

Het maken van braam

Algemene inleiding over ontbraamtechnieken

Ir. G.J. Streefland.

Het ontstaan van braam is inherent aan mechanische vormgevingstechnieken. Verwijderen ervan is veelal noodzakelijk vanwege functionele, visuele, montage-technische en proces-technische redenen.

Ingegaan wordt in dit artikel op de soorten braam, de oorzaken van het ontstaan, enkele oplossingen om het ontstaan te voorkomen en onderzoek aan conventionele ontbraamprocessen.

Het probleem "braam"

Braam ontstaat bij mechanische vormgevingstechnieken waarvan:

- verspanen,
- spaanloos vormen en
- spuitgieten

bij de serie- en massafabricage de voorname zijn. De soort braam die ontstaat is bij elk van deze technologieën verschillend

Braam is ongewenst om een aantal redenen, en wel:

- functionele,
- visuele,
- montage-technische,
- proces-technische.

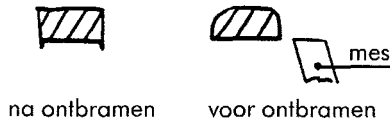
Functioneel is braam vrijwel altijd ontoelaatbaar, denk aan snijmesses, of onderling bewegende delen, of aan de kans op verwonding bij gebruik. Een bijzonder voorbeeld uit de elektrotechniek is elektrische ontlading aan de scherpe randen van metalen onderdelen die onder hoogspanning staan (corona).

Dat braam visueel ongewenst is behoeft amper enig betoog. Montagetechnisch is bij handmontage braam, in de eerste plaats alleen al vanwege de kans op verwonding, niet toelaatbaar. Ook bij automatische montage wordt de zekerheid waarmee een onderdeel geplaatst kan worden, verminderd door braam (pootjes van IC's en transistoren).

Bij vervolgprocessen-lakken, galvaniseren, e.d. - is braam proces-technisch ongewenst, niet alleen om kwalitatieve overwegingen maar ook door de kans op vervuiling door braamresten. Braam zit nu eenmaal op een onbetrouwbare wijze vast aan een bewerkt onderdeel. Bij onderdelen die in hoogvacuüm functioneren kan vuil de reden zijn dat het gewenste vacuüm niet gehaald wordt.

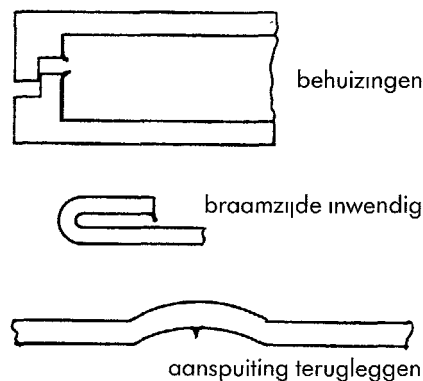
Een voorbeeld van braamvorming - het zagen van sleuven in scheerhoofden - toont *figuur 1*. Juist aan die zijde waar later het mes moet lopen. Het ontbraamen wordt hier opgesplitst in drie handelingen:

- het verwijderen van de zaagbraam waarbij de snijkant scherp moet blijven;
- een vormcorrectie van de bovenzijde;
- polijsten van de bovenzijde (om visuele redenen).



Figuur 1 Vorm van de lamel bij een scheerhoofd voor en na ontbraambewerkingen.

Door een goed ontwerp is braam niet altijd even hinderlijk, bijvoorbeeld bij sier-rand omhullingen, aanspuitingen te laten terugvallen, ruimte voor braam te maken. Zie *figuur 2*.

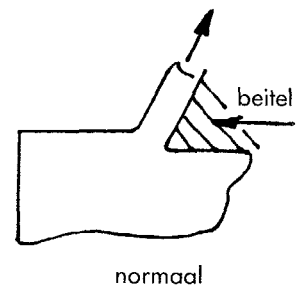
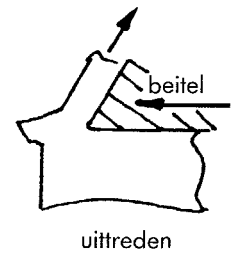


Figuur 2 Constructies waarbij braam niet hindert.

Braam bij verspanen

De braam bij verspanen - meestal in de vorm van scherpe vliesachtige randen - ontstaat vooral bij het uittreden van het gereedschap uit het materiaal. Het laatste stukje spaan wordt dan vervormd tot braam, zie *figuur 3*. Naarmate de snijdruk aan de punt groter is, wordt meer materiaal de hoek omgeduwd.

De grootte van de braam wordt beïnvloed door:

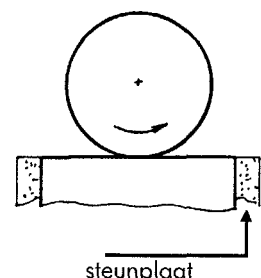


Figuur 3 Situatie bij het uittreden van de beitel uit het materiaal.

- de scherpste van het snijgereedschap, de beitel of slijpsteen, en
- de brosheid van het materiaal. Laat het materiaal zich nauwelijks vervormen dan breekt het laatste stukje in zijn geheel uit en ontstaat geen braam (maar een andere lelijke kant).

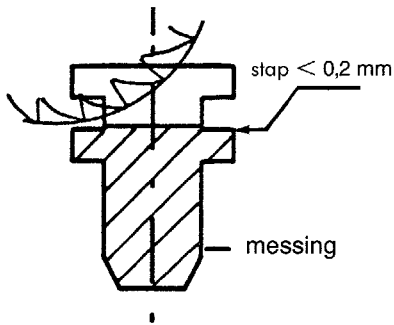
Van de mogelijkheden om braam te voorkomen worden hier twee voorbeelden gegeven:

- Door middel van extra toegevoegd materiaal kan de braam verplaatst worden naar buiten het werkstuk; zie *figuur 4*. Gezien de kosten is dit voor massafabricage minder geschikt.



Figuur 4 Een steunplaat ondersteunt de spaan bij het uittreden van de steen.

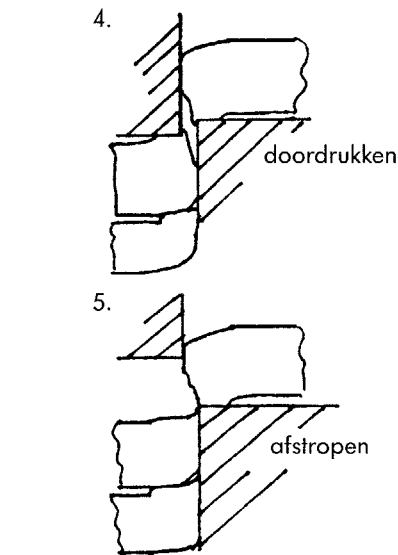
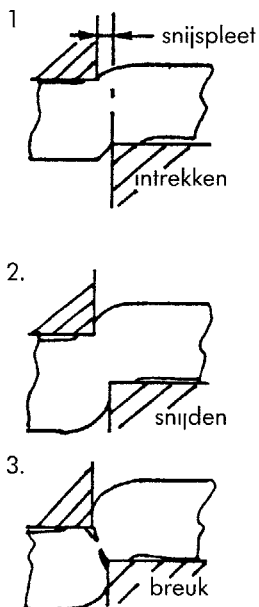
- Door een juiste vormgeving kan braam soms worden voorkomen, zoals getoond wordt bij het asje van een instelcondensator. In het asje wordt namelijk na het draaien de gleuf voor de instelschroevendraaier gezaagd. De diameterstap zorgt ervoor dat bij de zaagsnede geen braam ontstaat; de steun voor de spaan is hier het onderdeel zelf, zie figuur 5



Figuur 5 Diameterstap in een draaionderdeel voorkomt braamvorming bij het zagen van de gleuf. Er zal geen braam ontstaan als de stap < 0,2 mm bedraagt.

Braam bij spaanloosvormen

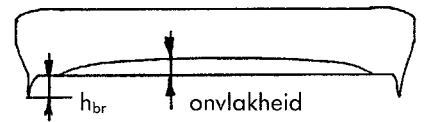
Bij koudvervormen gaat het meestal over braam ten gevolge van het stampen. Om het ontstaan van braam beter te kunnen begrijpen wordt het stampproces opgedeeld in de volgende fasen, zie figuur 6.



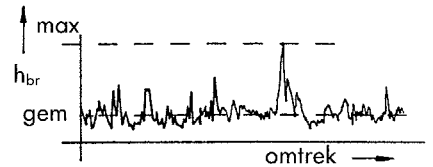
Figuur 6 Snijproces bij stampen opgedeeld in fasen.

- Intrekken: Bij het eerste contact tussen snijder en materiaal plooit het materiaal zich rond de snijder en er ontstaat een afronding aan de bovenkant. Het materiaal zoekt steun op de snijmatrijs en vormt daarbij de zogenaamde drukrand.
- Snijden: Heeft het materiaal zich gezet, dan concentreren de vervormingen zich rond de punt van de snijder. Zolang de vervormingen niet extreem hoog zijn, of er een flinke druk aan de punt heerst, zal het materiaal niet spontaan verder scheuren.
- Breuk: Wordt de vervorming te groot, dan scheurt het materiaal. De scheur loopt weg van de punt van de snijder en/of de rand van de snijmatrijs, onder een hoek afhankelijk van het materiaal.
- Doordrukken: De samenhang met het omliggende materiaal is verbroken en het schrot (of produkt) wordt verder in de snijplaat geschoven. Daarbij ontmoet het het voorgaand schrot.
- Afstropen: Het omliggende materiaal klemt om de snijder als deze uit het gesneden gat wordt teruggetrokken.

Als we de braam willen opmeten, dan kan dit het beste ten opzichte van de drukrand



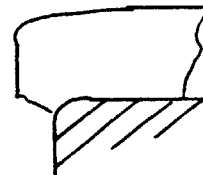
Figuur 7 Braamhoogte h_{br} en onvlakheid van een stampproduct.



Figuur 8 Braamhoogteverloop over de omtrek van een stampproduct.

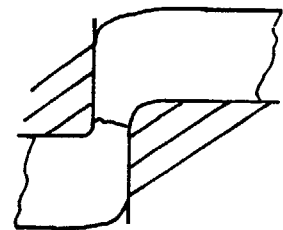
gebeuren; zie figuur 7. Veelal varieert de braamhoogte over de omtrek van het produkt sterk; zie figuur 8

Bij het stampen is het gereedschap nooit oneindig scherp. Op de afronding van de snijkant ontstaat altijd wat braam, zie figuur 9.



Figuur 9 Normale braamvorming bij stampen.

Van wezenlijk belang bij het stampen is de snijspleet. Is deze te groot dan wordt het moment van breuk te lang uitgesteld en wordt het materiaal ver in de snijspleet getrokken, zie figuur 10. Dit heet *smeerbraam*.



Figuur 10 Smeerbraam bij te grote snijspleet.

Is de snijspleet te klein dan ontmoeten de scheur van de onderzijde en de scheur van de bovenzijde elkaar niet, waardoor het materiaal herhaalde malen opnieuw scheurt. De delen die daardoor ontstaan kunnen mee de snijspleet in getrokken worden, waardoor de zogenaamde extrusiebraam ontstaat; zie figuur 11.

Ontbraamtechnieken



Figuur 11 Extrusiebraam bij te kleine snijspleet.

Andere vervelende oorzaken van braamvorming zijn:

- de scherpheid van de snijder: een te grote afronding geeft smeerbraam;
- de scherpheid van de matrijs: een te grote afronding geeft smeerbraam;
- het stapelen in de matrijs, producten op elkaar gestapeld in de snijplaat geven een zo hoge druk dat versmering langs de rand optreedt;
- de druk bij fijnstampen. deze stelt het scheuren uit zodat extrusiebraam ontstaat.

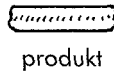
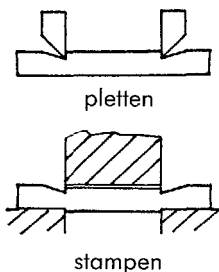
Mits de procescondities goed in de hand gehouden worden kan de braamhoogte van stampproducten tot een minimum beperkt worden. Vaak is uitgesteld onderhoud oorzaak van te hoge braam. Een juiste afweging moet gemaakt worden tussen stampkosten (slijpen van gereedschap, stilstand, slijtage van gereedschap) en ontbraamkosten

Na een slijpbeurt is de braam niet minimaal. De afronding van de snijkanten is zo klein dat scheurvorming te vroeg begint, wat overeenkomt met een te kleine snijspleet. Pas na even inlopen is de braam weer minimaal; zie *figuur 12*.



Figuur 12 Braamhoogte in de tijd na een slijpbeurt van het gereedschap.

Soms kan ook zonder braam gestampt worden:



Figuur 13 Braamloos stampen door eerst voor te pletten.

Door eerst te pletten komt het materiaal niet meer in contact met het snijstempel en scheurt als het ware in zichzelf. Resultaat: geen uitstekende braam; zie *figuur 13*.

Braam bij spuitgieten

Alhoewel er vele giet- en spuitgietmaterialen zijn, wil ik mij hie beperken tot het spuitgieten van kunststoffen:

Afhankelijk van de soort kunststof zijn er verschillende braamproblemen:

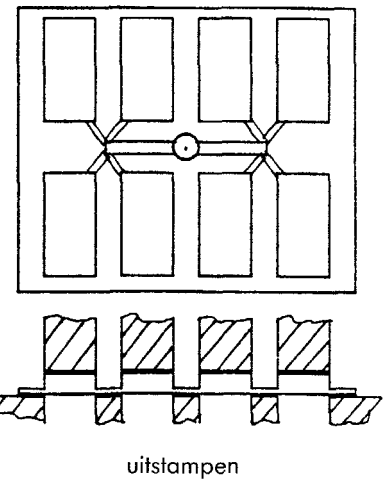
- **Thermoplasten**
Braam ontstaat doordat materiaal tussen de matrijsdelingen vloeit (afkniijvlakken). Vaak kunnen in verband met ontluchting deze naden ook niet geheel dicht zijn. Vooral dun-vloeibare kunststoffen zoals PP en PE hebben veel last van braamvorming. Bekend zijn tegenwoordig de kunststoffen tuinmeubelen, waarvan alleen al de reusachtige afmetingen van de matrijs het moeilijk maken deze producten braamvrij te spuiten. De druk in een spuitmatrijs is ca. 1000 Bar!

Voorkomen van braam is moeilijk, zodat meestal de oplossing wordt gezocht in het tactisch leggen van de deelnaden. zie het voorbeeld "behuizingen" in *figuur 2*.

- **Thermoharders**
Tegenwoordig worden veel thermoharders gespoten, bijvoorbeeld het freem van het CD-loopwerk, het deksel van een wasmachine, IC-verpakking. Tijdens de uithardingsreactie zijn deze materialen even waterdun, wat altijd braam geeft. Verder zijn de matrijzen verwarmd tot ca 300 °C, hetgeen aanzienlijke maatveranderingen van het gereedschap met zich meebrengt. De kunststof kan gevuld zijn met bijvoorbeeld glas of kwarts, wat een hoge matrijsslijtage met zich mee brengt. Kortom, bij het spuiten van thermoharders moet je altijd ontbramen

Het verwijderen van de vliedunne braam is niet altijd even gemakkelijk. Bij het omspuiten van kleine condensatoren voor de coax-antenne-ingang wordt de

braam bewust wat dikker gemaakt, zodat door middel van een eenvoudige stampbewerking de produkten van de braam gescheiden kunnen worden; zie *figuur 14*



Figuur 14 Een stevige braam maakt ontbramen door een stampbewerking mogelijk.

Ontbramen: onderzoek aan conventionele processen

Ontbramen gebeurt meestal op conventionele wijze: trommelen, borstelen, inlopen, etc.. Van deze processen is nauwelijks bekend hoe ze werken. Neem nu eens trommelen: in een grote bak met driekante steentjes of staalpropjes, al dan niet onder toevoeging van water, hoetsen en knotsen bijvoorbeeld nauwkeurig gestampte onderdelen over elkaar.

Het ontbraameffect kan het gevolg zijn van mechanische vermoeiing van de bramen, slijpende werking van de steentjes of mogelijk chemische inwerking onder mechanische belasting (Van glas is bijvoorbeeld bekend, dat de zuurgraad tijdens het leppen sterk de afnamesnelheid beïnvloedt).

Op het eerste gezicht lijken ontbraamprocessen processen zonder kop of staart. Toch laten ontbraamprocessen zich verbeteren door middel van de volgende pragmatische aanpak:

Definitie van braam:
Hoe triviaal het ook mag zijn, meestal ontbreekt het aan een eenduidige definitie van een grootheid voor braam. In samenwerking met de klant moet een meetbare grootheid voor braam vastgelegd worden, anders kan er ook niet geoptimaliseerd worden.

Invloedsfactoren:

Veel factoren kunnen invloed op het proces hebben. Nemen we alle mogelijke factoren mee in een proef, dan wordt de omvang van proef te groot. De kunst is het die factoren te vinden die werkelijk relevant zijn, wat kan met de techniek van dimensie-analyse. Kort beschreven gaat dit als volgt in zijn werk:

Een fysisch verschijnsel

↓
Welke fysische grootheden hebben mogelijk invloed daarop

↓
Deze invloedsfactoren ordenen tot dimensieloze kentallen

↓
Meten van de gevoeligheid van het verschijnsel voor verandering van de kentallen

↓
Resultaat: mathematisch model van het verschijnsel.

Bijvoorbeeld:

Het te onderzoeken probleem is welke minimale ruwheid haalbaar is met een bepaalde korrelgrootte bij trommelen

<i>Invloedsfactoren:</i>	<i>symbool</i>	<i>dimensie</i>
ruwheid van de braam	Ra	(L)

korrel diameter	d	(L)
% lepkorrels in de vloeistof	v	(-)
snelheid (omw/sec x diameter)	s	(L/T)
procestijd	t	(T)

Voor de eenvoud worden materiaalvariaties niet meegenomen.

Door de ruwheid direct te koppelen aan de korrelgrootte vinden we meteen de dimensieloze uitgangsgrootheid: $[Ra/d]$. Door de eis dat de beschrijving dimensieloze kentallen moet bevatten, ontstaat o.a de oplossing:

$$[Ra/d] = [v]^{f1} \cdot [s.t/d]^{f2} \cdot c$$

$f1$ en $f2$ zijn te bepalen door metingen; c is een constante. Aan het tweede kental is te zien dat sneller draaien of een kortere procestijd hetzelfde resultaat geeft.

Deze methode is bedoeld om snel tot resultaat te komen. Als een fundamentele invloedsfactor is vergeten, dan wordt geen goed verband tussen kentallen en uitgangsgrootheid gevonden. Voor verdere details van deze methode, zie collegedictaten TU Delft IO 27 en IO 99 van Prof Ir F. Doorschot.

Resultaten:

- Met een dergelijk eenvoudig opgesteld onderzoek is nagegaan hoe het ontbramen van scheerhoofden zo snel

mogelijk gedaan kon worden. Geheel tegen de verwachting in bleek het gebruik van slechts een lage concentratie slijpmiddel het beste resultaat te geven.

- Een soortgelijk onderzoek wees uit dat bij het leppen van glas juist de zuurgraad in belangrijke mate de snelheid van het proces beïnvloedt.

Samenvatting

Braam is een schadelijk en negatief bijproduct van mechanische bewerkingen, niet alleen in functioneel en visueel opzicht, maar ook omdat het vervuילend kan werken op verdere stappen in het fabricageproces

Aan de hand van een overzicht van diverse mechanische bewerkingen en de voorbeelden, is getracht duidelijk te maken dat voorkomen van braam vaak mogelijk is.

Als braam in het vormgevingsproces onvermijdelijk is, dan zijn er constructiemogelijkheden om de negatieve effecten te vermijden

Is ontbramen nodig, dan loont zich een onderzoek naar de effectiviteit van het ontbraamproces. Het blijkt dat de conventionele processen nog vele kansen bevatten.

Groen laserlicht, een nieuw record

En halfgeleiderlaser die groen licht uitstraalt met een golflengte van 555nm, dat is het jongste record op het gebied van kortgolvlige halfgeleider-lasers door medewerkers van het Philips Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven.

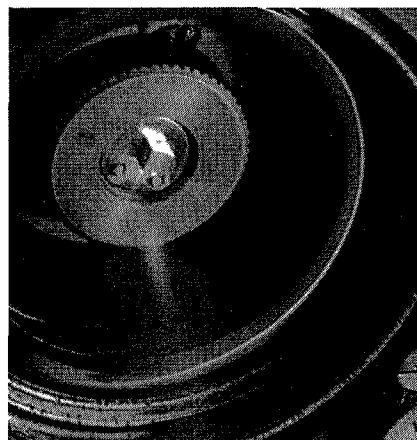
De actieve laag van de laser bestaat uit 16 nauwkeurig vlakke en even dikke laagjes, elk ca. een nanometer (d.i. een miljoenste millimeter) dik, van een verbinding van indium, gallium en fosfor, die gescheiden worden door dunne lagen waaraan bovendien nog aluminium is toegevoegd. Deze structuur is nauw verwant met die van de lichtrode laser (golflengte 633nm) waarover eerder dit jaar werd bericht; alleen zijn nu de laagjes nog veel dunner.

De vervaardiging van de nieuwe laser werd mogelijk door de steeds voortgaande verbetering en beheersing van de

techniek om uiterst dunne lagen met nauwkeurig bepaalde dikte en een goed beheerste samenstelling vanuit de gasfase neer te slaan op een geschikte ondergrond (de z.g. organo-metaal-gasfase-epitaxie ofwel OMVPE).

De groene laser levert een continu vermogen van 3 mW en heeft een differentie efficiency van 0,4 mw/mA. Zij werkt, in tegenstelling tot de lichtrode, uitsluitend bij temperaturen die ver onder kamertemperatuur liggen. Het laserlicht vertoont de genoemde groene kleur bij koelen tot de temperatuur van vloeibare stikstof. Bij iets hogere temperaturen verschuift de kleur in de richting van het geelgroen. Het feit dat koeling noodzakelijk is, maakt dat de groene laser vooralsnog alleen toepassing zal vinden voor specialistisch wetenschappelijke doeleinden. De mogelijkheid om door wijzigen van de werk-

temperatuur de golflengte van het uitgezonden licht te beïnvloeden, maakt dat zij daarvoor ook bijzonder aantrekkelijk is



De groene laser, gezien door het venster van de thermisch isolerende vacuümomhulling.