buiten de machine komt het meest voor bij bewerkingsmachines die zijn voorzien van een palletbaan of bij machines die zijn voorzien van een nulpunt-palletsysteem.

Beschikt de machine niet over deze systemen, dan is het verstandig om alle opspanmiddelen zover mogelijk voor te bereiden en gereed te zetten voor montage, zodat de stilstand van de machine tot een minimum wordt beperkt.

Het is belangrijk om eerder gemaakte opspanningen goed te documenteren, bij voorkeur met behulp van foto's, zodat het opbouwen op een efficiënte manier gebeurt. Bij modulaire opspanmiddelen wordt elk modulair deel beschreven. Vaak kan er worden volstaan met het type-nummer van het modulaire deel. Met behulp van een werktekening van de pallet en de opspanning wordt met behulp van paspen de modulaire delen op de juiste positie geplaatst.

4.4 Gebruikmaken van nulpunt wisselsystemen

Met behulp van nulpunt wisselsystemen is het mogelijk om zeer snel van opspanning te wisselen. Het systeem bestaat uit één of meerdere klemstations, die op de

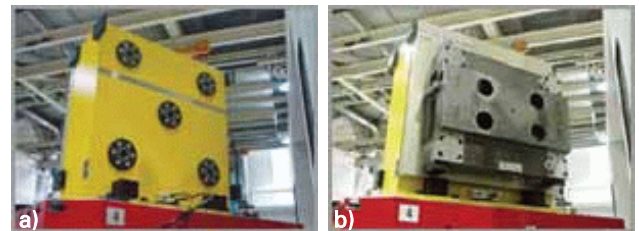
machine zijn gemonteerd. Deze klemstations klemmen door middel van een verenpakket en worden ontklemd met behulp van hydrauliek. Door het klemmen met behulp van een verenpakket is het niet nodig om een constante hydraulische voorziening te hebben in de bewerkingsmachine. Dit maakt het mogelijk om deze nulpunt wisselsystemen op alle bewerkingsmachines toe te passen. Met name voor meer-assige bewerkingsmachines is dit een voordeel. Doordat de tafel niet constant met een hydraulische leiding verbonden behoeft te zijn, wordt deze niet beperkt in zijn bewegingsvrijheid.

De opspanmal of pallet zelf wordt voorzien van aantreknippels, die in de klemstations worden aangetrokken.

In figuur 58 is een voorbeeld te zien van een klemstation. In figuur 59a zijn 5 klemstations ingebouwd op een zuil. Het voordeel van het inbouwen van klemstations is dat er geen vervuiling en spaanophoping plaatsvindt tussen de klemstations. Ook is de opbouwhoogte van de opspanning dan minimaal. De klemstations zijn onderling wel verbonden door middel van hydrauliekanalen, welke ook in de opspanzuil zijn verwerkt. Dit maakt het mogelijk om met één koppelslang alle klemstation tegelijkertijd te ontklemmen. In figuur 59b is een pallet op dit systeem opgespannen. Voor een pallet die gebruikmaakt van meerdere klemstations is het nodig deze klemstations tegelijk te kunnen bedienen.

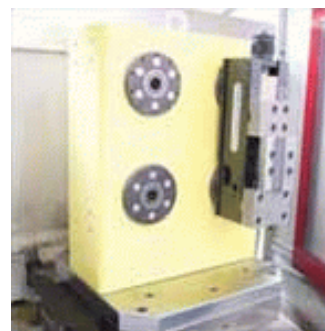


figuur 58 Voorbeeld van een klemstation



figuur 59 Ingebouwde klemstations (a) met een voorbeeld van een toepassing (b)

De aantreknippels kunnen ook rechtstreeks in machineklemmen, drieklauwen of magneetplaten worden aangebracht. Hierdoor is het eenvoudig om deze standaard opspanmiddelen snel uit te wisselen (zie figuur 60). De herhalingsnauwkeurigheid van de meeste systemen vallen binnen 0,01 mm. Bij enkele systemen is dit zelfs 0,002 mm. Er kan dan vanuit worden gegaan, dat de opspanmiddelen en pallets nauwkeurig zijn geplaatst.



figuur 60 Voorbeeld van een universele toepassing

Bij productgebonden mallen hoeft het nulpunt nagenoeg nooit meer te worden uitgeklokt, mits het nulpunt op een correcte manier in het CNC-programma is verwerkt.

De wisseltijden met behulp van nulpunt wisselsystemen worden beperkt tot hooguit enkele minuten. Op deze manier kan er op dezelfde manier worden gewerkt als op een bewerkingsmachine die is voorzien van een palletbaan. Het is eventueel ook mogelijk om de gehele opspanning uit de machine te halen en op een meetmachine te plaatsen. Het product kan dan na het meten alsnog verder worden afgewerkt. Het afwerken van het product kan ook plaatsvinden op andere bewerkingsmachines die zijn uitgerust met nulpunt wisselsystemen, bijvoorbeeld van een freesmachine naar een vonk- of slijpmachine. Een andere mogelijkheid is om de pallet van een opspan- tafel naar een hoekplaat te plaatsen. Op deze hoekplaat kan de pallet $4 \times 90^\circ$ worden doorgedraaid. Op deze manier kan een product aan 5 vlakken worden bewerkt op een 3-assige freesmachine.

Met behulp van een nulpunt wisselsysteem is het relatief eenvoudig om, in combinatie met een robot, te automatiseren. Het is dan wel noodzaak om het hydraulisch ontspannen van het klemstation te automatiseren.

5 *Standaardiseren in opspanmiddelen*

5.1 *Algemeen*

De algemene trend in onderdelenfabricage is dat de seriegrootte steeds verder afneemt. Door deze trend verschuift de werkdruk verder naar de werkvoorbereiding en naar de tijd die nodig is om de bewerkingsmachine in te stellen.

Afnemende seriegroottes betekenen, dat er ook meer orders moeten worden voorbereid en machines vaker moeten worden ingesteld. Er kan dan ook het best worden gekeken naar het optimaliseren van dit deel.

5.2 *Keuzes maken*

Een van de mogelijkheden voor optimaliseren is door bewust keuzes te maken in de opspanmiddelen. Door het productpakket te inventariseren kunnen deze producten worden ingedeeld in groepen. Elke groep heeft dan zijn eigen specifieke opspanmethode. Bijvoorbeeld een groep producten die:

- ▶ in een machineklem kunnen worden opgespannen;
- ▶ in een drieklaww kunnen worden opgespannen;
- ▶ met behulp van het zwaluwstaartprincipe kunnen worden opgespannen.

Er is op deze manier een standaard bepaald, waarmee nagenoeg elk product kan worden opgespannen. Figuur 61 geeft een viertal voorbeelden.

Omdat deze standaard niet altijd de meest ideale opspanning is voor elk product, moeten er soms concessies worden gedaan op de verspaningsstrategieën of op de verspaningscondities. Het kan dus zijn dat de cyclustijd, van het product, iets langer zal worden. In enkele gevallen kan het zo zijn, dat de cyclustijd van 1 uur wordt vergroot naar 1,1 uur. Dat betekent voor de gehele verspaningstijd een verlies van 0,1 uur ten opzichte van de niet gestandaardiseerde opspanmethoden. Het voordeel van gestandaardiseerde opspanmethoden is echter terug te vinden in de werkvoorbereidingstijd en de insteltijd van de machine.

De voordelen van gestandaardiseerde opspanmethoden zijn:

- ▶ in de offertefase is het opspanconcept al bekend, waardoor er ook efficiënt kan worden gecalculeerd;
- ▶ als de offerte opdracht wordt, is de werkvoorbereiding met betrekking tot het opspannen al gereed;
- ▶ opspanmiddel is voorradig en verkeert in goede con-

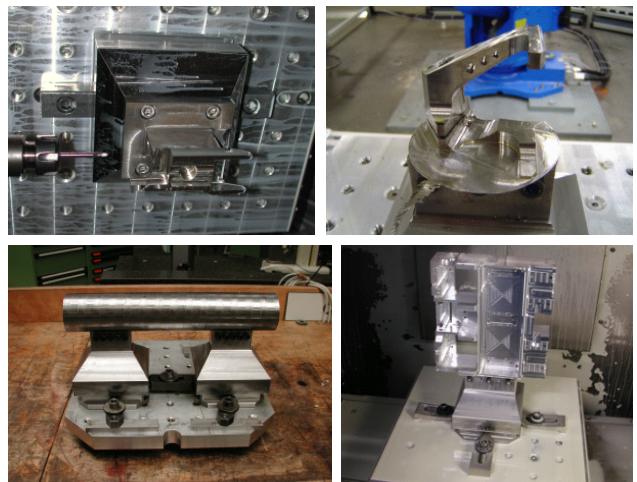
ditie, omdat deze continue wordt gebruikt;

- ▶ het opspanmiddel heeft zich bewezen op zijn klemkracht en betrouwbaarheid. Men kent door de opgebouwde ervaringen alle voor- en nadelen van het opspanstelsel en er zijn dus geen valkuilen meer;
- ▶ het opspanmiddel staat al standaard gemodelleerd in het CAM-systeem;
- ▶ er kan goed worden gesimuleerd in het CAM systeem, waardoor de instelprocedure op de machine sneller verloopt;
- ▶ het nulpunt van de opspanmiddelen staat al in de machine en voorkomt instelfouten;
- ▶ de opspanmiddelen sluiten meestal goed aan bij de mogelijkheden en bewegingsvrijheden van de bewerkingsmachine, waardoor deze bewerkingsmachine optimaal kan worden benut;
- ▶ bij een goede selectie van de standaard in combinatie met de machinemogelijkheden kan in veel gevallen het aantal opspanningen worden verminderd;
- ▶ kwaliteit van product neemt toe;
- ▶ doorlooptijd van de totale order neemt af;
- ▶ de totale productiviteit van de bewerkingsmachine stijgt, omdat de insteltijd wordt verminderd;
- ▶ er zijn minder instelproducten nodig om tot een betrouwbaar proces te komen;
- ▶ een betrouwbaar proces vereenvoudigt het automatiseren van het productieproces, waardoor de productiviteit nog verder kan worden verhoogd
- ▶ bij herhalingsopdrachten is het zeer eenvoudig om de opspanning te reproduceren.

Deze voordelen maken het mogelijk de werkvoorbereiding te verkorten, maar met name de in- en omsteltijd van de bewerkingsmachine. Deze werkzaamheden zijn zeer arbeidsintensief in tegenstelling tot een lopende bewerkingsmachine. Dit maakt het mogelijk om efficiënt om te gaan met de looncomponent, welke een van de grootste bepalers is van de productiekosten. De bewerkingsmachine kan eventueel onbemand werken, waardoor het nadeel van de soms wat langere cyclustijd wordt opgevangen.

Met name als de bewerkingsmachine in staat is om in de nachtelijke uren onbemand te produceren, speelt het nadeel van de soms iets langere cyclustijd geen rol meer. Het gaat dan meer om de procesbetrouwbaarheid dan om het meest efficiënte verspaningsproces. De procesbetrouwbaarheid wordt met name verkregen, doordat het productieproces voorspelbaar is.

Door ook in het CAM systeem met standaard verspaningsstrategieën te gaan werken die goed aansluiten bij de gestandaardiseerde opspanmethoden, kan een verdere optimalisatie en procesbetrouwbaarheid worden bereikt.



figuur 61 Voorbeelden van gestandaardiseerde opspanning

Auteur

Deze voorlichtingspublicatie is opgesteld in opdracht van de Vereniging FME-CWM in het kader van het project 'Procesinnovatie Verspaning voor MKB-bedrijven'. Hierbij waren de volgende organisaties betrokken: SenterNovem, STODT, Syntens, Koninklijke Metaalunie en de Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC).

De auteur, Jan-Willem Kleinwinkel (STODT) werd ondersteund door een begeleidingsgroep bestaande uit: W. Lenselink (STODT), R. van den Bosch (STODT), J. van de Put (Syntens), R. Kousbroek (Koninklijke Metaalunie), P. van Ackooy (FME) en P. Boers (FME).

Technische informatie:

Voor technisch inhoudelijke informatie over de in deze voorlichtingspublicatie behandelde onderwerpen kunt u zich richten tot de auteur Jan-Willem Kleinwinkel (tel.: 0546-822455, e-mail: jw.kleinwinkel@stodt.nl).

Informatie over, en bestelling van VM-publicaties, Praktijkaanbevelingen en Tech-Info-bladen:

Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC)

Bezoekadres: Boerhaavelaan 40,
2713 HX ZOETERMEER
Correspondentie-adres: Postbus 190,
2700 AD ZOETERMEER
(079) 353 11 00/353 13 41
Telefoon: (079) 353 13 65
Fax: pbo@fme.nl
E-mail: www.fme.nl
Internet:



© Vereniging FME-CWM/mei 2006 - 02

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke ander wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel grote zorg is besteed aan de waarborging van een correcte en, waar nodig, volledige uiteenzetting van relevante informatie, wijzen de bij de totstandkoming van de onderhavige publicatie betrokkenen alle aansprakelijkheid voor schade als gevolg van onjuistheden en/of onvolkomenheden in deze publicatie van de hand.

Vereniging FME-CWM
Afdeling Technologie en Innovatie
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
telefoon 079 - 353 11 00
telefax 079 - 353 13 65
e-mail: pbo@fme.nl
internet: www.fme.nl