

# Raffinering af primært udskilt silicium i overeutektiske aluminiumlegeringer

Forfatter: Dr. Wolfgang Vogel; adm. direktør hos SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH.

Oversat af Knud Bryndum

Behovet for støbegods stiger permanent og som et resultat af dette øges de metallurgiske krav også. Således sker det idag at flere og flere legeringer bruges i stadig mere og mere forskellige anvendelser – dette gælder også for de overeutektiske aluminiumlegeringer. Tidligere blev de kun anvendt til helt særlige komponenter.

## Indledning

Indtil idag er gods støbt i overeutektiske aluminiumlegeringer hovedsageligt blevet brugt til stempelproduktion på grund af deres ringe termiske udvidelse, deres relativt store hårdhed og store slidstyrke.

Senere, som en konsekvens af

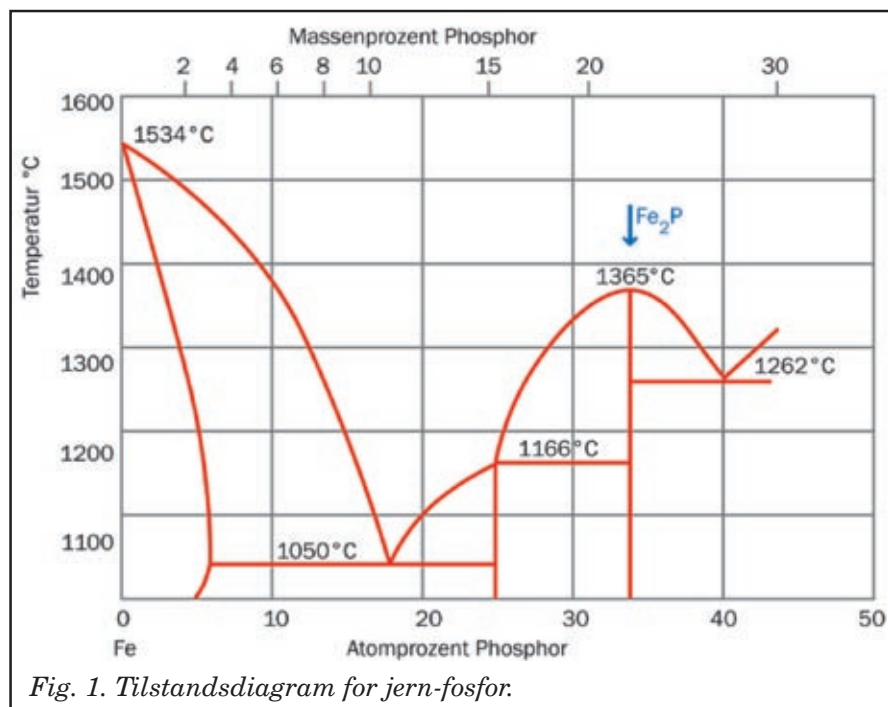
disse egenskaber, blev legeringerne ikke blot brugt til kokillestøbning (produktion af stempler), men også til støbning i sand til produktion af for eksempel bremseskiver. Sandstøbning gør det muligt at fremstille ventilerede bremseskiver med en kompliceret godsudformning. Imidlertid giver sandstøbning en langsommere afkøling, og derfor kræves en meget omhyggelig smelterensning såvel som en kornforfining af primært udskilt silicium for at kunne opnå den ønskede struktur. Derfor er i dette tilfælde den sædvanlige fosforbehandling med fosforkobber vanskeligere at anvende end ved kokillestøbning.

## Siliciumbehandling i en overeutektisk aluminium-silicium legering

I en legering med for eksempel 18% silicium begynder udfældning af siliciumkrystaller ved ca. 700 gr. C. Hvis afkølingshastigheden er tilstrækkelig langsom, som den for eksempel kan være i sandstøbning eller kokillestøbning af svært gods, har disse krystaller tid til at vokse. Afhængig af afkølingshastigheden vokser de i en mere eller mindre dendrittisk form og danner relativt store krystaller. Når størkningen er tilendebragt finder man ekstremt hårde siliciumkrystaller indlejret i en relativt blød matriks af aluminium/siliciumeutektikum ( Fig. 2 ). I princippet er denne kombination ideel, da siliciumkrystallernes slidstyrke egenskaber ikke forringer godsets øvrige egenskaber. Imidlertid er virkningen bedst, hvis siliciumkrystallerne er små og jævnt fordelt på såvel godsoverflade som godsets indre ( Fig. 3 ). De små siliciumkrystallerne er slidstyrke og skulle de blive knust vil de ikke skade selve godset på nogen måde. Denne ønskede materialetilstand kan som nævnt kun opnås ved en effektiv kornforfining af siliciumkrystallerne.

Kornforfining opnås ved tilsætning af podemidler til smelten. Til kornforfining af undereutektiske legeringer, hvor det drejer sig om forfining af primært aluminium, anvendes titanborid.

Men hvis det drejer sig om forfining af primært silicium i over-



eutektiske legeringer, kan der kun anvendes aluminiumfosfid,

Aluminiumfosfid, en intermetallisk forbindelse mellem aluminium og fosfor, er et meget giftigt hvidt pulver, som ikke direkte må anvendes i aluminium. Aluminiumfosfid danner med luftens fugtighed den yderst giftige gas fosfin ( $\text{PH}_3$ ) som for eksempel bruges som rottegift.

Hvordan danner man da aluminiumfosfid i det smeltede aluminium?

Tidligere blandede man direkte rødt fosfor i smelten, men det var en særdeles ineffektiv fremgangsmåde, da det var svært at få fosfor nedblandet i aluminium, idet det oxyderede og brændte på overfladen under røgdudvikling.

Tilsætning af fosforkobberforlegering kan også praktiseres. En 8% eutektisk fosfor kobber forlegering kan let fremstilles, Her virker kobberet som en bærer for fosfortilsætningen. Der er dog den ulempe ved kobber-fosfor forlegeringen, at den først opløses ved meget høj temperatur (min. 800 grC.) og den kornforfinende virkning ved hjælp af AlP indtræffer først ved den temperatur. Processen er også tidskrævende med en reaktionstid på op til 40 min.

En lang reaktionstid kan dog undgås, hvis aluminiumfosfidet allerede er til stede i den forlegering, der tilsættes.

## Forlegering med aluminiumfosfid

For at opnå dette må man ty til pulvermetallurgi og fremstille aluminiumfosfidet så det befinder sig i forlegeringen før denne tilsættes smelten. Hertil skal der også bruges en "fosforbærer". Til dette formål har jern vist sig at være effektivt. Jern og fosfor danner en intermetallisk jern-fosfor fase  $\text{Fe}_2\text{P}$  med ca. 24% fosfor ( fig. 1 ). Dette meget hårde pulverformede materiale blandes med aluminiumpulver og presses til briketter, som så ekstruderes til stænger.

For meget jernfosfid i pulverblandingen har vist at gøre ekstru-

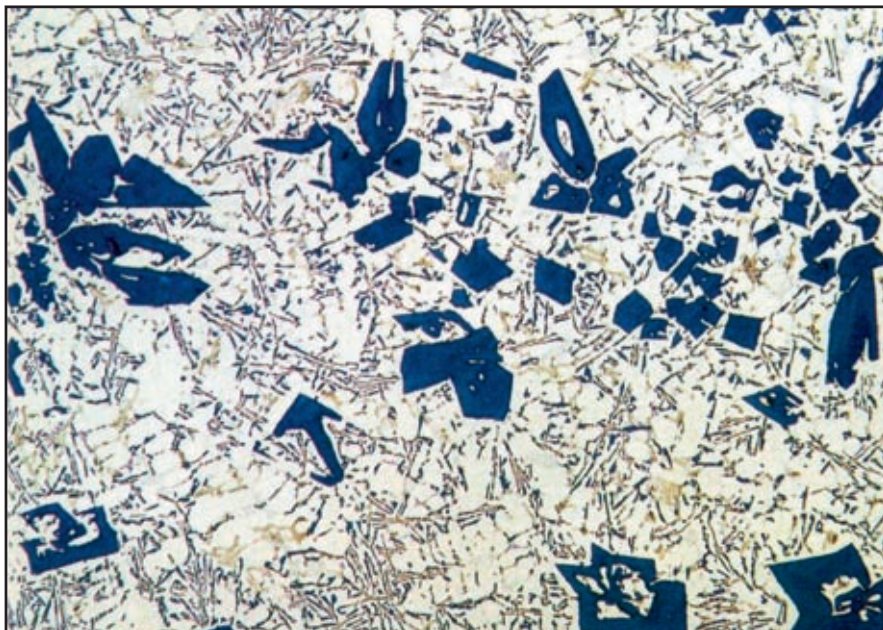


Fig 2. Overeutektisk aluminium-silicium legering før kornforfining. Mørke områder silicium.

sionen uøkonomiske og en 1/3 jernfosfid i blandingen har vist sig at være den største mængde, der kan tilføres hvis processen skal være effektiv og økonomisk. Dette giver en forlegering med 6-8% fosfor. Under ekstrusionen diffunderer fosforet ind i aluminiumet og danner aluminiumfosfid – det kornforfinende element. Processen bliver fremmet af at under ekstrusionen presses det bløde aluminium om-

kring de hårde jernfosfidpartikler og letter herved fosfordiffusionen over i aluminiumfasen. På denne måde kommer forlegeringen til at indeholde et meget stort antal meget små kimdannere for siliciumindholdet i smelten

Forsøg har vist at allerede meget små mængder fosfor ( 40 ppm eller 0,0040%) kan medføre en tilstrækkelig kornforfining af primær silicium. Dette kan opnås ved til-

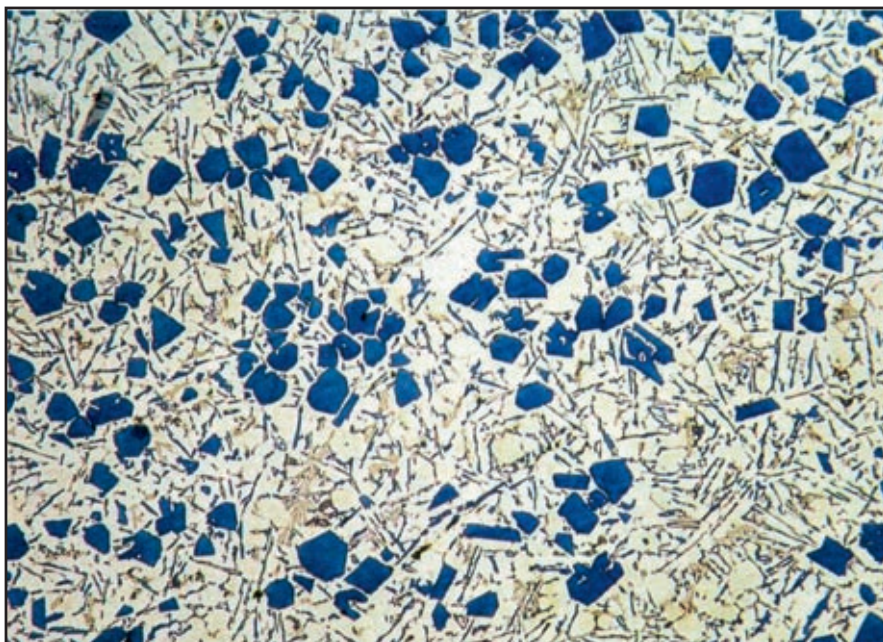


Fig. 3. Overeutektisk aluminium-siliciumlegering efter kornforfining med fosfor.

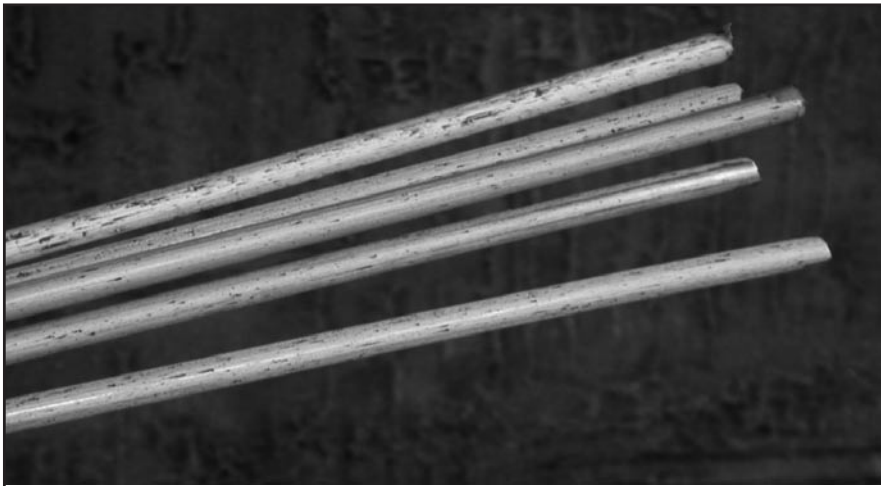


Fig 4. PROBATE-FLUSS VLP 200 til fosforbehandling af smelten (diameter 10 mm, længde 1 m)

sætninga af 1 kg PROBATE-FIUSS VLP 200 til 1000 kg smelte.

Jernindholdet i legeringen stiger også på grund af det nødvendige jernindhold i forlegeringen og typisk med ca 200 ppm eller 0,0200%. Denne stigning er sædvanligvis acceptabel i henhold til støbelegeringernes specifikationer.

## Håndtering af forlegering til fosforbehandling

Forlegeringen PROBATE-FIUSS VLP 200 fremstillet af SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH i Hennef leveres i den samme stangform som også bruges til titanboridforlegering til kornforfining og strontiumforlegering til forædling. Det drejer sig om 10 mm tykke og 1m lange stænger, som problemøst kan tilsættes smelten. Forud for tilsætningen af forlegeringen bør metallet renses for oxyder ved hjælp af en impellerbehandling og tilsætning af et natriumfrit flusmiddel som for eksempel PROBATE-FIUSS AL 3125. En sådan flussbehandling med impeller kan udføres automatisk med en enhed af typen MBC 6000 fremstillet af firmaet Fuco-Heg i Bottrup. Det omtalte udstyr har den finesse, at det kan ændre omdrejningretning under processen, hvorved flusmidlet opblandes effektivt.

Ved slutningen af impellerrensningen tilsættes forlegeringen, mens impelleren stadig er i funk-

tion. Stængerne opløses hurtigt og frigiver hurtigt kimdannerkornene, som fordeles jævnt i smelten. Erfaringen har vist at temperaturen ikke spiller nogen væsentlig rolle. Processen kan uden problemer udføres ved temperaturer på lidt under 700 gr. C.

Legeringen kan udstøbes umiddelbart efter uden ventetid, da kimdannerkornene allerede er dannede og tilstede. Dette viser også at virkninggraden er bedre end ved den traditionelle behandling med fosforkobber, idet aluminiumfosfidkornene er meget små på grund af dannelsen ved diffusion. En effektiv kornforfining fås allerede ved 40 ppm fosfor.

I undereutektiske legeringer har tilsætningen af fosforforlegering også den virkning at den fremmer dannelsen af kornet silicium fase

(red. ønskeligt i stedet for en nåleformet). Dette gøres for eksempel i legering G-AlSi8Cu3 (226) også når den bruges til trykstøbning.

## Sammenfatning.

For at opnå en småkornet siliciumstruktur i overeutektiske aluminiumlegeringer er det nødvendigt at tilsætte forlegering med et indhold af effektive kimdannere i form af aluminiumfosfid. En sådan forlegering fremstilles ved pressing og efterfølgende ekstrusion af en passende blanding af jernfosfid og aluminiumpulver. Under ekstrusionen diffunderer fosfor fra jern til aluminium og danner aluminiumfosfid. Herved opnås en jævn fordeling af kornforfined silicium med mindre mængder fosfor. Derfor er en sådan forlegering mere effektiv en sædvanligt brugte fosforkobberforlegering.

Processen er ganske ukompliceret, da smeltebehandlingen kan foregå ved lav temperatur og med en særdeles kort reaktionstid

Denne forlegering produceret på denne måde kan også bruges i undereutektiske legeringer til at danne en ønskelig kornet siliciumstruktur.

Den ovenfor nævnte forlegering sælges af STØTEK for SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH i Hennef/Sieg under navnet PROBATE-FIUSS VLP 200.

Forlegeringen er udviklet af forfatteren til denne artikel og fremstillingsmetoden er patenteret.

## SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH

Firmaet SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH er en mellemstor, stærkt specialiseret, familieejet virksomhed. I 90 år har virksomheden worldwide betjent støberiindustrien inde for ikke-jernmetal, blandt andet automobilindustrien og fremstilling af gods af kobberlegeringer.

SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH yder worldwide assistance til løsning af alle metallurgiske spørgsmål til støberier via deres stab af højt kvalificerede konsulenter.

Firmaets produkter bruges til at udvirke specielle metallurgiske tilstande i ikke-jernmetaller og til at fremme en effektiv rensning af smelter for oxydbaserede urenheder og finder anvendelse især i støberier, der leverer til automobil- og luftfartsindustrien.

STØTEK er representant for SCHÄFER Chemische Fabrik GmbH i Skandinavien.