

Mededeling 83

DE INVLOED VAN DE WATERKWALITEIT OP DE ONTZINKING  
VAN DUPLEX MESSING

ing. H. van Bruchem  
Vakgroep Distributie  
Nieuwegein, november 1984

<u>INHOUD</u>	<u>Blz.</u>
SUMMARY	3
SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	5
1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek	5
1.2 Toepassing en samenstelling van messing	5
2 MECHANISME VAN ONTZINKING	8
3 FATOREN DIE VAN INVLOED ZIJN OP ONTZINKING	10
3.1 Microstructuur	10
3.2 Watersamenstelling	11
3.3 Temperatuur	13
3.4 Vloeimiddelen	14
3.5 Expositie-omstandigheden	14
4 OPZET VAN HET ONDERZOEK	15
4.1 Selectie watertypen	15
4.2 Uitname van fittingen	16
4.3 Onderzoek van fittingen	16
5 RESULTATEN	17
6 DISCUSSIE	22
6.1 Invloed van microstructuur en relatie met ouderdom	22
6.2 Invloed van het bicarbonaatgehalte	23
6.3 Invloed van het chloridegehalte	24
6.4 Invloed van pH	24
6.5 Ontzinking in relatie tot KIWA-kwali- teitseisen	25

Blz.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

27

Bijlagen 1 tot en met 6

SUMMARY

A number of factors influence the dezincification of brass fittings. The most important of these are: the microstructure of the brass, the waterquality, the temperature of the water, the soldering-fluxes used and the circumstances of exposure. This investigation was carried out to determine the influence of waterquality on dezincification. For this purpose brass fittings from nine distribution areas were examined. Dezincification was found to have occurred in all cases.

The rate of dezincification increases inversely with the percentage of bicarbonate present, and in direct proportion to the chloride percentage.

### SAMENVATTING

Er zijn verschillende factoren die een invloed hebben op de ontzinking van messingfittingen. De belangrijkste hiervan zijn: de microstructuur van het messing, de waterkwaliteit, de temperatuur van het water, de toegepaste vloeimiddelen en de expositieomstandigheden. Dit onderzoek is ingesteld om de invloed van de waterkwaliteit op de ontzinking vast te stellen. Hiertoe zijn fittingen onderzocht uit de voorzieningsgebieden van negen pompstations. Ontzinking blijkt bij alle onderzochte watertypen op te treden. De snelheid van ontzinking neemt toe met een afnemend bicarbonaatgehalte. Ook hoge chloridegehalten doen de ontzinkingssnelheid toenemen.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek

Bij onderzoek met behulp van expositieproeven zijn in het verleden meerdere malen hoge aantastingsnelheden van messing fittingen geconstateerd (1). Dit heeft vragen opgeroepen omtrent de snelheid van aantasting van messingfittingen in huisinstallaties.

Derhalve is de doelstelling van dit onderzoek om vast te stellen in welke mate ontzinking optreedt in praktijksituaties. Tevens is de invloed van de waterkwaliteit op de ontzinking van messing fittingen in relatie tot de materiaalsamenstelling en de ouderdom ervan onderzocht. Ook zijn de mogelijke consequenties voor de KIWA-kwaliteitseisen in beschouwing genomen.

### 1.2 Toepassing en samenstelling van messing

Messing is een koperlegering waarbij zink het belangrijkste legeringsbestanddeel vormt. Tevens bevat de legering enkele procenten lood om de verspaanbaarheid te verbeteren.

Messing wordt in de waterleidingtechniek veel toegepast voor knelfittingen en soldeerfittingen zoals respectievelijk vastgelegd in de KIWA-kwaliteitseisen nr. 50 "Fittingen, koppelingen en onderdelen voor soldeer-en schroefverbindingen" en nr. 67 "Knelfittingen voor verbindingen voor koperen pijpen"\*.

\* Bedoeld zijn respectievelijk de uitgaven van 1978 en 1969. Inmiddels heeft een wijziging van de kwaliteitseisen plaatsgevonden. Het onderzoek zoals in dit rapport beschreven heeft betrekking op materiaal waarvoor de ongewijzigde eisen gelden.

Als mogelijk toepasbare kneedmessinglegeringen\* worden in deze eisen CuZn 39 Pb 2 en CuZn 40 Pb 3 genoemd. De chemische samenstelling van deze legeringen zoals gegeven in NEN 6030, is vermeld in tabel 1.

soort		Cu %	Pb %	verontreinigingen		Zn
				Fe %	andere elementen totaal %	
CuZn 40 Pb 3	max	56,0	2,0	-	-	rest
	min	59,0	3,5	0,35	0,7	
CuZn 39 Pb 2	min	57,0	1,0	-	-	rest
	max	60,0	2,5	0,35	0,7	

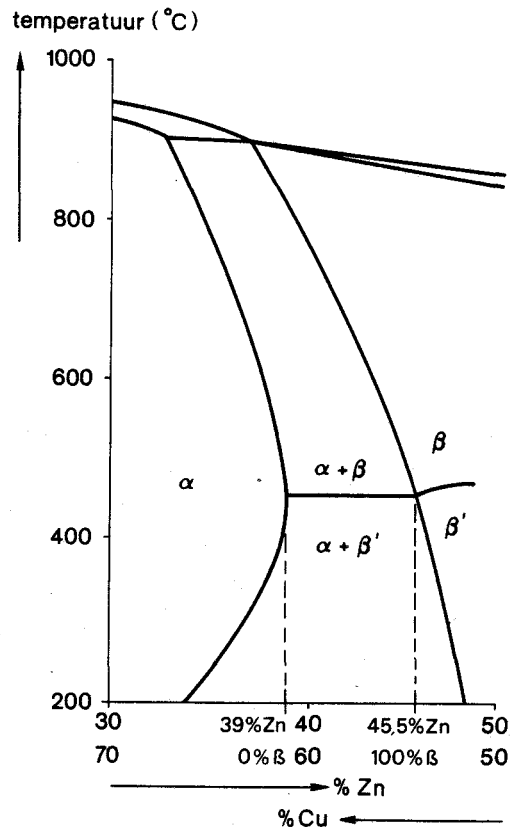
Tabel 1 - Chemische samenstelling van CuZn 40 Pb 3 en CuZn 39 Pb 2

Uit het koper-zink fasendiagram (figuur 1) valt af te leiden dat beide legeringen bestaan uit twee fasen, namelijk de  $\alpha$ -fase met een kubisch vlakken gecenterde-structuur en de  $\beta$ -fase\*\* met een kubisch

\* In de kwaliteitseisen wordt ook gesproken over gietmessinglegeringen. Deze worden echter minder vaak toegepast en ze hebben door andere microstructuur ook een betere corrosiebestendigheid. Gietmessinglegeringen zijn daarom niet in het onderzoek opgenomen.

\*\* Beneden 450 °C moet eigenlijk gesproken worden van  $\beta'$ -fase. Deze verschilt echter maar weinig van de  $\beta$ -fase, zodat voor het gemak steeds de benaming  $\beta$ -fase wordt gebruikt.

ruimtelijk gecenterde-structuur. Vandaar dat de legering ook wel duplex-messing wordt genoemd. Hulpstukken van de genoemde legeringen worden vervaardigd door warmpersen of extruderen (stafmateriaal) gevolgd door een verspanende bewerking.



Figuur 1 - Gedeelte van het koper-zink fasendiagram



MECHANISME VAN ONTZINKING

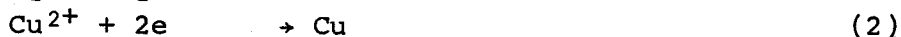
Duplex messing bestaat uit twee fasen die een verschillende corrossiepotentiaal hebben, waarbij die van de  $\beta$ -fase lager is dan die van de  $\alpha$ -fase. In het materiaal duplex messing zijn de  $\alpha$ - en  $\beta$ -fase afwisselend naast elkaar gerangschikt, waardoor de legering als geheel één mengpotentiaal aanneemt. Hierdoor wordt de potentiaal van de  $\beta$ -fase verhoogd, waardoor aan het grensvlak van deze fase met water zich voornamelijk de anodische reacties afspelen. De potentiaal van de  $\alpha$ -fase wordt verlaagd, waardoor bij deze fase voornamelijk de kathodische reacties optreden. Aangezien de anodische reacties het oplossen van het metaal weergeven, wil dit zeggen dat de ontzinking bij voorkeur zal optreden via de  $\beta$ -fase waarbij de  $\alpha$ -fase in eerste instantie onaangetast blijft.

Er bestaan twee theorieën voor het mechanisme van ontzinking.

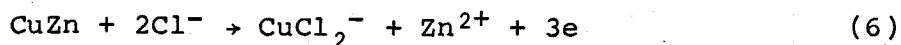
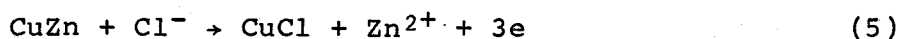
- a. Zink lost selectief op uit het messing.
- b. Zink en koper lossen beiden op; koper slaat daarna neer.

De optredende elektrochemische reacties kunnen de volgende zijn:

kathodische reacties:



anodische reacties:



Reacties (1) + (3) beschrijven mechanisme a en reacties (2) en (4) mechanisme b. Reacties (5) en (6) kunnen eventueel optreden bij de aanwezigheid van chloriden in het water. In het volgende hoofdstuk wordt hier nog verder op ingegaan.

Ontzinking kan zowel laagvormig als plugvormig optreden (figuur 1)



laagvormig



plugvormig

Figuur 2 - Verschijningsvormen van ontzinking

3 FACTOREN DIE VAN INVLOED ZIJN OP ONTZINKING

3.1 Microstructuur

Omdat de ontzinking bij voorkeur via de  $\beta$ -fase verloopt, is de hoedanigheid (met name de vorm, de grootte, de hoeveelheid en de verdeling) van deze fase in de  $\alpha$ -matrix van belang. Deze hoedanigheid van de  $\beta$ -fase is op zijn beurt weer afhankelijk van de volgende factoren:

- produktiewijze (warmpersen of extruderen);
- chemische samenstelling (met name het percentage zink);
- perstemperatuur en -tijd, afkoelingsomstandigheden.

De verdeling en de vorm van de  $\beta$ -fase worden met name beïnvloed door de produktiewijze. In een warmgeperst onderdeel is de verdeling van de  $\beta$ -fase willekeurig, bij een onderdeel vervaardigd uit geëxtrudeerd stafmateriaal is de  $\beta$ -fase langgerekt (zogenaamde stringers) en van elkaar gescheiden door de  $\alpha$ -fase (foto 4, bijlage 1). Deze verdeling is gunstig om ontzinking tegen te gaan (voor zover deze loodrecht op de  $\beta$ -stringers plaatsvindt) omdat de tussenliggende  $\alpha$ -fase als barrière dienst doet.

De hoeveelheid  $\beta$ -fase wordt vooral bepaald door de chemische samenstelling. Uit het koper-zink-fasendiagram (figuur 1) kan worden afgeleid dat een variatie van 1 % in het zinkgehalte correspondeert met een variatie van 15 % in het  $\beta$ -gehalte. Hieruit volgt dat legeringen die qua samenstelling binnen de door NEN 6030 (tabel 1) gestelde grenzen vallen, toch sterk kunnen verschillen in de hoeveelheid  $\beta$ -fase en dus de corrosiebestendigheid.

De hoeveelheid  $\beta$ -fase wordt ook bepaald door de

warmtebehandeling. Uit het koper-zink-fasendiagram (figuur 1) kan afgelezen worden dat bij hoge temperatuur ( $> 450$  °C) de hoeveelheid  $\beta$ -fase toeneemt. De hoeveelheid  $\beta$ -fase die dan gevormd wordt hangt af van de temperatuur en de tijdsduur dat de legering op hoge temperatuur gehouden wordt. Bij afkoeling zal een hoeveelheid  $\beta$  weer omgezet worden in de  $\alpha$ -fase. Deze omzetting verloopt traag. Wordt te snel afgekoeld dan ontstaat een legering die meer  $\beta$ -fase bevat dan bij langzame afkoeling.

Op basis van de in de praktijk waargenomen messing-structuren en met de hiervoor genoemde theorie als achtergrond is een indeling in vier structuurgroepen gemaakt (1) (zie ook foto's 1 tot en met 4, bijlage 1).

- Structuur A - circa 58 % koper  
homogene verdeling van  $\alpha$ - en  $\beta$ -naalden  
verhouding  $\alpha/\beta \approx 50/50$
- Structuur B - circa 60 % koper  
kleine  $\beta$ -eilandjes in de matrix  
verhouding  $\alpha/\beta \approx 85/15$
- Structuur C - circa 59,5 % koper  
iets grotere  $\beta$ -eilandjes in de matrix  
verhouding  $\alpha/\beta \approx 80/20$
- Structuur D - stafstructuur (geëxtrudeerd)  
 $\beta$ -stringers in axiale richting  
verhouding  $\alpha/b \approx 85/15$

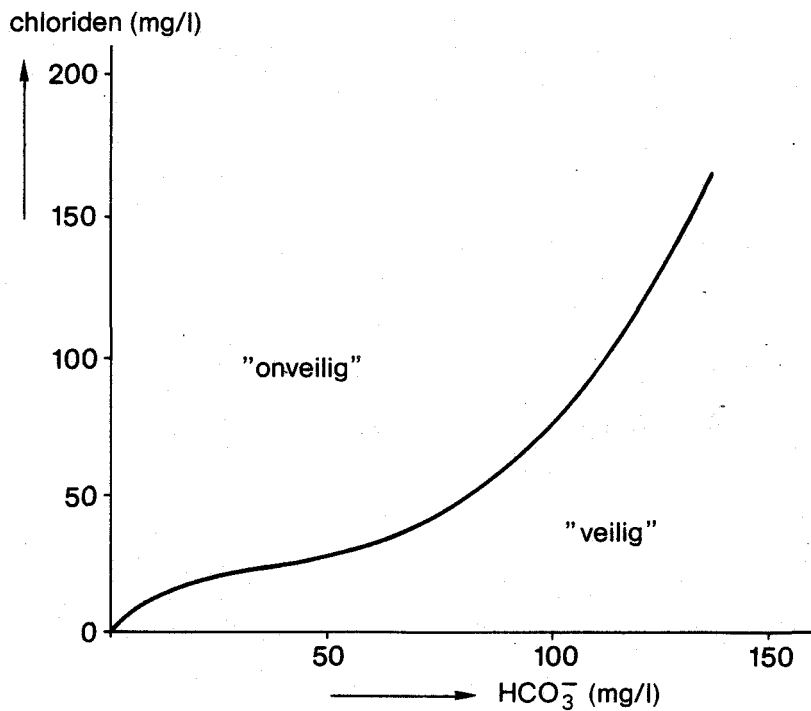
### 3.2

#### Watersamenstelling

Bij de beschouwing van de invloed van de watersamenstelling op de ontzinking van duplex messing

zijn met name het chloridegehalte en het bicarbonaatgehalte van het water van belang (2,3). Hierbij geldt dat een laag bicarbonaatgehalte en een hoog chloridegehalte bevorderend werken op ontzinking. Een hoog chloridegehalte kan de anodische reacties (5) en (6) (Hoofdstuk 2) bevorderen.

Door Turner (2) is een verband gevonden tussen het chloridegehalte, het bicarbonaatgehalte en het optreden van ontzinking (figuur 3). Als belangrijkste beperking van het diagram geldt dat het is gebaseerd op het optreden van volumineuze corrosieproducten (meringue dezincification). Omdat dergelijke corrosieproducten in Nederland slechts in beperkte mate zijn waargenomen, is het de vraag in hoeverre dit diagram ook van toepassing is op de Nederlandse situatie.

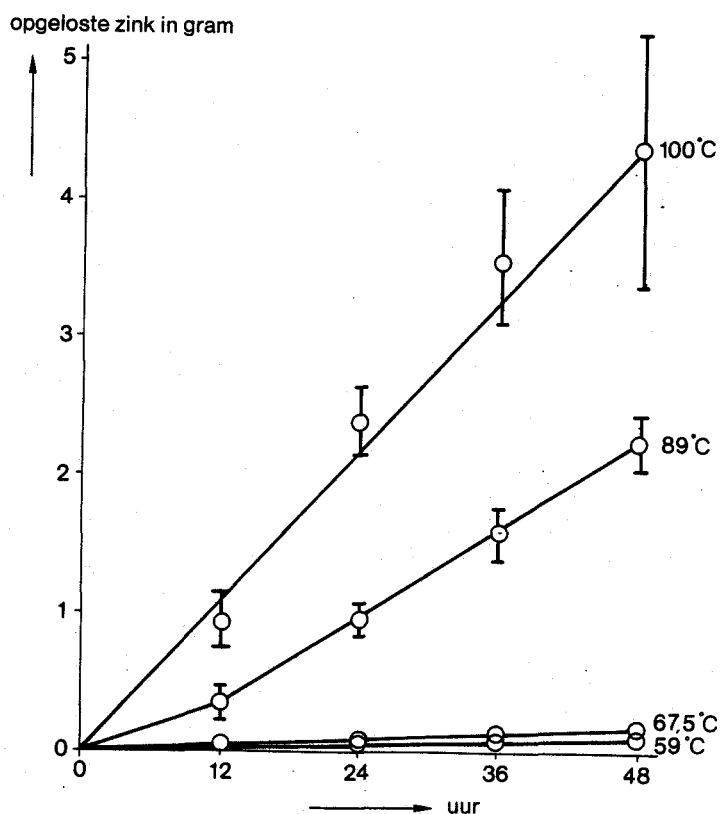


Figuur 3 - Invloed van chloride en bicarbonaatgehalte op de ontzinking van duplex messing (2)

Naast het chloridegehalte en het bicarbonaatgehalte zijn ook het sulfaatgehalte en het nitraatgehalte van invloed. Deze invloed is waarschijnlijk in de meeste gevallen van ondergeschikte betekenis.

### 3.3 Temperatuur

In het algemeen zal een hogere watertemperatuur versnellend werken op de oplossingskinetiek. Als voorbeeld is in figuur 4 de hoeveelheid opgelost zink uit  $\beta$ -messing in 15 % HCl als functie van de temperatuur gegeven (4). Ook bij recent onderzoek met expositie-opstellingen is een grotere aantasting bij warm water geconstateerd.



Figuur 4 - Oplossing van zink uit  $\beta$ -messing in 15 % HCl bij verschillende temperaturen (gemiddelde waarden) (4)

### 3.4 Vloeimiddelen

Van belangrijke invloed op het ontzinkingsgedrag van duplex messing is het solderen met behulp van vloeimiddelen. Hierbij geldt dat agressieve vloeimiddelen de ontzinking aanzienlijk kunnen bevorderen. Indien vloeimiddelen worden toegepast die voldoen aan KIWA-kwaliteitseisen nr. 47 dan zal de agressiviteit laag zijn, waardoor het gevaar voor ontzinking afneemt.

De temperatuur waarbij het solderen plaatsvindt speelt ook een rol, omdat vloeimiddelen bij deze temperatuur kunnen ontleden, waardoor de agressiviteit afneemt.

De mate van ontleding hangt behalve van de temperatuur ook af van de tijdsduur dat deze temperatuur gehandhaafd blijft en van het type vloeimiddel.

### 3.5 Expositie omstandigheden

Hieronder worden diverse factoren verstaan zoals waterverbruik en watersnelheid. Over de invloed van deze factoren is weinig bekend.

4 OPZET VAN HET ONDERZOEK

4.1 Selectie watertypen

Bij het onderzoek is uitgegaan van fittingen die zijn uitgenomen uit de voorzieningsgebieden van geselecteerde pompstations. Bij de selectie is voornamelijk gelet op het chloridegehalte en het bicarbonaatgehalte.

In onderstaande matrix (tabel 2) zijn de geselecteerde watertypen weergegeven.

$\pm$ 150 $\pm$ 50 $\pm$ 25 $\rightarrow$ $\text{Cl}^-$ (mg/l)	niet aanwezig in Nederland	Andijk/Hoorn (PWN)	Katwijk (LDM)
	Weeze (WML)	Beegden (WML)	Druten (WMG)
	Waalwijk	Mondaf (BOZ)	De Dommel/Heer (WML)
	$\pm$ 60	$\pm$ 150	$\pm$ 300
	$\rightarrow$ $\text{HCO}_3^-$ (mg/l)		

Tabel 2 - Matrix van de geselecteerde watertypen

Hieraan toegevoegd is een pompstation met een hoge pH (ps Budel). Het vinden van watertypen met een chloridegehalte van  $\pm$  100 mg/l bleek moeilijkheden op te leveren, vooral bij gelijktijdig lage bicarbonaatgehalten. In bijlage 2 is een compleet overzicht opgenomen van de in het onderzoek betrokken pompstations met de belangrijkste karakteristieken van het gedistribueerde water.



#### 4.2 Uitname van fittingen

De uitname van de fittingen is verzorgd door de betrokken waterleidingbedrijven. De fittingen zijn zoveel mogelijk afkomstig uit binnenhuisinstallaties en van verschillende ouderdom volgens onderstaande indeling.

- |                     |   |                            |
|---------------------|---|----------------------------|
| - circa 2 jaar      | } | voor elke groep ten minste |
| - circa 5 jaar      |   | één fitting uit minimaal   |
| - circa 10 jaar     |   | 5 verschillende binnenin-  |
| - ouder dan 10 jaar |   | stallaties                 |

Zo mogelijk zijn gesoldeerde warmgeperste fittingen uitgenomen omdat deze het meest gevoelig zijn voor ontzinking (zie 3.1 en 3.4).

Naast gegevens over fittingen is ook naar ervaringen met lekkage van messing fittingen gevraagd. Deze gegevens konden vermeld worden op een invulformulier (bijlage 3).

#### 4.3 Onderzoek van fittingen

Van de uitgenomen fittingen werden (indien mogelijk) twee doorsneden gemaakt, een langsdoorsnede en een dwarsdoorsnede. Deze doorsneden werden geprepareerd en metallografisch onderzocht, waarbij de ontzinkingsdiepte en de structuur werden bepaald.

## RESULTATEN

In bijlage 4 zijn de adressen vermeld, waar de fittingen zijn uitgenomen, alsmede de soort fitting, de leeftijd en het fabrikaat (gecodeerd).

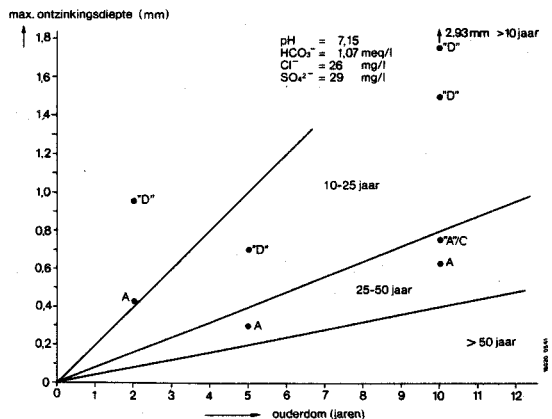
De gemeten maximale ontzinkingdieptes staan vermeld in bijlage 5. Hierin zijn ook de ontzinkingssnelheid (berekend als het quotiënt van de maximale ontzinkingdiepte en ouderdom) en de structuur (zie ook 3.1) vermeld.

In de grafieken 1 tot en met 9 is voor alle onderzochte pompstations de ontzinking weergegeven als functie van de ouderdom van de fittingen. In de grafieken zijn ook de theoretisch berekende lijnen weergegeven die een levensduur van respectievelijk 10, 25 en 50 jaar vertegenwoordigen. Bij de berekening van deze lijnen is uitgegaan van een wanddikte van 2 mm en een constante ontzinkingssnelheid.

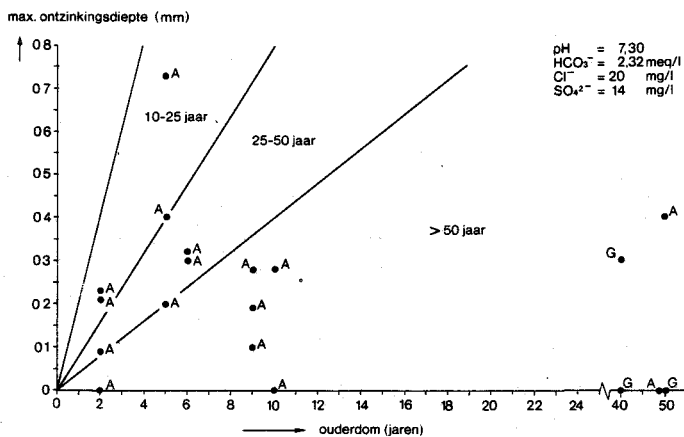
De tijdens het onderzoek waargenomen metaalstructuren waren niet altijd te omschrijven met de code A, B, C of D. Regelmatig werden structuren waargenomen die een tussenvorm waren tussen A en C. Ook werden soms "velden" met twee verschillende structuren waargenomen. In deze gevallen is de structuur met twee letters aangegeven, bijvoorbeeld C/A.

Zuivere D-structuren zijn in dit onderzoek niet aangetroffen. Wel werd bij veel schroefverbindingen een structuur waargenomen die in meerdere of mindere mate een lineair gestrekte oriëntatie bezat, afhankelijk van de mate van rekristallisatie. Dit soort structuren is aangeduid met "D".

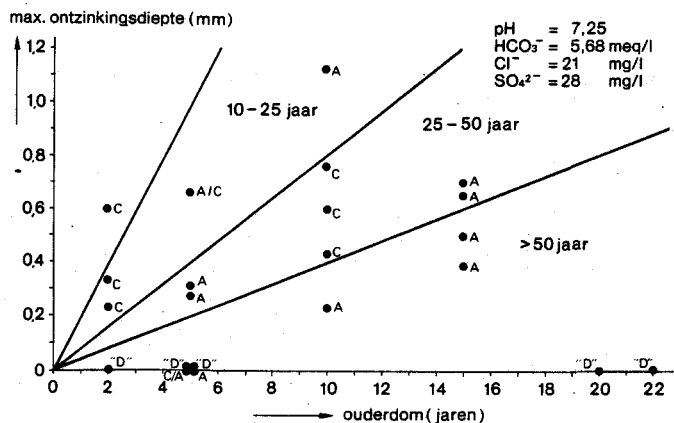
In enkele gevallen zijn gegoten messing onderdelen uitgenomen en onderzocht. De structuur hiervan is aangegeven met G.



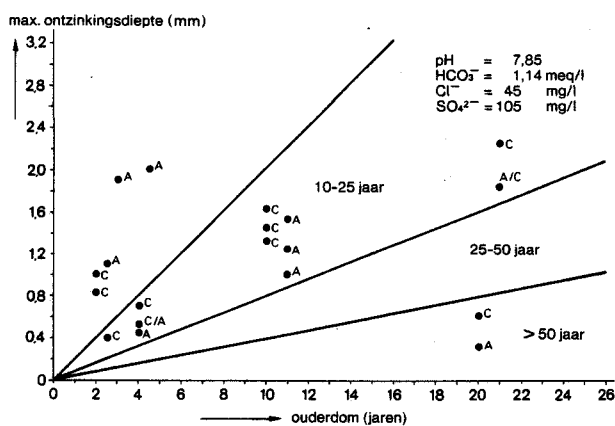
Grafiek 1 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation Waalwijk



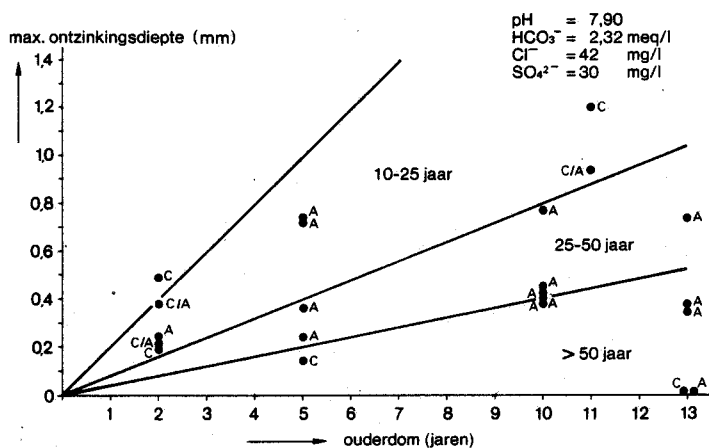
Grafiek 2 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation Mondaf



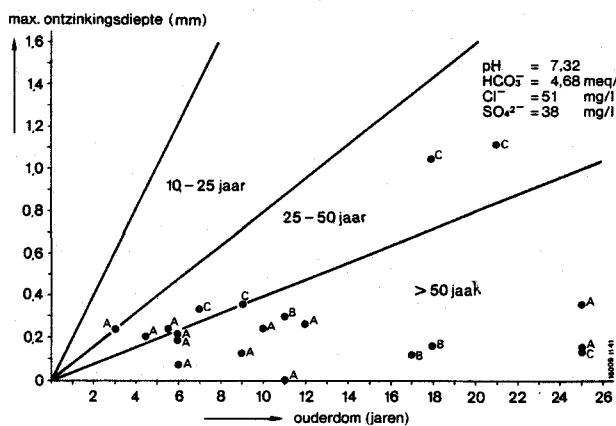
Grafiek 3 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation De Dommel/Heer



Grafiek 4 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation Weeze



Grafiek 5 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation Beegden



Grafiek 6 - Ontzinking van fittingen uit het voorzieningsgebied van pompstation Druten



In bijlage 6 is een overzicht gegeven van enkele bij het onderzoek waargenomen structuren (foto's 5 tot en met 10).

In één geval werd een sterk plugvormige ontzinking waargenomen (foto 11). De oorzaak van deze specifieke ontzinkingsvorm kon niet achterhaald worden.

6 DISCUSSIE

6.1 Invloed van microstructuur en relatie met ouderdom

Uit de grafieken 1 tot en met 9 blijkt dat ontzinking bij alle onderzochte watertypen optreedt, er is echter geen duidelijk verband tussen de gemeten ontzinkingsdiepte en de ouderdom van de fittingen. Er kan ook geen verband vastgesteld worden tussen de mate van ontzinking en de structuur (A, B, C of D) van de fitting.

Kennelijk zijn andere factoren van overwegend belang. Voorbeelden hiervan zijn de meestal niet meer (of slechts gedeeljk) te achterhalen expositieomstandigheden en de aard en de mate van de toegepaste vloeimiddelen. Het is overigens te verwachten dat de ontzinkingssnelheid alleen duidelijk verlaagd wordt als de  $\beta$ -kristallen van elkaar gescheiden zijn door  $\alpha$ -kristallen. Dit treedt op als het  $\beta$ -gehalte zo laag is dat geen gesloten netwerk van deze fase ontstaat ofwel als de  $\beta$ -fase lineair georiënteerd is (D-structuur). Deze kenmerken zijn bij de onderzochte fittingen nauwelijks aangetroffen, hetgeen ook een reden kan zijn voor de afwezigheid van een relatie tussen de metaalstructuur en de ontzinkingssnelheid.

Overigens kan uit de grafieken niet de te verwachten levensduur van fittingen bepaald worden. Een fitting met een grotere wanddikte dan 2 mm zal een grotere levensduur hebben dan met behulp van de lijnen in de grafieken bepaald kan worden. Ook is het de vraag of de ontzinkingssnelheid in werkelijkheid constant is. Tevens hoeft een plaatselijk volledig ontzinkte wanddikte nog niet het eind van de levensduur te betekenen.

## 6.2 Invloed van het bicarbonaatgehalte

Als een vergelijking gemaakt wordt tussen de watertypen met een chloridegehalte van circa 25 mg/l (ps Waalwijk, Mondaf en De Dommel/Heer respectievelijk grafiek 1, 2 en 3) dan blijkt tussen de pompstations De Dommel/Heer en Mondaf (hoog respectievelijk middelmatig  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte) nauwelijks enig verschil tussen het ontzinkingsgedrag van de fittingen. De meeste meetpunten liggen in het gebied > 50 jaar. In de gebieden 20-25 jaar, 10-25 jaar en < 10 jaar neemt het aantal meetpunten af.

Een vergelijking met pompstation Waalwijk is moeilijk vanwege het kleine aantal meetpunten. Het ontbreken van meetpunten in het gebied > 50 jaar zou er op kunnen duiden dat de ontzinkingssnelheden bij dit watertype iets hoger liggen.

Bij beschouwing van de watertypen met een chloridegehalte van circa 50 mg/l (Weeze, Beegden en Druten, respectievelijk grafieken 4, 5 en 6) blijkt dat bij pompstation Druten (hoog  $\text{HCO}_3^-$  gehalte) de meeste meetpunten liggen in het gebied > 50 jaar. Bij pompstation Beegden (middelmatig  $\text{HCO}_3^-$  gehalte) liggen de meeste meetpunten in de gebieden 25-50 jaar en 10-25 jaar, terwijl bij pompstation Weeze de meeste meetpunten liggen in de gebieden 10-25 jaar en < 10 jaar. Bij het laatste pompstation kan mogelijk het hoge sulfaatgehalte ook een rol gespeeld hebben.

Een vergelijking tussen de watertypen met een chloridegehalte van circa 150 mg/l (Andijk/Hoorn en Katwijk respectievelijk grafieken 7 en 8) is moeilijk vanwege het geringe aantal meetpunten van pompstation Andijk/Hoorn. Tevens waren de onder-



zochte fittingen van pompstation Katwijk allemaal schroefverbindingen, waardoor vloeimiddel invloeden geen rol spelen. Desalniettemin lijken de ontzinkingsnelheden niet significant te verschillen.

### 6.3 Invloed van het chloridegehalte

Een vergelijking van de watertypen met een bicarbonaatgehalte van circa 300 mg/l (De Dommel/Heer, Druten en Katwijk, respectievelijk grafieken 3, 6 en 8) leert dat er weinig verschil is tussen de ontzinkingssnelheden van de pompstations De Dommel/Heer en Druten. Er lijkt zelfs een lichte trend te zijn die tegengesteld is aan de voorspelling van het Turner diagram. Bij het hoge chloridegehalte van pompstation Katwijk is er echter wel sprake van hogere ontzinkingsnelheden.

Bij een vergelijking van de watertypen met een bicarbonaatgehalte van circa 150 mg/l (Mondaf, Beegden en Andijk/Hoorn, respectievelijk grafiek 2, 5 en 7) is een toename van de ontzinkingsnelheden waar te nemen bij een toenemend chloridegehalte. Ook bij de watertypen met een bicarbonaatgehalte van circa 60 mg/l (Waalwijk en Weeze, respectievelijk grafiek 1 en 4) lijkt deze trend aanwezig te zijn, alhoewel vergelijking tussen deze pompstations moeilijk is vanwege het geringe aantal meetpunten van pompstation Waalwijk.

### 6.4 Invloed van pH

Het geselecteerde pompstation met hoge pH (Budel, grafiek 9) is wat betreft bicarbonaatgehalte en chloridegehalte met pompstation Mondaf (grafiek 7) te vergelijken. Bij deze vergelijking blijkt dat de

ontzinkingssnelheden bij deze twee pompstations niet veel verschillen.

Als een vergelijking wordt gemaakt tussen twee pompstations met een sterk verschillende pH, bijvoorbeeld pompstations Budel en de Dommel/Heer (grafieken 9 en 3) dan is slechts een gering verschil in ontzinkingssnelheden waar te nemen. Dit verschil is eerder terug te voeren op het verschil in  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte dan op het pH-verschil.

#### 6.5 Ontzinking in relatie tot de KIWA-kwaliteitseisen

Bij messing fittingen die voldoen aan de KIWA-kwaliteitseisen treedt in alle onderzochte watertypen ontzinking op. Gezien de uitkomsten van de enquête ervaren de waterleidingbedrijven echter nauwelijks enige problemen. Hieruit blijkt dat het optreden van ontzinking niet ontoelaatbaar hoeft te zijn. De mate waarin ontzinking optreedt is mede afhankelijk van de waterkwaliteit. Vooral in de watertypen met een laag bicarbonaat en/of een hoog chloridegehalte zijn tamelijk hoge ontzinkingssnelheden geconstateerd. In Nederland wordt op dit moment in toenemende mate (deel)onthard water gedistribueerd. Als gevolg hiervan kan in de toekomst bij meerdere voorzieningsgebieden sprake zijn van hogere ontzinkingssnelheden.

In het kader van de aanpassing van de internationale normalisatie heeft de Kwaliteitseisencommissie Metalen Fittingen de aanpassing met betrekking tot het verminderen van de minimaal toegestane wanddikte voor messingfittingen gevolgd. Dit houdt in dat in sommige gevallen de minimum toegestane wanddikte met 1/3 verminderd wordt. Tegelijkertijd zijn in de nieuwe kwaliteitseisen ook nieuwe messinglegeringen voorgeschreven. (CuZn 39 Pb 3 en CuZn 40 Pb 2 vol-

gens DIN 17660 tabel 2). Deze legeringen zijn wat betreft corrosiebestendigheid gelijkwaardig aan de voorheen voorgeschreven legeringen.

Met andere woorden: de corrosiebestendigheid van de voorgeschreven messinglegeringen blijft gelijk, terwijl de wanddikte verminderd wordt. Hierdoor zal het minder lang duren voordat de gehele wanddikte van een fitting ontzinkt zal zijn. Vooral in voorzieningsgebieden met een ongunstig watertype kan dit in de toekomst mogelijk aanleiding geven tot een verlaging van de levensduur. Hoeveel deze verlaging van de levensduur bedraagt, is van tevoren niet te voorspellen. Eventueel zou hieromtrent in een vervolgonderzoek een beter inzicht verkregen kunnen worden.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- Ontzinking van messing fittingen zoals omschreven in de KIWA-kwaliteitseisen nrs. 50 en 67 treedt op bij alle onderzochte watertypen, dus waarschijnlijk bij alle watertypen in Nederland.
- Er kan geen verband worden vastgesteld tussen de ontzinkingssnelheid en de waargenomen metaalstructuren.
- De waterkwaliteit is één van de belangrijkste factoren voor de mate waarin ontzinking optreedt.
- Een laag bicarbonaatgehalte bevordert ontzinking met name bij chloridegehalten van circa 50 mg/l.
- Een hoog chloridegehalte bevordert ontzinking.
- Er kan geen invloed van de pH vastgesteld worden.
- Op dit moment wordt ontzinking door de waterleidingbedrijven niet als een probleem ervaren. In sommige voorzieningsgebieden treden evenwel tamelijk hoge ontzinkingssnelheden op.
- Gezien de ontwikkelingen met betrekking tot de vermindering van de wanddikte van de fittingen en de ontharding van het gedistribueerde drinkwater kan ontzinking in de toekomst mogelijk wel een probleem gaan vormen. Het verdient daarom aanbeveling om, eventueel na een nader onderzoek, het voorschrijven van een betere messingkwaliteit in de KIWA-kwaliteitseisen te overwegen.

REFERENTIES

1. Hertogh, A.C.M.; Gun, J.G.J. van der, Vreede, P.T.M. de; KIWA-rapport SWE-218, 1979
2. Turner, M.E.D.; Proc. Soc. Wat. Treatm. Exam. 1961, 10, 1962.
3. Lucey, V.F.; Proc. BNF Seminar Dezincification in Brass Fittings for Water Services. Sept. 1973
4. Heidersbach, R.H.; Verink, E.D.; Corrosion, vol. 28, nr. 11, november 1972.

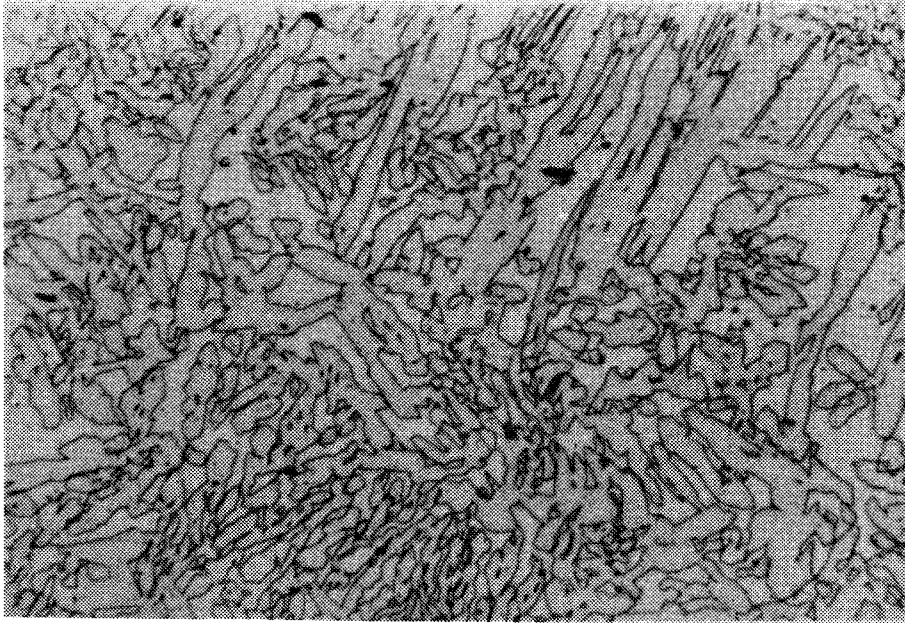


Foto 1 - Structuur A

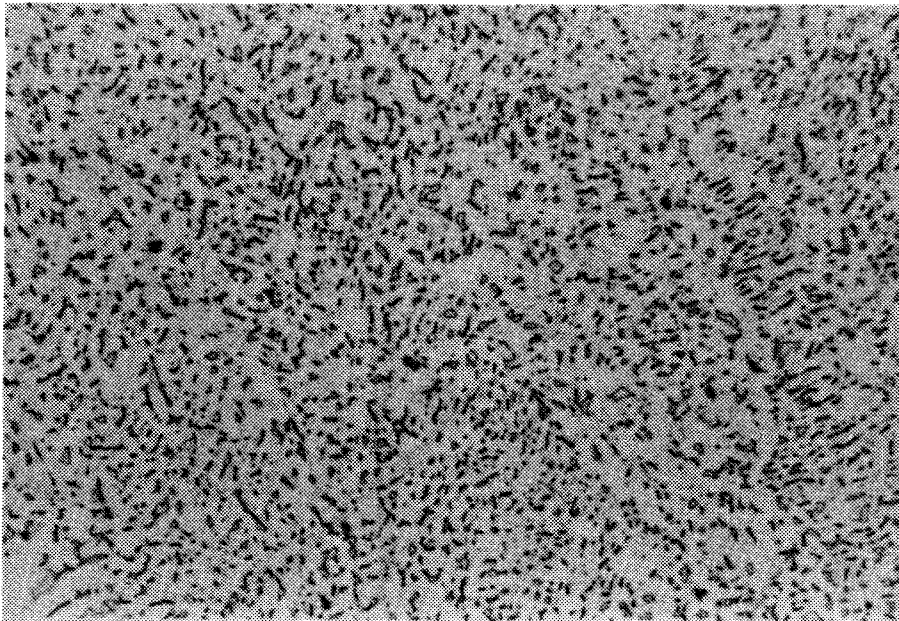


Foto 2 - Structuur B

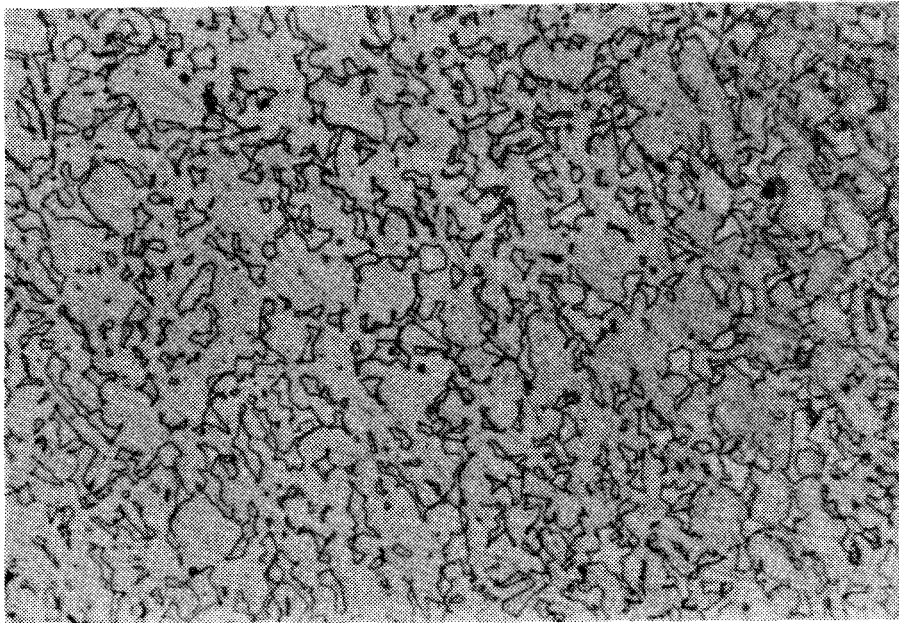


Foto 3 - Structuur C

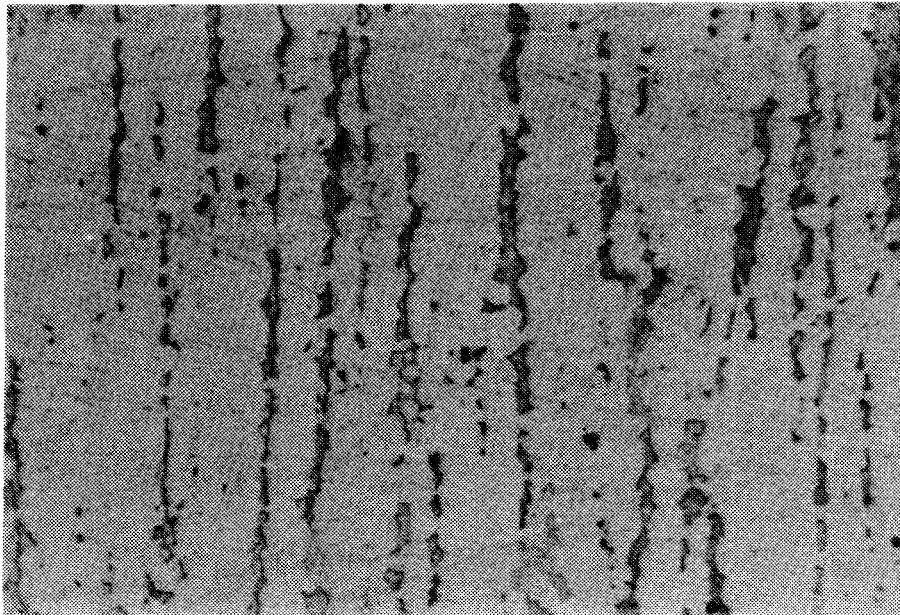


Foto 4 - Structuur D

Pompstation	Bedrijf	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	pH
Andijk/ Hoorn	Provinciaal Waterleiding- bedrijf van Noord-Holland	176	127	130	7,70
Katwijk	Leidsche Duinwater Maatschappij N.V.	140	253	100	7,54
Weeze	N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg	45	70	105	7,85
Beegden	N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg	40	150	30	7,90
De Dommel/ Heer	N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg	22	350	26	7,35
Druten	N.V. Waterleiding Maatschappij Gelderland	51	285	38	7,32
Waalwijk	Gemeente Licht- en Waterbedrijven Waalwijk	26	65	29	7,15
Mondaf	Gemeentebedrijven Bergen op Zoom	20	142	14	7,30
Budel	N.V. Waterleiding- maatschappij Oost-Brabant	20	137	24	8,65

Overzicht van de bij het onderzoek betrokken pompstations





Beschrijving van de onderzochte fittingen

Pompstation Druten (WMG)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	3	a	T-stuk	Hoogstuk 11	Druten
2	4½	g	T-stuk	Hoogstuk 4	Druten
3	5½	a	T-stuk	Korte Akker 5	Druten
4	6	a	T-stuk	Korte Akker 63	Druten
5	6	a	T-stuk	Korte Akker 47	Druten
6	6	a	T-stuk	Korte Akker 45	Druten
7	7	a	T-stuk	Korte Akker 10	Druten
8	9	d	T-stuk	Gerechtstraat 11	Druten
9	9	d	T-stuk	Gerechtstraat 3	Druten
10	10	a	T-stuk	P. Heinstraat 1	Druten
11	11	c	T-stuk	Gerechtstraat 26	Druten
12	11	b	T-stuk	Gerechtstraat 22	Druten
13	12	c	T-stuk	Gerechtstraat 50	Druten
14	17	c	T-stuk	P. Heinstraat 13	Druten
15	18	c	T-stuk	P. Heinstraat 9	Druten
16	18	c	T-stuk	P. Heinstraat 30	Druten
17	21	d	T-stuk	P. Heinstraat 3	Druten
18	25	d	T-stuk	Hoogstuk 15	Druten
19	25	c	T-stuk	Hoogstuk 13	Druten
20	25	d	T-stuk	Hoogstuk 3	Druten

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterinstallaties (uitgezonderd fitting nr. 19). In alle gevallen werd vermeld dat met tin gesoldeerd is (bedoeld werd soldeertin). De vloeimiddelen waren niet bekend. In één geval was de installateur nog bekend. De vraag naar lekkages werd steeds beantwoord met "niet bekend". Bij fitting nr. 19 was er sprake van warm water.

Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Andijk/Hoorn (PWN)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	a	T-stuk	Koolmees 9	Hoorn
2	2	a	T-stuk	Koolmees 15	Hoorn
3	5	-	aansluitstuk (T)	Houtzaagmolen 208	Hoorn
4	5	-	aansluitstuk (T)	Houtzaagmolen 211	Hoorn
5	10	a	T-stuk	Lijndraaier 138	Hoorn
6	10	b	T-stuk (verloop)	Lijndraaier 139	Hoorn
7	15	c	T-stuk	Steenbokstraat 17	Hoorn
8	17	c	T-stuk	Saturnushof 31	Hoorn

Het betreft hier allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterleidingen. In alle gevallen was de installateur bekend. De toegepaste soldeerlegeringen en vloeimiddelen zijn echter niet bekend. Volgens informatie van PWN zijn er geen problemen met lekkende of wit uitgeslagen fittingen. (Wit uitgeslagen fittingen kunnen duiden op lekkage.)

Pompstation Waalwijk

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	b	T-stuk	Willaertpark 11	Waalwijk
2	2	a	schroefkoppeling	Kloosterweg 29	Waalwijk
3	± 5	c	T-stuk	Ph. Nicolaistraat 18	Waalwijk
4	± 5	-	koppelstuk	Besoyensestraat 109	Waalwijk
5	±10	-	knie	Abeelstraat 8	Waalwijk
6	±10	-	koppelstuk	Stein Streuvelstraat 29	Waalwijk
7	>10	-	koppelstuk	Stein Streuvelstraat 31	Waalwijk
8	>10	-	aansluitstuk*	Antoniusstraat 28	Waalwijk
9	±10	-	koppelstuk	Nolenslaan 62	Waalwijk

\* op loden leiding

Het betreft hier allemaal zachtgesoldeerde fittingen in koudwaterleidingen. Soldeerlegeringen, vloeimiddelen en installateurs zijn niet meer bekend. Ook over lekkages of wit uitgeslagen was niets bekend.

Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Leidsche Duinwaterleiding Maatschappij

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	1	-	schroefkoppeling	Kempenaarstraat 1	Oegstgeest
2	2	-	schroefkoppeling	Pr. Beatrixlaan 21	Oegstgeest
3	2	-	schroefkoppeling	Transvaalkade 7a	Leiden
4	2	-	schroefkoppeling	Beekforel 27	Leiden
5	3	-	schroefkoppeling	Jan Poetsplein 8	Leiden
6	5	-	schroefkoppeling	Pr. Beatrixlaan 1	Oegstgeest
7	5	-	schroefkoppeling	Laan van Asenstein	Oegstgeest
8	5	-	schroefkoppeling	Parkzicht 50	Leiden
9	± 5	-	schroefkoppeling	Gruttohoek 9	Leiden
10	8	-	schroefkoppeling	Sandtlaan woonschip Unose	Katwijk
11	10	-	schroefkoppeling	Broekweg 34	Valkenburg
12	10	-	schroefkoppeling	Louise de Coligny laan 9	Oegstgeest
13	10	-	schroefkoppeling	Oudenhoflaan 18	Oegstgeest
14	10	-	schroefkoppeling	Albert Verweystraat 8	Katwijk
15	10	-	schroefkoppeling	Sitterlaan 103	Leiden
16	10	-	schroefkoppeling	Dijkstraat 34	Leiden
17	>10	-	schroefkoppeling	Sandtlaan Woonschip Oase	Leiden
18	± 20	c	kraan	Morsstraat 133	Leiden
19	25	-	schroefkoppeling	Jozef Heydenlaan 45	Leiden
20	30	-	schroefkoppeling	Warmonderweg 2	Leiden
21	± 30	-	schroefkoppeling	Albert Verweystraat 3	Leiden
22	70	-	kraan	Rijndijk 62	Leiden

Het betreft allemaal schroefverbindingen uit dienstleidingen. De vraag naar lekkages (zie invulformulier bijlage 6) werd tweemaal met nee beantwoord en 20 maal niet ingevuld. Bij fitting nr. 9 werd vermeld dat het ging om warm water. Dit is echter twijfelachtig, omdat de fitting afkomstig was uit een meterput.

Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Dommel/Heer (WML)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	f	knie	Rossierstraat 30	Eysden
2	2	d	knie	Haagdoorn 12	Heer-Maastricht
3	2	f	T-stuk	Smissenhaag 70	De Heeg-Maastricht
4	2	d	sok	Welsdaal 14	De Heeg-Maastricht
5	5	a	sok	Brikkenhoven 14	Gronsveld
6	5	a	sok	Aalkeborg 2	De Heeg-Maastricht
7	5	d	T-stuk	Gloriëtstraat 36	Gronsveld
8	5	d	knie	Brikkenhoven 9	Gronsveld
9	5	a	knie	Achter de Haven 61	Omby-Maastricht
10	5	d	knie	Plataanhaven 36	Omby-Maastricht
11	5	a	T-stuk	Belkenborg 26	De Heeg-Maastricht
12	10	a	knie	Enmastraat 14	Eysden
13	10	a	knie	Proost Bonenstraat 11	Heer-Maastricht
14	10	d	T-stuk	Enmastraat 39	Eysden
15	10	d	knie	Hole Gracht 1	Gronsveld
16	10	a	T-stuk	Proost Bovenstraat 4	Maastricht
17	15	c	knie	Hoogstraat 9	Eysden
18	15	b	T-stuk	Enmastraat 8	Eysden
19	15	b	knie	Kampweg 9	Gronsveld
20	15	a	T-stuk	De Boumanstraat 11	Gronsveld
21	20	e	verloopstuk	Niels Borghstraat 1	Heer-Maastricht
22	22	a	verloopstuk	Niels Borghstraat 20	Heer-Maastricht

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterinstallaties met uitzondering van fitting nr. 4. Het betreft hier waarschijnlijk een vergissing, omdat deze fitting met soldeertin 50/50 gesoldeerd was. Alle overige fittingen waren ook gesoldeerd met soldeertin 50/50. De vloeimiddelen waren niet meer bekend. In acht gevallen was de installateur bekend. Bij fitting nr. 13 is er sprake van waterbehandeling. In 19 gevallen werd de vraag naar lekkages met "nee" beantwoord. In drie gevallen (nrs. 8, 15 en 16) werd "ja" geantwoord. Het ging dan om wit uitgeslagen fittingen.

Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Beegden (WML)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	d	knie	Genoehoflaan 61	Heel
2	2	d	knie	Genoehoflaan 63	Heel
3	2	d	knie	Genoehoflaan 53	Heel
4	2	d	knie	Genoehoflaan 67	Heel
5	2	d	knie	Genoehoflaan 55	Heel
6	5	b	knie	Scheepenbank 21	Haelen
7	5	d	sok	Frisostraat 1	Grathem
8	5	b	knie	Frisostraat 6	Grathem
9	5	d	sok	Frisostraat 11	Grathem
10	5	a	knie	Frisostraat 18	Grathem
11	10	b	knie	Abdisstraat 1	Baexem
12	10	b	knie	Abdisstraat 5	Baexem
13	10	b	knie	Abdisstraat 7	Baexem
14	10	a	knie	Abdisstraat 11	Baexem
15	10	b	knie	Abdisstraat 15	Baexem
16	11	-	sok	Graaf van Hornestraat 6	Grathem
17	11	a	knie	Limburgseweg 6	Grathem
18	13	b	knie	Hussenberg 26	Horn
19	13	a	knie	Hussenberg 40	Horn
20	13	e	knie	Hussenberg 46	Horn
21	13	a	knie	Ridderstraat 1	Baexem
22	13	a	sok	Ridderstraat 5	Baexem

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterinstallaties. De vragen over toegepaste soldeermaterialen, installateurs en over ervaringen met lekkages waren niet ingevuld.

## Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

## Pompstation Weeze (WML)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	d	knie	Verlengde Boterdijk 3	Siebengewald
2	2	-	sok	Boterdijk 47	Siebengewald
3	2½	f	knie	Anemonenstraat 6	Siebengewald
4	2½	a	dop	Ottenkamp 4a	Siebengewald
5	3	f	knie	Anemonenstraat 2	Siebengewald
6	4	d	knie	Verlengde Boterdijk 5	Siebengewald
7	4	h	knie	Verlengde Boterdijk 7	Siebengewald
8	4	a	sok	Verlengde Boterdijk 1	Siebengewald
9	4½	d	knie	Nieuweweg 57	Siebengewald
10	10	d	T-stuk	Nieuweweg 29	Siebengewald
11	10	d	knie	Tulpenstraat 4	Siebengewald
12	10	d	knie	Koekoek 14	Siebengewald
13	11	a	knie	Panneweg 5	Siebengewald
14	11	d	dop	Panneweg 11	Siebengewald
15	11	a	knie	Kleine Horsterweg 2	Siebengewald
16	20	-	sok	Nieuweweg 40	Siebengewald
17	20	a	dop	Nieuweweg 44	Siebengewald
18	21	d	T-stuk	Nieuweweg 45	Siebengewald
19	21	-	dop	Nieuweweg 49	Siebengewald

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterinstallaties. Gegevens over soldeerlegeringen, vloeimiddelen en installateurs waren niet bekend. Ook de vraag naar lekkages was niet ingevuld.

Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Budel (WOB)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	d	T-stuk	Slepke 2	Budel
2	2	d	T-stuk	Maarhezerweg 40	Budel
3	3	d	T-stuk	Maarhezerweg 39	Budel
4	3	b	T-stuk	Ruilverkavelingsweg 20	Budel
5	3	a	T-stuk	Groot Schoterweg 5	Budel
6	4	e	T-stuk	Heipolderstraat 2	Heeze
7	4	b	knie	Mercuriplein	Heeze
8	5	d	T-stuk	Sepulehrstraat 171	Budel
9	5	e	T-stuk	Havenweg 4	Budel
10	±5	-	T-stuk	Boszicht 222	Budel
11	5	d	T-stuk	Hoofdstraat 74	Budel
12	6	d	T-stuk	Bergbesweg 36	Budel
13	6	-	T-stuk	't Roetje 9	Budel
14	9	d	T-stuk	Bosch 16	Budel
15	9	d	knie	Wollenhoekstraat 6a	Budel
16	12	d	T-stuk	Meidoornstraat 38	Budel
17	12	c	T-stuk	Houtstraat 8	Budel
18	20	c	T-stuk	Burg. v. Gennekenstraat 9	Budel
19	25	-	T-stuk	Heiligstraatje 10	Budel
20	25	c	T-stuk	Pat. Verbrakelstraat 5	Budel

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen in koudwaterinstallaties met uitzondering van fittingen nrs. 9 en 20. Deze fittingen zijn volgens informatie van WOB hardgesoldeerd maar dit is twijfelachtig omdat tevens vermeld is dat met een vloeimiddel in pastavorm gewerkt is. Dit was ook bij de overige fittingen vermeld. De toegepaste soldeerlegeringen waren niet vermeld. In 4 gevallen was de installateur bekend. De vraag naar lekkages werd steeds met "niet bekend" beantwoord.



Beschrijving van de onderzochte fittingen (vervolg)

Pompstation Mondaf (BOZ)

fitting nr.	ouderdom (jaren)	fabri- kaat	soort fitting	adres	plaats
1	2	a	T-stuk	Fred Maystraat 17	Bergen op Zoom
2	2	a	T-stuk	Fred Maystraat 3	Bergen op Zoom
3	2	d	T-stuk	Burg. Wittelaan (school)	Bergen op Zoom
4	2	a	T-stuk	Melanendreef 16	Bergen op Zoom
5	5	a	T-stuk	Engelsestraat 31	Bergen op Zoom
6	5	e	knie	Röntgenstraat 4	Bergen op Zoom
7	5	a	T-stuk	Bredasestraat 14	Bergen op Zoom
8	6	a	T-stuk	Past. Jutenlaan 46	Bergen op Zoom
9	6	a	T-stuk	Past. Jutenlaan 38	Bergen op Zoom
10	9	a	T-stuk	Heiningen 683 (flat)	Bergen op Zoom
11	9	a	T-stuk	Vlekkestraat 9 (slaapkamer)	Bergen op Zoom
12	9	a	T-stuk	Vlekkestraat 9 (meterkast)	Bergen op Zoom
13	±10	a	knie	Past. Jutenlaan 64	Bergen op Zoom
14	10	c	T-stuk	Röntgenstraat 4	Bergen op Zoom
15	40	-	kraan	Blauwe Handstraat 4	Bergen op Zoom
16	±40	-		Oude Huybergsebaan 211	Bergen op Zoom
17	50	-	T-stuk	Blauwe Handstraat 7-7A	Bergen op Zoom
18	50	-	kraan	Engelsestraat 31	Bergen op Zoom
19	±50	-	verbindings- stuk	Blauwe Handstraat 5	Bergen op Zoom

Het betreft allemaal zachtgesoldeerde verbindingen die met uitzondering van fitting nr. 6 afkomstig zijn uit koudwaterinstallaties. De toegepaste soldeerlegeringen waren niet bekend maar in drie gevallen waren de vloeimiddelen bekend. In 13 gevallen was de installateur bekend. Op de vraag naar lekkages werd 15 maal met "niet bekend" geantwoord en drie maal met "nee".

pompstation				structuur				structuur
	nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)		nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)	
Katwijk	1	0,20	0,20	"D"	12	1,27	0,13	C
	2	0,59	0,30	C/"D"	13	1,17	0,12	A
	3	0,45	0,23	A/"D"	14	0,26	0,03	"D"
	4	0,25	0,13	A/"D"	15	0,51	0,05	C/"D"
	5	0,34	0,11	A/"D"	16	1,31	0,13	C/"D"
	6	0,16	0,03	C/"D"	17	0,52	0,05	"D"
	7	0,37	0,07	A/"D"	18	0,72	0,04	G
	8	0,29	0,06	C/"D"	19	0,62	0,02	"D" (foto 7)
	9	0,57	0,11	"D"	20	1,47	0,05	A (foto 8)
	10	0,27	0,03	A/"D"	21	2,30	0,08	C
	11	1,81	0,18	"D"	22	1,63	0,02	G
Waalwijk	1	0,43	0,22	A	6	1,5	0,15	"D"
	2	0,95	0,48	"D"	7	2,93	0,29	"D"
	3	0,3	0,06	A	8	-	-	brons
	4	0,7	0,14	"D"	9	0,75	0,08	A/C (foto 6)
	5	0,63	0,06	A				
Andijk/ Hoorn	1	0,36	0,18	C/A	5	0,51	0,05	C/A
	2	0,68	0,34	C	6	1,17	0,12	D/fijne A (foto 9)
	3	0,58	0,12	A	7	1,59	0,11	A
	4	0,41	0,08	A	8	1,39	0,08	A

pompstation								
	nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)	structuur	nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)	structuur
Beegden	1	0,38	0,19	C	12	0,41	0,04	A
	2	0,24	0,12	A	13	0,77	0,08	A
	3	0,22	0,11	C/A	14	0,40	0,04	A
	4	0,48	0,24	C/A	15	0,42	0,04	A
	5	0,19	0,10	C	16	1,20	0,11	C
	6	0,72	0,14	A	17	0,93	0,09	C/A
	7	0,24	0,05	A	18	0,37	0,03	A
	8	0,74	0,15	A	19	0,73	0,06	A
	9	0,14	0,03	C	20	0	0	A
	10	0,36	0,07	A	21	0,34	0,03	A
	11	0,45	0,05	A	22	0	0	C
Weeze	1	1,00	0,50	C	11	1,64	0,16	C
	2	0,83	0,42	C	12	1,33	0,13	C
	3	1,10	0,44	A	13	1,00	0,09	A
	4	0,40	0,16	C	14	1,54	0,14	A
	5	1,90	0,63	A	15	1,25	0,11	A
	6	0,70	0,18	C	16	0,32	0,02	A
	7	0,45	0,11	A	17	0,61	0,03	C
	8	0,53	0,13	C/A	18	2,24	0,11	C
	9	2,00	0,44	A	19	1,83	0,09	A/C
	10	1,47	0,15	C				
De Dommel/ Heer	1	0,33	0,17	C	12	1,12	0,11	A
	2	0,23	0,12	C	13	0,76	0,08	C
	3	0,6	0,30	C	14	0,43	0,04	C
	4	0	0	"D"	15	0,23	0,02	A
	5	0	0	"D"	16	0,6	0,06	C
	6	0	0	"D"	17	0,7	0,05	A
	7	0,31	0,06	A	18	0,65	0,04	A
	8	0	0	C/A	19	0,39	0,03	A
	9	0,66	0,13	C/A	20	0,5	0,03	A
	10	0	0	A	21	0	0	"D"
	11	0,28	0,06	A	22	0	0	"D"

pompstation				structuur				structuur
	nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)		nummer	max. ontz. diepte (mm)	ontz. snelheid (mm/jaar)	
Budel	1	0,31	0,16	A	11	1,2	0,24	C
	2	0,33	0,02	B	12	0,27	0,05	C
	3	0,07	0,02	C	13	-	-	A
	4	0,42	0,14	A	14	0,49	0,05	C
	5	0,29	0,10	A	15	-	-	C
	6	0,04	0,01	B	16	2,6	0,22	C
	7	-	-	C	17	0,07	0,01	A
	8	0,77	0,15	C	18	-	-	B
	9	0,52	0,10	A	19	-	-	A
	10	-	-	A	20	-	-	B
Mondaf	1	0,21	0,11	A	11	0,19	0,02	A
	2	0,09	0,05	A	12	0,10	0,01	A
	3	-	-	A	13	0,28	0,03	A
	4	0,23	0,12	A	14	-	-	A (foto 5)
	5	0,4	0,08	A	15	-	-	G
	6	0,73	0,15	A	16	0,30	0,01	G (foto 10)
	7	0,2	0,04	A	17	0,4	0,01	A
	8	0,3	0,05	A	18	-	-	G
	9	0,32	0,05	A	19	-	-	A
	10	0,28	0,03	A				
Druten	1	0,24	0,08	A	11	-	-	A
	2	0,20	0,04	A	12	0,30	0,03	B
	3	0,22	0,04	A	13	0,26	0,02	A
	4	0,21	0,04	A	14	0,12	0,01	B
	5	0,19	0,03	A	15	1,05	0,06	C
	6	0,07	0,01	A	16	0,16	0,01	B
	7	0,33	0,05	C	17	1,10	0,05	C
	8	0,35	0,04	C	18	0,15	0,01	A
	9	0,12	0,01	A	19	0,35	0,01	A
	10	0,24	0,02	A	20	0,15	0,01	C

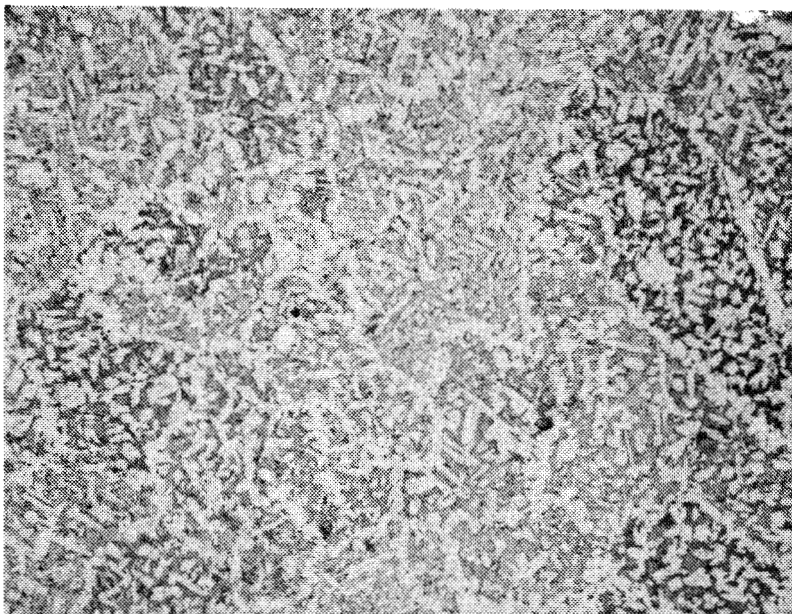


Foto 5 - Mondaf fitting nr. 14 A-structuur  
V = 200x. Etsing: ammoniumhydroxide  
(archiefnr. 0636)

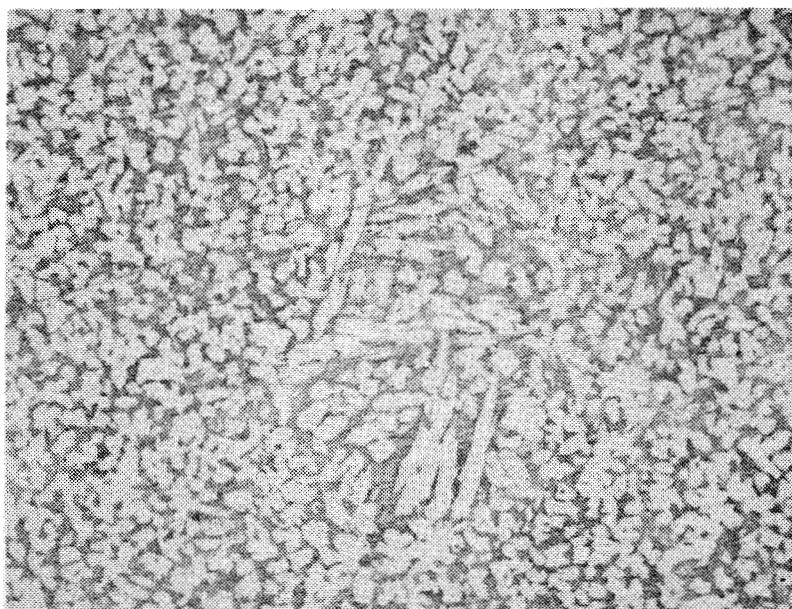


Foto 6 - Waalwijk fitting nr. 9 Structuur  
gedeeltelijk A, gedeeltelijk C  
V = 200x. Etsing: ammoniumhydroxide  
(archiefnr. 0637)

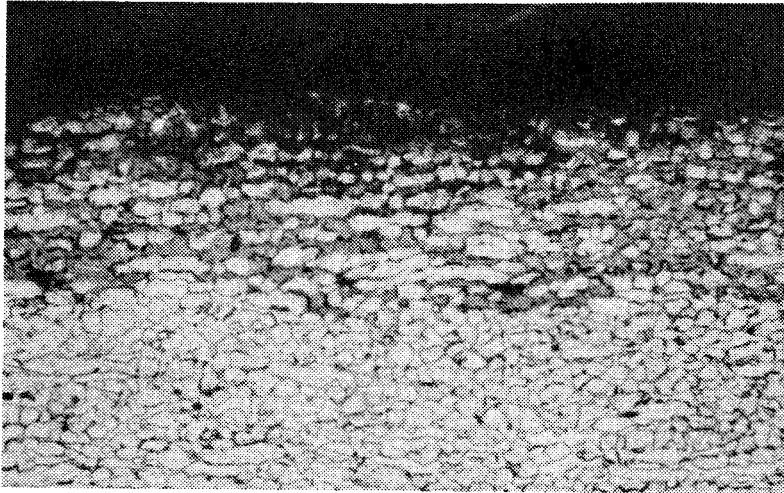


Foto 7 - Katwijk fitting nr. 19

Gedeeltelijk ontzinkte microstructuur ("D")  
De structuur is lineair georiënteerd, maar  
de  $\beta$ -fase is niet van elkaar gescheiden.  
V = 200x. Etsing: ammoniumhydroxide  
(archiefnr. 0638)

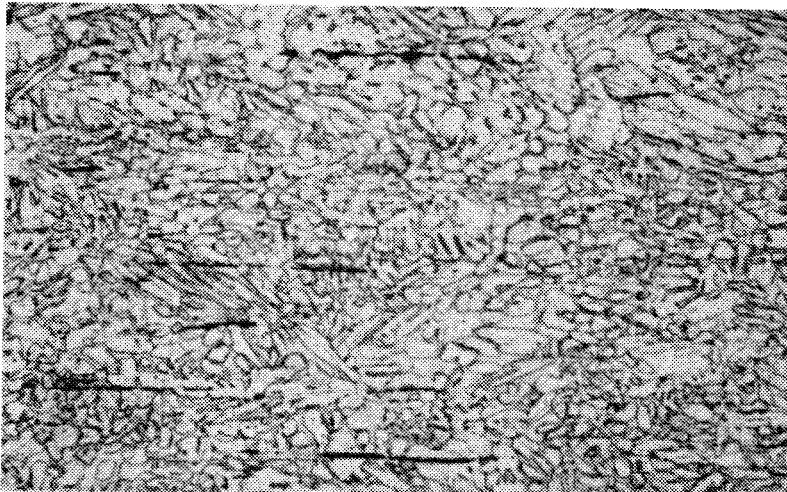


Foto 8 - Katwijk fitting nr. 20. Door rekristalli-  
satie onstane A-structuur. Aan de gestrek-  
te vorm van de loodinsluitingen is te zien  
dat het gaat om stafmateriaal. V = 200 x.  
Etsing: ammoniumhydroxide.  
(Archiefnr. 0639)

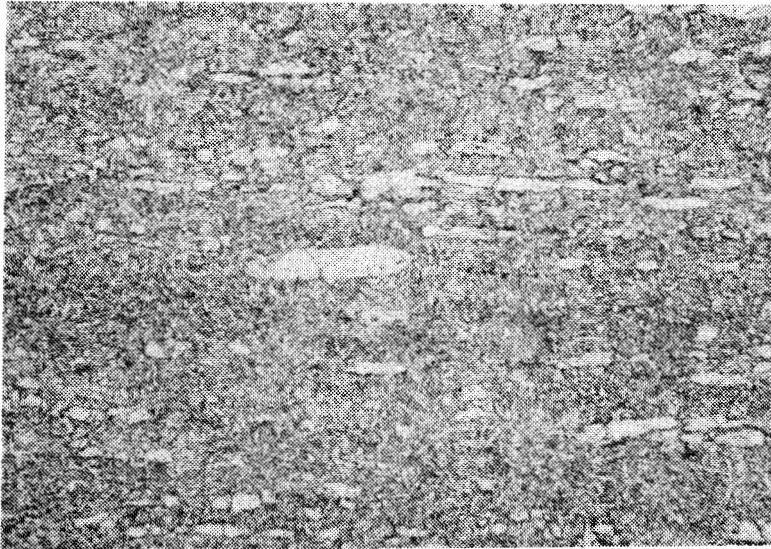


Foto 9 - Andijk/Hoorn, fitting nr. 6  
Door rekristallisatie onstane fijne A-  
structuur met grote lineair georiënteerd  
 $\alpha$ -velden. V = 200x, etsing:  
ammoniumhydroxide (archiefnr. 0640)

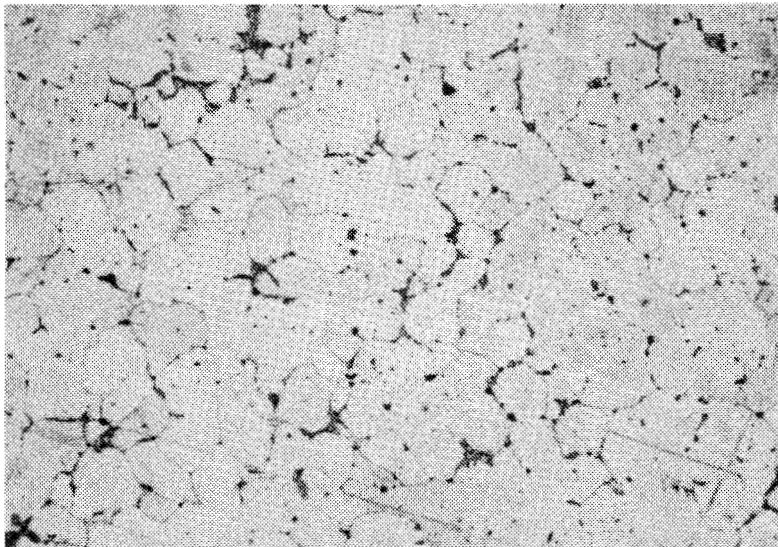


Foto 10- Mondaf fitting nr. 16. Gietstructuur.  
V = 200 x. Etsing: ammoniumhydroxide.  
(Archiefnr. 0641)

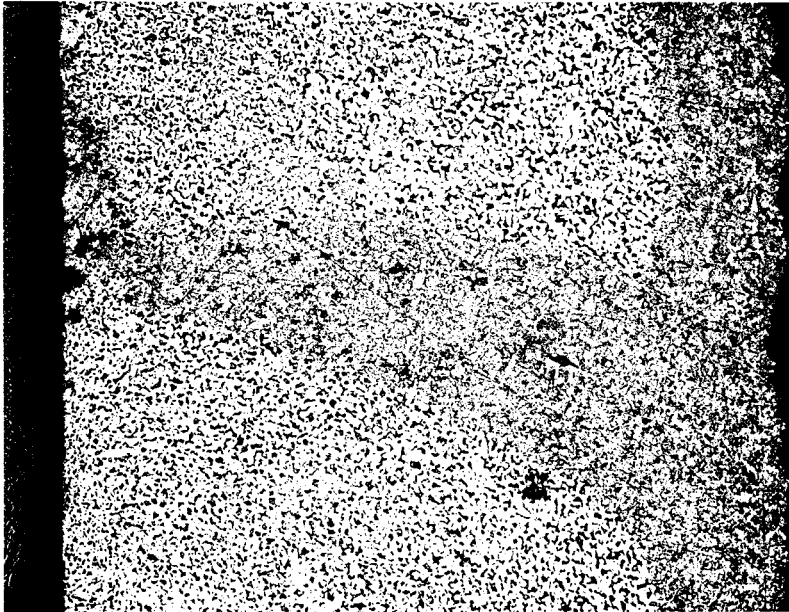


Foto 11 - Budel, fitting nr. 16

Een zeer plaatselijke vorm van ontzinking

V = 50 x, etsing: ammoniumhydroxide

(archiefnr. 0515)