

OORSPRONKELIJKE BIJDAGEN.

EEN GIETFOUT EN HAAR OORZAAK ¹⁾

DOOR

B. R. BAKKER.

(Mededeeling IV uit het Laboratorium voor Materia Technica.)

Reeds een paar jaren geleden vroeg iemand in het Tijdschrift voor Tandheelkunde: »Waarom krijg ik bij de aanzetplaats van de stift aan de inlay altijd gaatjes in het metaal?«

Deze vraag werd indertijd op een niet afdoende wijze beantwoord. Naar de oorzaak of oorzaken van die fout ben ik zoo af en toe blijven zoeken en ik meen nu eenige inlichtingen te kunnen geven over wat althans mede oorzaak kan zijn.

Ik hoop, dat U mij ten goede wilt duiden, indien ik U den gedachtengang, die tot de kern der kwestie moet leiden, ietwat uitvoerig meedeel. Laat mij de nogal eens voorkomende bewering, dat men hier met een »luchtbel« te doen zou hebben onmiddellijk tegenspreken. Deze bewering is niet vol te houden, zonder dat men aantoot waarom bij de meeste uiteenlopende gietmethodes toch steeds op die plek een gat is te vinden. Of men giet met centrifugaalkracht, onder stoomdruk of uit de vrije hand, en vooral ook al giet men in een vrij poreuze massa, desnoods voorzien van luchtkanaaltjes, steeds zou onder bepaalde voorwaarden een kleine hoeveelheid lucht opgesloten moeten zijn in het smeltsel en als »bel« juist bij de aanzetplaats der stift een evenwichtstoestand gevonden hebben. Blijkt dit gat door een kanaaltje in verbinding te staan met de ruimte buiten de inlay, dan wil men daarin den weg zien, waar

¹⁾ Als voordracht gehouden in Febr. en Maart voor de Vereeniging van Ned. Tandartsen en voor het Ned. Tandheelkundig Genootschap.

langs de samengeperste lucht nog op het laatste oogenblik ontsnapt is. Een feit, dat integendeel de buitenlucht nog net door dat kanaal is binnengedrongen in een ruimte, die de tendenz bezit luchtledig te zijn. Ons zal blijken, dat in het vloeibare metaal een dergelijke ruimte niet voorkomt, maar dat zij tijdens het stollen ontstaat.

Om dit in te zien, moeten wij ons eenige oogenblikken met het stollingsproces zelf bezig houden. Ik mag bij U bekend achten, dat metalen in vasten vorm kristallijn zijn. Dit is niet een uitzondering, b.v. ontstaan door oververhitten of door anderen oorzaak zooals verouderde techniekboeken dit soms nog willen, maar vast metaal komt uitsluitend in den kristallijnen toestand voor (fig. 1).

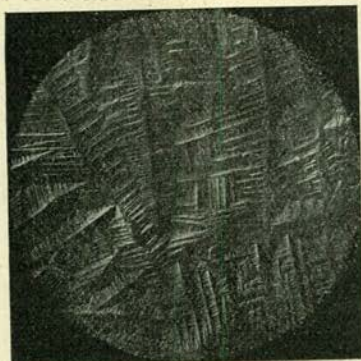


Fig. 1. Oppervlak van een stuk antimonium.

De kristallijne structuur vormt zich bij het overgaan uit den vloeibaren in den vasten toestand van uit kristallisatiecentra, de z.g.n. »kernen«. Het aantal der kernen is het grootst in de onmiddellijke omgeving van het smeltpunt. De snelheid, waarmee vanuit deze kernen de kristallen uitschieten bereikt eveneens bij het smeltpunt haar maximum. Reeds spoedig zullen dus de verschillende kristal-massa's elkaar raken, elkaars groei in enkele richtingen beletten, in andere nog vrij laten en tenslotte samengroeien tot een compact geheel.

Fig. 2 geeft van dit kristallisatieproces een schematische voorstelling; fig. 3, in aansluiting hierbij, een microfoto van een stuk metaal. ¹⁾

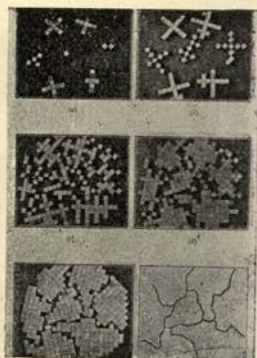


Fig. 2.



Fig. 3.

Het is U duidelijk, dat de snelheid van afkoeling een overwegende invloed moet hebben op het aantal kernen en daarmee op de grofheid of fijnheid van korrel van het gestolde stuk metaal. Vlug afkoelen geeft als regel een fijne korrel, langzaam afkoelen een grove korrel. Nu is een grove korrel vrijwel altijd identiek met minderwaardig materiaal; hoe fijner de korrel, des te beter, bij eenzelfde stof, de kwaliteit.

Deze wet is zoo door en door bekend in de industrieele gieterij, dat er niet aan te tornen valt. In het voorbijgaan, alhoewel naast het onderwerp staande, meende ik deze opmerking even te moeten plaatsen om U tevens de microfoto's van een vlug en een langzaam gekoeld stuk van hetzelfde metaal te toonen (fig. 4 en 5).

Bij den overgang van vloeibaar in vast veranderen tal van eigenschappen eener stof discontinu, o.a. de dichtheid, het soortelijk gewicht, het soortelijk volume. Van een gegeven

¹⁾ Fig. 2 is ontleend aan Rosenhain: Introduction to physical Metallurgy; fig. 3 aan Guertler: Metallographie.

hoeveelheid stof zal dus na stolling het volume een ander zijn dan daarvóór en wel zal het voor zoover we over metalen of legeringen spreken steeds kleiner zijn; m. a. w. metaal krimpt bij stolling. ¹⁾

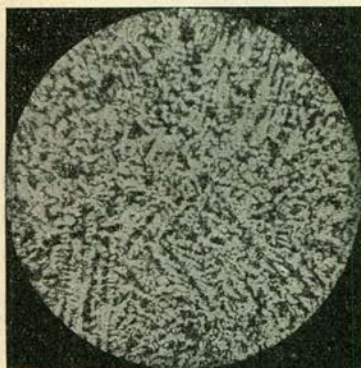


Fig. 4.

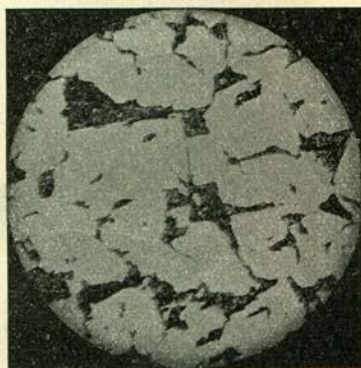


Fig. 5.

Eenige bekendheid met de litteratuur over de technologie van het gieten doet nu al vrij gauw de veronderstelling geboren worden, dat het gat, naar welks oorzaak onze collega vroeg, aan dit krimpen geweten moet worden. Mocht dit ook nu reeds ieder Uwer aannemelijk voorkomen, dan blijft het toch wenschelijk de voorwaarden, waaronder het krimp gat juist dáár ontstaat, iets nader te bestudeeren.

Denken wij ons een bekervorm, die vol gesmolten metaal gegoten wordt.

Na verlies van een zekere warmtehoeveelheid, zal de stolling aan de wanden van den beker beginnen. Een laag vast metaal zal zich derhalve hier afzetten. De overgang van vast in vloeibaar was evenwel van krimpung vergezeld. Voor het vormen van een bepaald aantal $c.M^3$. vast metaal is dus een hooger aantal $c.M^3$. vloeibaar metaal noodig geweest. De rest der vloeibare massa is hierdoor niet meer toereikend om den beker tot den rand te vullen. De vloeibare

¹⁾ Bismuth vormt eene uitzondering.

stofspiegel zal dus iets gezakt zijn. Dit zakken herhaalt zich bij het stollen van een tweede, van een derde en van elke volgende laag tot alle metaal is vastgeworden. Aldus schematisch gedacht is dit proces in de eerste vijf afbeeldingen van fig. 6 voorgesteld. Maar natuurlijk zijn in werkelijkheid de trappen in dit schema, dus de dikte der opeenvolgende lagen, oneindig klein.



Fig. 6.

Aldus ontstaat, zooals deze in afb. 6 van fig. 6 is geteekend, de krimptrechter. De vorm van dezen krimptrechter wordt blijkbaar bepaald door de koelvormwaarden in den gietvorm. Langs den wand van het vat stolt de eerste laag van het smeltsel en langs den trechterwand het laatste laagje. Tusschen deze beide wanden is tijdens de stolling een serie vlakken te denken, die elk in een bepaald stadium de grens tusschen vloeibare en vaste phase aangeven, en dus een temperatuurvlak vormen. In doorsneeteekening vinden we deze vlakken als lijnen terug, waar wij ze isothermen zullen noemen. Op den vorm dezer isothermen kunnen we door locale afkoeling of verwarming van het smeltsel elke gewenschte invloed uitoefenen. Zoo is het mogelijk een vlakken trechter te verkrijgen door afkoeling van het bovenvlak tegen te gaan, b.v. door afsluiten van de lucht met een laag heet zand of door verwarmen met de fletcher-blaaspijp. Een diepere trechter zal ontstaan bij het gieten in een heeten zandvorm.

Bij sterkere afkoeling van het bovenvlak ten opzichte van de rest van het smeltsel kan de trechter worden omgezet in een krimpgat.

Kortom we hebben het in onze macht de isothermen elke gewenschte richting te geven, en dus ook de in het alge-

meen hierop loodrecht op staande, kristallisatierichting te bepalen. Als bewijs hiervoor toon ik U vier gietstukken, zooals ze in de practijk wel niet voor zullen komen, maar juist ter experimenteele bevestiging zijn vervaardigd. Het eene (fig. 7) is normaal. Bij het tweede, (fig. 8) loopen de isothermen (in principe) evenwijdig aan den opstaanden wand van het vat en snijden loodrecht den bodem van het vat; zooals de eigenaardige van boven tot onder doorloopende krimpfunctie doet zien.

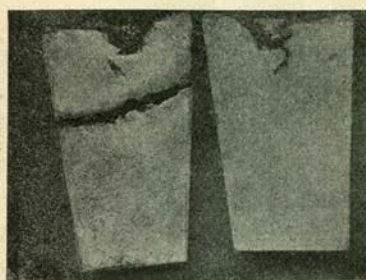


Fig. 7.

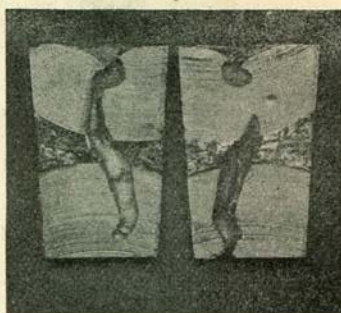


Fig. 8.

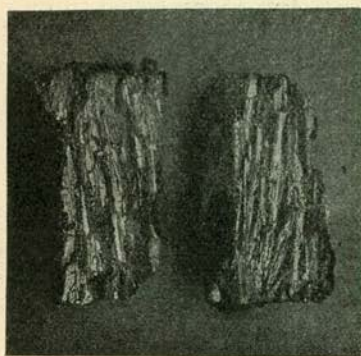


Fig. 9.

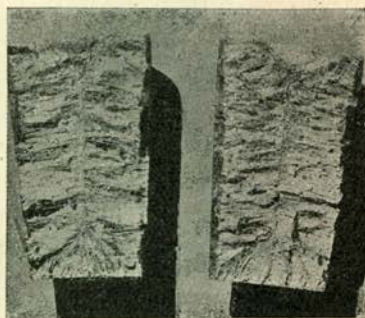


Fig. 10.

Bij het derde (fig. 9) loopen zij daarentegen blijkens de richting der kristallisatie evenwijdig aan het bovenvlak

en snijden den opstaanden wand loodrecht; bij het vierde (fig. 10) loopen de isothermen evenwijdig aan den opstaanden wand en bodemvlak en ontmoeten elkaar onder een hoek van 90° . Op het schijnbare ontbreken van krimp in de beide laatste gevallen, kan hier thans niet worden ingegaan. Het strekke slechts tot een bewijs te meer, dat de koelvoorwaarden van een gietstuk op plaats en vorm van het krimpgat een overwegenden invloed uitoefenen.

Trachten we het bovenstaande nu toe te passen op een gietstuk van meer samengestelden vorm, b.v. een T-stuk. Men kan dan geneigd zijn, bij een poging tot constructie der isothermen, de eersten hiervan evenwijdig aan den vormwand te trekken. Bij eenig nadenken is evenwel duidelijk, dat het smeltsel zich niet overal onder dezelfde koelvoorwaarden bevindt. Het gesmolten metaal staat warmte af aan het vormmateriaal en dus zal het gedeelte hiervan in den hoek tusschen de beide armen van het T-stuk meer calorieen opnemen dan de rest van den vorm. Dit heeft een afwijking der isothermen van de richting evenwijdig aan den vormwand tengevolge. In het gietstuk zal het substraat van deze afwijking teruggevonden worden in de plaats, waar het smeltsel het langst vloeibaar blijft.

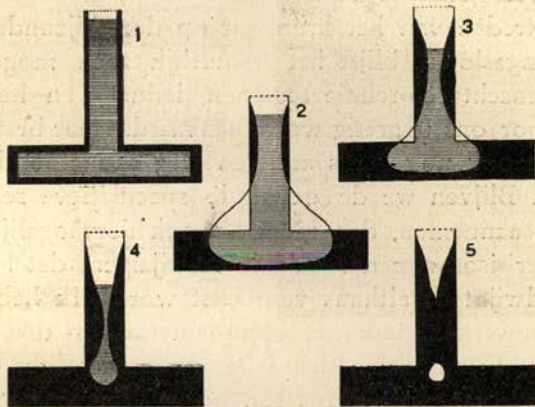


Fig 11.

Als de stolling haar einde nadert zal men met de basis naar de inspringende hoeken van het gietstuk nog twee vloeibare kegels aantreffen, aan welker gemeenschappelijk toppunt men ten slotte het krimpgat moet vinden. Den gang van het stollingsproces, zooals dit volgens mijn veronderstelling zal moeten plaats hebben, geeft fig. 11 weer. Is deze veronderstelling juist, dan moet zij door het experiment bevestigd worden. Inderdaad blijkt nu, dat bij de aanzetplaats der beide armen van het T-stuk steeds een krimpgat ontstaat. (fig. 12).

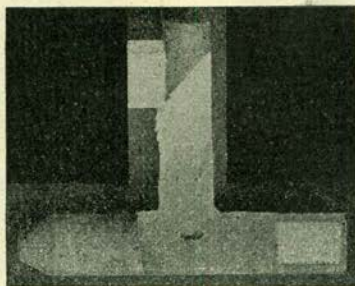


Fig. 12.

Hoewel gedachte aan »toeval« hier, door het bij elk stuk optreden van het krimpgat op deze bijzondere plaats, is buitengesloten, blijft het natuurlijk toch mogelijk, dat de gewenschte co-relatie tusschen deductie en het experiment door ons te gretig wordt aanvaard. Haar bestaan moet derhalve ook nog langs anderen weg aangetoond kunnen worden. Blijven we de gevolgde speculatieve redeneering als juist aannemen, dan moet het ook hier mogelijk zijn den loop der isothermen zoodanig te wijzigen, dat het krimpgat verdwijnt of althans verplaatst wordt. Ik heb getracht dit te bewerken door het vormmateriaal in den hoek tusschen de beide armen der T te vervangen door een beter geleidende stof, om aldus een opeenhooping van warmte, en daarmee het »uitbuigen« der isothermen tegen te gaan.

Hiertoe koos ik »radiatoren« van gietijzer, die op de in fig. 13 geteekende wijze werden geplaatst. Zijn deze radiatoren goed gekozen, d. w. z. correspondeert hun warmte distribueerend vermogen met de overige condities van het gietwerk, dan gelukt het een T stuk zonder krimp gat te gieten (fig. 14).

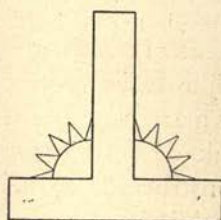


Fig. 13.

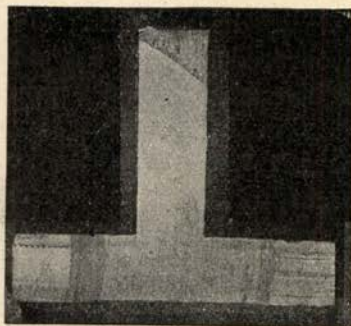


Fig. 14.

Gesteund door deze uitkomst, komt het mij niet te gewaagd voor een stap verder te doen en te zeggen, dat wij bij inlays met precies hetzelfde verschijnsel hebben te maken. We zullen ons hierbij den loop der isothermen en de stolling moeten denken, zooals deze in de onderste reeks van fig. 15 zijn weergegeven. Natuurlijk dient men in het oog te houden, dat een dergelijke figuur in vrij sterken graad schematisch is. Overigens spreekt ze voor zichzelf. Bij het gieten in een niet te warmen vorm zal eerst een laagje metaal stollen. Dit laagje verdwijnt weer ten deele door het surplus van warmte, dat in het smeltsel aanwezig is en hierin technisch noodzakelijk aanwezig moet zijn om te kunnen gieten. Het vormmateriaal, dat tusschen de beide groote hoeveelheden smeltsel ligt, neemt mede van dit surplus op en de isothermen loopen tijdelijk dóór dit materiaal. Vervolgens naderen de isothermen echter elkaar meer en meer tot zij eindelijk het eerst in den gietloop samenvallen.

De gietloop is dus gestold terwijl in den trechter en ook in de inlay nog smeltsel aanwezig is. Bij stolling van dit laatste kan de vrije ruimte, die tengevolge van de krimpung ontstaat niet meer uit den trechter worden aangevuld en een krimp gat is het ongewenschte resultaat.

Is dit nu de aetiologie van het gebrek en zou hiermee de vraag, die aanleiding tot ons onderzoek was, zijn beantwoord, dan blijft het toch zeker wenschelijk den weg naar beterschap aan te geven. Men zal dezen weer moeten zoeken in het veranderen van den isothermenloop, dus door het veranderen der koelvoorwaarden. Ik heb niet getracht dit door radiatoren of dergelijke te bewerken, omdat mij dit niet practisch voorkomt, maar meende in een anderen vorm van het geheele gietstuk de verbetering te kunnen vinden. Aan de teekentafel construeerde ik dus den loop van een stel isothermen, waarbij in de inlay géén krimp gat zou behoeven op te treden, maar waarbij dit geheel naar den trechter werd verlengd. Deze constructie deed de serie figuren in de bovenste rij van de fig. 15 ontstaan. Zooals men ziet bestaat het verschil tusschen de beide gietvormen hierin, dat de bovenste vorm een tweemaal zoo kort en tweemaal zoo dik gietkanaal bezit als de onderste.

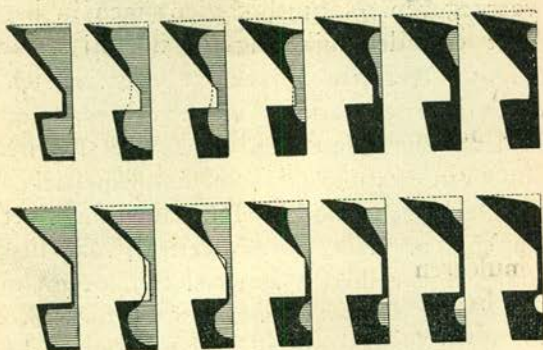


Fig. 15.

Het wilde dus schijnen alsof de fout in kwestie

ontstond bij het gebruik van een betrekkelijk lange dunne stift en te vermijden zou zijn door een korte dikke stift te nemen. Natuurlijk moest dit geprobeerd worden. Om voldoende materiaal voor vergelijking te krijgen werden dubbel-series van inlays gegoten. Elke serie bestaat uit zes inlays, die onderling alleen in grootte verschillen. In de serie zelf is de gietloop altijd even breed en lang, terwijl ook de trechter zooveel mogelijk op constante grootte wordt gehouden. Daarentegen is in de eerste serie, evenals bij de geconstrueerde figuren, de gietloop tweemaal zoo breed en tweemaal zoo kort als in de andere serie. Den uitslag van deze proeven toont U fig. 16. Met een lange dunne stift is ook in de kleinste inlay een krimp gat ontstaan. Bij de wijdere en kortere gietkanalen treedt dit pas bij de grootere inlays op.

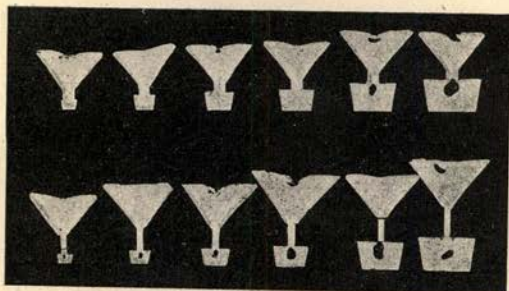


Fig. 16.

De gietmethode, d. w. z. met of zonder toepassing van druk, bleek naar zeer talrijke experimenten ons leerden, hierop geen invloed uit te oefenen.

Wij meenen derhalve ons resultaat ten slotte aldus te mogen formuleeren:

indien bij het gieten van inlays metalen of legeringen worden gebruikt, die bij den overgang vloeibaar vast krimpen, is het ontstaan van een krimp gat bij de aanzetplaats der stift te wijten aan eene mal-proporctie tusschen den vorm van het gietkanaal en het volume van de vulling.