

(Uit het Laboratorium voor Materia Technica.)

HET GIETEN VAN METALEN MODELLEN UIT EEN OOGPUNT VAN MATERIAAL-TECHNIEK.

DOOR

B. R. BAKKER.

I.

In het volgende denken wij eerst enkele algemeene opmerkingen te maken over smelten en stollen in verband met de tandheekkundige practijk. Weliswaar zal het den physisch en chemisch geschoolden lezer weinig nieuws brengen en zullen wij genoodzaakt zijn bij herhaling de aandacht op een enkel feit te vestigen, waarop ook vroeger door ons wel eens werd gewezen, toch wil het ons voorkomen, dat een korte samenvatting over dit onderwerp, als inleiding, haar nut kan hebben.

Smelten. Om een stof te doen smelten is een zekere hoeveelheid warmte noodig. Het aantal calorieën, dat vereischt wordt om één gram eener stof zonder temperatuursverhooging van den kristallijnen in den vloeistofoestand te doen overgaan, noemt men de smeltingswarmte dier stof.¹⁾ Ook is echter eene hoeveelheid warmte noodig om vanaf de kamertemperatuur de te smelten stof tot op het smeltpunt te verwarmen. Het aantal calorieën, dat noodig is om één gram eener stof van t° tot $(t + 1)^{\circ}$ te verwarmen noemt men hare warmte-capaciteit. Voor een bepaalde stof zij de smeltingswarmte x cal., het smeltpunt y° , en de warmtecapaciteit z cal., dan is de hoeveelheid warmte noodig om 1 gram te smelten $z \cdot y + x$ cal. Voor 1 K.G. wordt deze hoeveelheid natuurlijk $z \cdot y + z$ Cal. Men

¹⁾ Kramers: Leerboek der algemeene scheikunde.

noemt dit de totale smeltingswarmte der stof. In de tandheelkundige techniek, wordt aan deze grootheid wel eens te weinig de aandacht geschonken en te uitsluitend gelet op het smeltpunt. Onderstaand lijstje illustreert dit.¹⁾

	Smeltpunt.	Warmte- capaciteit.	Smelte- warmte.	Totale smelte- warmte.
aluminium	657	0,21	101,4	239,4
bismuth	267	0,03	12,6	10,4
cadmium	320	0,06	13,7	32,9
lood	327	0,03	5,9	15,7
platina	1779	0,03	27,2	80,57
tin	231	0,06	14,-	27,8
zilver	962	0,06	21,1	78,8
zink	419	0,10	28,1	70,—

Kon men warmte-verlies door straling e.d. voorkomen, dan zou dus het smelten van 1 K.G. platina slechts ongeveer $\frac{1}{3}$ van de hoeveelheid warmte eischen, die voor het smelten van 1 K.G. aluminium noodig is en niet veel meer dan men voor 1 K.G. zink behoeft. Vergelijking met de andere cijfers, doet gemakkelijk zien wáárom in ons laboratorium aluminium en zink betrekkelijk zoo »lastig« smelten.

Stollen. De metalen in vasten vorm zijn, zooals bekend, kristallijn, voor zoover wij afzien van den onder zeer bijzondere omstandigheden optredenden colloïdalen en van den nog hypothetischen amorphen toestand.

De kristallijne toestand ontstaat bij den overgang van den vloeibaren in den vasten vorm vanuit bepaalde kristallisatie-centra. Het aantal dezer centra is het grootst in de onmiddellijke omgeving van het smeltpunt. De snelheid, waarmee vanuit de centra verschillende kristalarmen uit-

¹⁾ Landolt-Bornstein.

groeien bereikt eveneens bij het smeltpunt haar maximum. Om de kristallisatiecentra zullen zich dus al naarmate eene hoeveelheid metaal snel of langzaam afkoelt van af een temperatuur veel of weinig boven het smeltpunt zich kleinere of grootere kristalconglomeraten vormen. Hunne afmetingen zullen n.l. afhangen van het aantal kernen, dat zich heeft kunnen vormen en van den tijd, die verloopt voor zij door samenstooten elkanders groei beletten. De uitgestrektheid van elk dezer conglomeraten is dus later de maat voor de grofheid of fijnheid van »korrel« van het metaal. Zij beheerscht daarmee ook het uiterlijk eener metaalbreuk.¹⁾ Nu is een grove breuk vrijwel altijd identiek met minderwaardig materiaal; hoe fijner de korrel, bij eenzelfde stof, des te beter de mechanische qualiteit. Om deze reden zou het dus raadzaam zijn een gietstuk zoo snel mogelijk af te koelen.

Krimpen. Het volume van de gewichtseenheid eener stof is afhankelijk van druk en temperatuur. Bij metalen in vasten, zoowel als in vloeibaren toestand, mag de door den druk uitgeoefenden invloed worden verwaarloosd en hebben wij dus uitsluitend met de temperatuur rekening te houden. Ook geldt in het algemeen, dat met het stijgen der temperatuur het volume toeneemt. Is deze stijging niet te aanzienlijk en blijft de stof in denzelfden aggregaattoestand, dan kunnen we aannemen, dat de toename in volume recht evenredig is aan de stijging der temperatuur, terwijl ook omgekeerd aan daling van temperatuur eene daaraan recht evenredige vermindering van volume verbonden is. De lineaire uitzettingscoëfficiënt α voor een temperatuurgebied van 0° tot t° is dan $\frac{L_t - L_0}{L_0 \times t}$, waarin L_t en L_0 de lengten van het lichaam bij t° en bij 0° voorstellen. Noemen we V_t het volume bij t° en V_0 het volume

¹⁾ We zien hierbij natuurlijk voorloopig af van den invloed van »koude rek« op de korrelgrootte.

bij 0° en is V_0 de eenheid van volume dan is voor 1° stijging:

$$\begin{aligned} V_t - V_0 &= (1 + \alpha)^3 - 1 \\ &= 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3. \end{aligned}$$

Omdat α een zeer kleine breuk is mag α^2 en α^3 worden verwaarloosd en als 0 worden beschouwd, zoodat de volume uitzettingscoëfficiënt gelijk is aan driemaal de lineaire. ¹⁾

Anders wordt de zaak, wanneer binnen het te beschouwen temperatuurgebied het lichaam van agregaat-toestand verandert, dus b.v. van vast vloeibaar of van vloeibaar vast wordt. Van de zuivere metalen zal, hoewel de temperatuur gedurende dat proces constant blijft, het volume bij stolling verminderen. Waar we voor een niet te groot temperatuur-interval, het verband tusschen temperatuur en volume van een vast of een vloeibaar lichaam door een dalende rechte lijn voor kunnen stellen, met de temperatuur als ordinaat en het volume als abcis, zal eene verandering in agregaat-toestand zich in deze lijn als een horizontaal gedeelte doen kennen.

Bij de legeringen, enkele bijzondere gevallen uitgezonderd, blijft gedurende de stolling de temperatuur niet constant maar ondervindt de temperatuurdaling slechts eene vertraging. De toch als regel optredende volumevermindering zal zich in de grafiek dus voordoen als eene verkleining der hoek tusschen temperatuur-volume-lijn en abcis. In principe gebeurt dus hetzelfde.

Procentisch is nu deze overgangs-volume-*verandering* aanmerkelijk hooger dan de zoo straks genoemde coëfficiënt.

De lengteverandering ε op de 100 lengte-eenheden gedurende den tijd van het stollingsbegin tot aan het tijdstip, waarop het gietstuk de kamertemperatuur zal hebben aangenomen is een technische grootheid. Men noemt haar de totale krimp-coëfficiënt.

¹⁾ Waar iemand als Weston A. Price deze elementaire waarheden zelfs niet schijnt te kennen, is het herhalen ervan misschien niet ongeoorloofd.

Voor de practijk is ε natuurlijk van veel grooter belang dan α . Zij zal zich bij alle materialen zonder onderscheid doen gelden en wel door het verkleinen der buitenmaten van het gietstuk of door het doen ontstaan der z.g.n. krimptrechters en krimpgaten.

De totale krimpcoëfficiënt zelf is natuurlijk afhankelijk van den aard van het te verwerken materiaal. Of zij in de buitenmaten of in krimpgaten tot uiting zal komen kan voor een groot deel de technicus door keuze van gietvorm enz. bepalen. Over plaats en gedaante der krimpgaten bezochten we voor speciale gevallen reeds vroeger¹⁾. De grootte der krimpgaten kan bij eenzelfde materiaal niet onaanzienlijk worden beïnvloed door het verschil in temperatuur tusschen het gegoten smeltsel en het stolpunt. Uit dit oogpunt is het dus aangewezen de temperatuur van het smeltsel zoo laag mogelijk te houden.

Metten der krimp. In een tweedeelige gietring wordt in Brusselsche aarde tusschen de einden van een zware beugel uit gietijzer een houten staaf gevormd. De einden der beugel zijn nauwkeurig op 100 m.M. parallel aan elkaar afgeslepen. Na het verwijderen van het houten model, het snijden eener wijde toevoertrechter en het zorgvuldig verwijderen van elk los zandkorreltje wordt de ring gesloten.

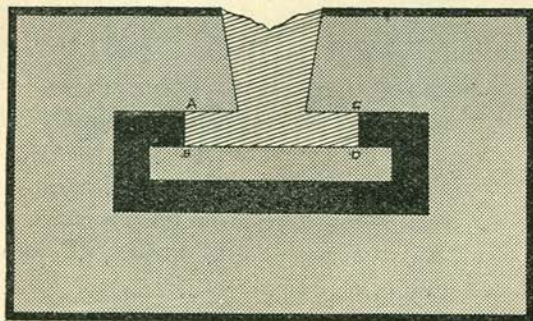


fig. 1.

¹⁾ »Een Gietfout en haar oorzaak« T. v. T. Mrt. 1918.

Aldus ontstaat een holle vorm, waarin de uiteinden a. b. en c. d. op 100 m.M. van elkaar liggen. Het tot vlak boven het smeltpunt verwarmde metaal giet men thans in den kouden vorm. De vorm wordt koud genomen, om de temperatuursinvloeden zoo weinig mogelijk op de 100 m.M. te doen inwerken; de fout, welke hierdoor toch nog ontstaat mag worden verwaarloosd. De krimpptrechter zal in de toevoer worden gelocaliseerd, zoodat de vormverandering der staaf, welke tegenover de toevoer slechts een betrekkelijk klein volume heeft, met voldoende zuiverheid de totale krimpcoëfficiënt zal kunnen aangeven. Na afkoeling wordt met een instrument, dat zoowel voor het opnemen van binnen- als van buitenmaten geschikt is, eerst de beugel op vier plaatsen tusschen a. b. en c. d. gecontroleerd en dan het gietstuk gemeten. Uit het verschil der gemiddelden, in verhouding tot de 100 m.M. is ϵ . vast te stellen.

Voor verschillende materialen nu bedraagt ϵ .

	ϵ .
Lood	1,1
Zink	1,6
Tin	0,44
Aluminium	1,8
Koper	1,30
Bismuth	0,29
Antimoon	0,29
Goud (Price)	3,84
id. (gecorrigeerd)	3,57

Voor legeringen: (in gewichts-procenten)

	Pb.	Sn.	Sb.	Cu.	Ni.	Zn.	
	82	18					0,56
	30	70					0,44
	19	81					0,50
		81	19				0,54
		85	15				0,56
			Nieuw Zilver- groep.	42	16	22	2,02
				57	20	23	2,05
				52	26	22	2,03
				46	36	18	1,93
Babbithgroep.	79		12,5	8,5			0,55
		85	9,5	5			0,51
		90	8	2			0,55
		71	18	9			0,42

Segregatie en homogeniteit. Segregatie (bezinking) is een verschijnsel, dat wij alleen bij legeringen kunnen aantreffen.

Een legering stolt, zooals gezegd, niet op een bepaalde temperatuur maar gedurende een temperatuur-interval. Zij begint te stollen bij het liquidale punt L. en bij het solidale punt S. is de stolling voltooid. Bij L. beginnen zich primair kristallen te vormen, die geheel of voor het grootste deel uit een der componenten bestaan. Zij blijven tot aan het bereiken van het punt S. toenemen in omvang; bij S. stolt dan de rest der legering.

Bij zich vormende mechanische mengsels veranderen de primaire kristallen niet van samenstelling; bij het ontstaan van vaste oplossingen wordt slechts bij uiterst langzame afkoeling gelijke samenstelling van smeltsel en kristallen bereikt. Gedurende een bepaalde periode vinden we dus in de kroes een mengsel van nog vloeibaar smeltsel en nog

vaste kristallen. Is nu het soortelijk gewicht van de eene componente aanzienlijk hooger dan dat van de andere, dan zullen de primair gevormde kristallen, of naar het oppervlak van het smeltsel stijgen of bezinken. Het resultaat is dan een gietstuk, dat niet homogeen is in samenstelling; het zal aan den eenen kant in hoofdzaak uit de componente A, aan den anderen uit de componente B bestaan. Het doel van het legeeren, door »innige vermenging« de eigenschappen der componenten wederzijds te verbeteren, wordt door segregatie dus verijdeld. Vatten we voorloopig alleen de mechanische mengsels in het oog, dan is duidelijk, dat bij een zelfde materiaal de segregatie te sterker zal zijn naarmate men het langer tijd tot koelen laat.

Bij gebruik van legeringen, met neiging tot segregatie is het dus, behoudens contra-indicaties, aangewezen om het koelen zoo snel mogelijk te doen geschieden.

Bij de vorming van vaste oplossingen evenwel zou snel afkoelen slechts tot een onvolkomen evenwicht leiden en in een heterogeniteit tusschen kristallen en moederloog hare uitdrukking vinden. De gewenschte volkomen homogeniteit in deze rubriek van materialen zou bij het verwerken tot plaat of draad blijven ontbreken. Uiterst langzame afkoeling is hier dus gewenscht terwijl de segregatie door voortdurend roeren moet worden tegengegaan.¹⁾

Hardheid. Omdat door snel afkoelen de korrelgrootte gunstig wordt beïnvloed, kan worden verwacht, dat een snel gekoeld materiaal harder zal zijn dan een langzaam gekoeld. Inderdaad blijkt dit, voor zoover de experimenten reiken, ook het geval te zijn.²⁾

¹⁾ Voor de verschillende mogelijkheden bij legering van metalen zie »Mededeeling I van het Lab. v. Materia Technica«. T. v. T. Juni, 15.

²⁾ Heyn und Bauer: Untersuchung über Lagermetalle; Mitt. des Materialprüfungsambtes, Grosz-Lichterfelde.

In hoogere mate dan bij zuivere metalen, en door andere oorzaak mede, is het bij legeringen door snel afkoelen mogelijk eene stijging in de hardheid te verkrijgen. Nadat de fundamenteele onderzoekingen van Kurnakow en Zemczuzny¹⁾ door Glasunow en Matweew²⁾ zijn bevestigd en aangevuld mag wel worden aangenomen, dat het concentratie-temperatuurdiagram ons in staat stelt om met voldoende zekerheid althans globaal aan te geven, wat we van de hardheid eener te maken legering te wachten hebben, als de hardheden harer componenten bekend zijn. Afwijkingen van deze »wetten van Kurnakow« zullen, naar eigen ervaring ons wil doen gelooven, hoofdzakelijk verklaard moeten worden door toestanden van onvolkomen evenwicht. Bij snel koelen zullen onvolkomen evenwichten ontstaan en de samenstelling en aard elker afzonderlijke legering is het, die met de snelheid der afkoeling hoofdzakelijk beslist, welke hare hardheids-eigenschappen zullen zijn bij onvolkomen evenwicht in den vasten toestand.

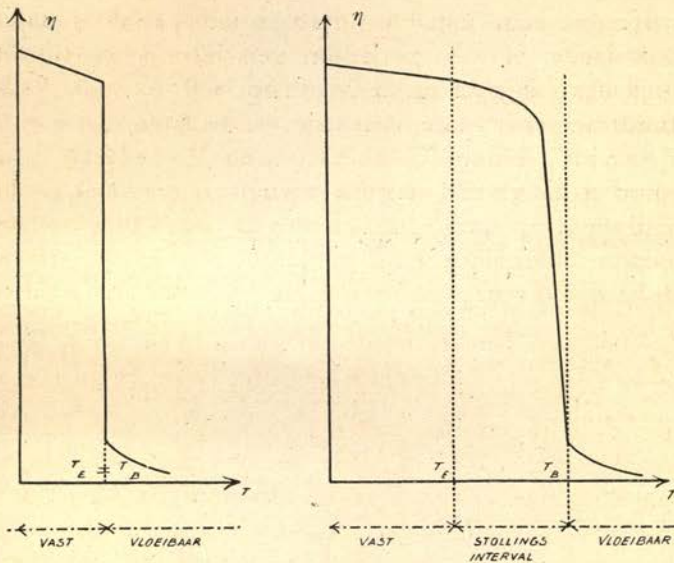
Indien men dus hiermee de hardheid wenscht te beïnvloeden is voor legeringen een algemeene indicatie voor vlug of langzaam afkoelen niet te geven.

Viscositeit. Veel vindt men de meening verbreidt, dat verwarmen nog boven de temperatuur waarop het metaal of legering reeds gesmolten is, de dunvloeibaarheid van het smeltsel ten goede zou komen. Volgens Heyn is de werkelijk relatie tusschen vloeibaarheid en temperatuur wordt in fig. 2 weergegeven.

Uit de figuur blijkt dat men ook bij den vasten toestand van een zekere »vloeibaarheid« zou kunnen spreken. Onder aanzienlijken druk zijn inderdaad de meeste metalen door een nauwe opening te spuiten. De benoodigde druk ver-

¹⁾ Zeitschr. f. Anorg. Chemie, 1907, '08 en '09.

²⁾ Internat. Zeitschr. f. Metallografie, 1913.



η = viscositeit.

T_E = einde der stolling.

T_B = begin der stolling.

fig. 2.

mindert langzaam bij het stijgen der temperatuur. In de tandheelkundige techniek vindt dit metaal-sputten geen toepassing.

Bij het bereiken van het smeltpunt neemt voor een zuiver metaal de vloeibaarheid plotseling aanzienlijk toe. Verhoging der temperatuur boven het smeltpunt heeft evenwel geen noemenswaardigen invloed. Voor legeringen is in de smeltperiode een gradueele vermeerdering van vloeibaarheid te constateeren, veroorzaakt door het langzamerhand smelten van de kristallen met hooger smeltpunt. Na het verdwijnen der laatste vaste bestanddeelen uit het smeltsel, dus bij het passeeren van het liquidale punt, neemt de vloeibaarheid plotseling sterk toe, terwijl sterkere verhoging van temperatuur thans weinig invloed meer heeft.

Latere onderzoekingen van Ragnar Arpi¹⁾ schijnen mij, ondanks het aanmerkelijk verschil in viscositeitscoëfficiënt voor lood op 350 of op 500 C°. b.v., voor de praktijk eveneens de conclusie toe te laten, dat met het oog op de dunvloeibaarheid aanmerkelijke verwarming boven het smeltpunt nutteloos is.²⁾

Samenvatting. Vatten we een en ander samen dan is reeds op grond van bovenstaande opmerkingen te zeggen dat niet steeds algemeen geldende regels voor het smelten van metalen en het afkoelen van gietstukken zijn te geven maar dat in de materieelstechniek, evenals in elke andere wetenschap, ieder geval voor zich zuiver moet worden gesteld, terwijl pas dan behandeling van materiaal of werkstuk kan worden aangegeven.

(*Wordt vervolgd.*)

¹⁾ Intern. Zeitsch. für Metallografie 1913.

²⁾ Zie voor visiositeitsbepalingen verder nog: Koch, Ann. Phys. 1881 **14**, en Fawsitt, Trans. Chem. Soc. 1908, **93**.