

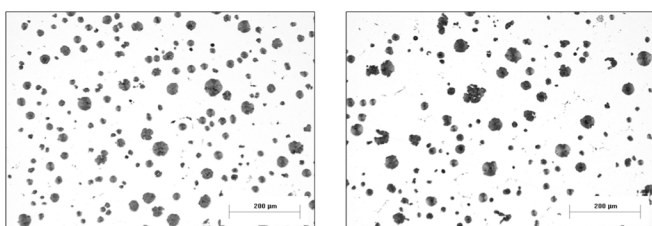
# Tidspunkt for podemidlets tilsætning og effekt af udklingning, del 3

## Elkem undervisningsserie om podning af støbejern

AF CATHRINE HARTUNG, ROB LOGAN, CHRIS ECOB OG LEANDER MICHELS

Den positive virkning af podningen varer kun i en begrænset periode. Dette fænomen omtales som udklingning (fading på engelsk) og begynder umiddelbart efter podemidlets opløsning og den efterfølgende reaktion, der danner nye grafitkim, hvorpå grafitudskillelse kan starte. Det menes, at disse grafitkim vil begynde at vokse for til sidst at blive for store (Ostwald -Ripening effect. [1,2]) til at være egnede som kimdannelsesteder, eller at deres sammensætning og/eller struktur ændres med tiden, hvilket gør dem mindre egnede som kim til grafitudfældning og vækst.

Det fremadskridende tab af podningseffekt kan også relateres til den gradvise reduktion af den Si-berigede zone omkring FeSi-partiklerne, hvilket igen reducerer drivkraften for kulstof til at udfælde. [3] Dette øger hvidstørkning i gråjern og SG-jern, reducerer nodulantal og nodulariteten i SG-jern og antal af eutektiske celler i gråjern. Figur 1 viser denne effekt for SG-jern.

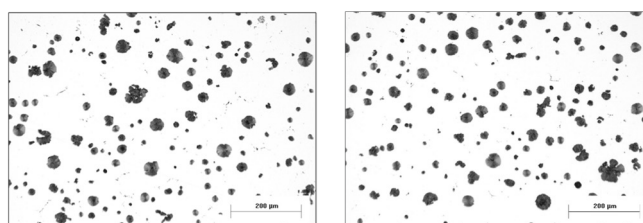


Jernstruktur umiddelbart efter podning.  
Nodulantal: 300 N/mm<sup>2</sup>  
Nodularitet: 91 %

Jernstruktur 10 minutter efter podning.  
Nodulantal: 209 N/mm<sup>2</sup>  
Nodularitet: 87 %

*Figur 1: Podemidlets udklingning reducerer nodularitet og nodulantal i SG-jern.*

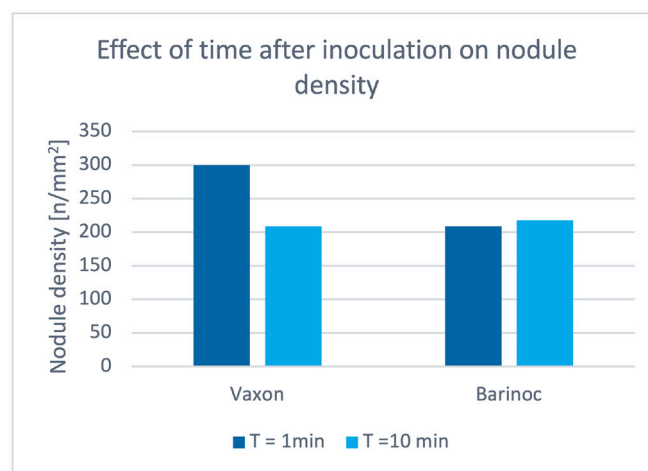
Der er vigtigt at huske på, at forskellige podemidler udklinger med forskellige hastigheder. Denne forskellighed blev allerede omtalt årtier tilbage af flere forfattere såsom H. Morgan [4], A. Moore [5], J.V. Dawson [6], A.G. Fuller [7]. Nogle podemidler giver en stærk podelvirkning i starten, men udklinger hurtigt, mens andre giver mere ensartet podelvirkning over længere tid. Figur 2 viser virkningen af to forskellige podemidler efter 10 minutters holdetid.



Vaxon® podemiddel  
Nodulantal: 209 N/mm<sup>2</sup>  
Nodularitet: 87 %

Barinoc® podemiddel  
Nodulantal: 218 N/mm<sup>2</sup>  
Nodularitet: 90 %

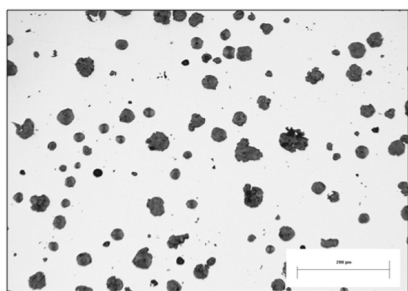
*Figur 2: Sammenligning af udklingning mellem to podemidler; Vaxon® og Barinoc® efter 10 minutters holdetid.*



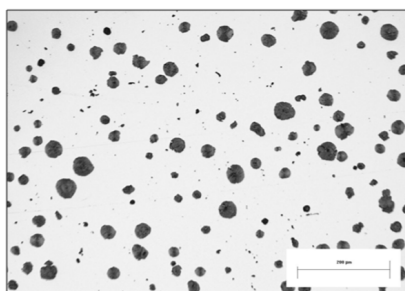
*Figur 3: Effekt af udklingning på nodulantal for podemidlerne; Vaxon® og Barinoc®*

Vaxon® er et meget almindeligt podemiddel til både gråjern og SG-jern, og det giver en god starteffekt med et nodulantal på 300 N/mm<sup>2</sup> (fig. 3), men efter 10 minutter er nodulantal 200 N/mm<sup>2</sup>, dvs. 30% mindre. For Barinoc® er nodulantal imidlertid næsten uændret efter 10 minutter.

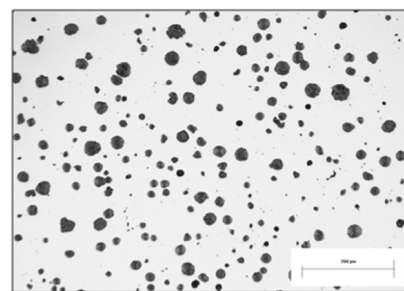
Det er derfor vigtigt at vælge det korrekte podemiddel til den ønskede anvendelse. Barinoc® er et podemiddel, der giver en længerevarende podelvirkning og bør overvejes til støbninger, hvor der støbes i lang tid efter podningen, eller hvor der støbes gods med lange størkningstider.



Upodet jern  
Nodulantal: 167 N/mm<sup>2</sup>



Skepodet jern(0,20 vægt%)  
Nodulantal: 212 N/mm<sup>2</sup>



Formpodet jern(0,07 vægt%)  
Nodulantal: 369 N/mm<sup>2</sup>

*Figur 4: Tilsætning af et podemiddel så tæt som muligt på støbningstidspunkt øger podningseffekterne.*

### Effekt af tilsætningstidspunkt

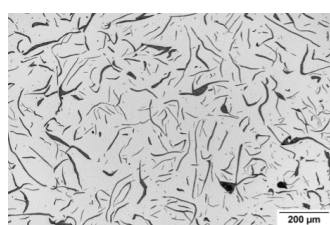
En anden vigtig faktor, der påvirker podemidlets virkning, er tidspunktet for tilsætningen af podemidlet. Som regel skal podemidlet tilsættes så sent som muligt før selve støbningen. Når der anvendes FeSi-baserede podemidler dannes lokale zoner med høje Si-niveauer omkring de kimdannende korn efterhånden som podemidlet opløses i smelten. Disse zoner danner gunstige betingelser for kimdannelse til udfældning af grafit. Hvis tilsætningen af podemidlet foretages tidligt, går der længere tid, hvor det er muligt at enhver forskel i kemi og temperatur i pågældende zoner udjævnes. Dette reducerer drivkræfterne til udfældning af grafit og som følge heraf effekten af podning. Figur 4 viser effekten af tilsætningstidspunkt på mikrostrukturen af SG-jern og viser, at et højere nodulantal opnås med lavere tilsætning, når tilsætningen foretages sent.

Sammenlignet med upodet jern øger skepodning nodulantal og forbedrer nodulariteten. Ved at flytte podningstidspunktet tættere på støbningen og helst direkte i formen kan nodulantal og nodularitet forbedres yderligere. Derudover kan disse forbedrede resultaterne opnås med en mindre tilsat mængde podemiddel.

Lignende resultater kan opnås ved podning af gråjern. Figur 5 viser strukturen i en 30 mm standard trækstang ved skepodning med 0,10 vægt% og senpodning med 0,05 vægt% Superseed® podemiddel.



Skepodning  
0,10 vægt % Superseed®



Senpodning  
0,05 vægt% Superseed®

*Figur 5: Ens struktur kan opnås med 50 % lavere tilsætning, når tilsætningen foretages sent.*

Parameter	Early addition Umiddelbar podning	Late addition Sen podning
Chill reduction [%] Reducering af hvidstørkning	44	48
TElow [°C]	1143,1	1145,0
R [°C]	6,2	5,1
GRF1	66	70
GRF2	32	28
TS [°C]	1107,3	1109,4

*Tabel 1: Effekt af tidlig mod senpodning på hvidstørkning og termisk analyse for Superseed® podemiddel*

Ser man på strukturen af gråjern, er det måske ikke så let at se, at podningseffekten forbedres med senpodning, men når man ser på reducere af hvidstørkning og resultaterne fra termisk analyse, bliver det tydeligt.

Tabel 1 viser, at der med senpodning kan opnås en reducere af hvidstørkning samt forbedrede data fra den termiske analyse. Dette er opnået med en 50 % lavere tilsætning af Superseed®-podemiddel, og til trods herfor har grafitstrukturen ikke ændret sig.

### Sammenfatning

Podningseffekten forsvinder med tiden, og dette kaldes udklingning. Forskellige podemidler udklinger med forskellig hastighed. Det er derfor vigtigt at tage hensyn til disse forskelligheder, når man vælger et podemiddel.

En måde at kompensere for podemidlets udklingning på er at forsøge at tilsætte podemidlet så sent som muligt i støbeprocessen. Dette vil ikke alene forbedre podningseffekten, men kan også give mulighed for at reducere tilsætning af podemidlet generelt.

En referenceliste for denne artikel bringes sammen med den sidste publikation. Næste artikel i serien forventes bragt i kommende udgave af Støberiet og omhandler temperaturens indvirkning på podning.

For yderligere oplysninger venligst kontakt Klaus-Ole Andersen på klaus-ole.andersen@elkem.com