

NORGE



**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

Utlegningskrift nr. 123636

Int. Cl. C 04 b 21/00 Kl. 80b-18/03

Patentsøknad nr. 1874/70 Inngitt 15.5.1970

Løpedag -

Søknaden alment tilgjengelig fra 16.11.1971

Søknaden utlagt og utlegningsskrift utgitt 20.12.1971

Prioritet begjært fra: -

Sentralinstitutt for industriell forskning,
Forskningsveien 1, Blindern, Oslo 3.

Oppfinnere: Aksel Jebens, Grøndahls vei 14,
1347 Hosle og
Richard Hoegh Westergaard,
Langmyrgrenda 36 d, Oslo 8.

Fullmektig: Cand. mag. Johan H. Gørbitz.

Fremgangsmåte til fremstilling av
elementer av uorganiske skummaterialer.

Denne oppfinnelse angår en fremgangsmåte til fremstilling av elementer av uorganiske skummaterialer, spesielt vedrører den kjøling av slike elementer, fremstilt f.eks. av et leireholdig materiale, glasspulver eller aggregater derav, slagg, flotasjonsavfall o.l. ekspanderbart materiale. Slike elementer er særlig anvendelige som bygge- og isolasjonsmaterialer, og de fremstilles ved charging av f.eks. pellets, granulater eller pulver i form, på en transportør eller i en kombinasjon av disse. I pelletene kan det være naturlig til stede eller tilsatt drivmiddel som enten alene eller ved reaksjon med materialet avgir gass samtidig som materialet smelter, hvorved det dannes et høyviskøst skum som kan stabiliseres ved kjøling.

Fremstilling av slike skumelementer ved sjiktvis oppbygging med pellets og brenning i form under kontinuerlig varmetilførsel er tidligere kjent i prinsippet, bla. fra U.S.-patentene nr. 1.877.137 og 1.882.082. Foreliggende oppfinnelse har relevans til slik fremstilling ved horisontal fremmating i tunnelovn.

Et særlig anvendelig skumelement av den type som kan fremstilles på disse måter, er skumleire, og oppfinnelsen skal i det følgende beskrives med henvisning til et slikt materiale alene, fordi det kan forstås at hvilke som helst uorganiske materialer som kan smeltes sammen og ekspanderes på lignende måte som leire, kan anvendes.

Det er satt som betingelse i ovennevnte patentskrifter at materialet varmebehandles og at kjølingen foretas meget langsomt for å unngå at blokkene sprekker på grunn av termiske spenninger, enten begrepet blokk er å oppfatte som en enkeltvis oppbygget blokk, som en lang skumleirestreng som kommer fra ovnen, eller som enheter i anvendelige formater som er kappet av denne strengen, eller som mindre elementer laget ved oppdeling av enhetene. Et unntak er imidlertid nevnt i U.S. patent nr 1.845.350 hvor hurtig kjøling tillates ned til kirsebærrød farve da materialet ennå er plastisk i sitt indre. Foreliggende oppfinnelse tar bl.a. sikte på å forbedre denne kjøleprosess.

Dette er oppnådd ved fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen, som er kjennetegnet ved at det, allerede umiddelbart etter at brenningen er begynt og to eller flere lag, men før alle lag, er påsjiktet og videre hele tiden mens brenning og oppbygging foregår, foretas en forsert kjøling undenfra slik at bunnpartiet av det forskummede materiale får vesentlig lavere temperatur enn topp-partiet mot slutten av hele brennprosessen, f.eks. 400-500°C, hvorefter sluttbehandling i tunnelovnen og overføring til kjøleovn finner sted. Med fordel kan kjøleintensiteten økes etter hvert under oppbyggingen slik at kjøleeffekten er størst ved utgangen av tunnelovnen.

I tillegg til at nedkjølingstiden ved dette trekk nedsettes, stabiliseres skummet umiddelbart etter brenning, og det oppnås også tidlig i prosessen en dimensjonsstabil blokk. Avforming og behandling kan da til og med foretas før forsert kjøling igangsettes ovenfra. Spesielt er dette trekk av betydning

under oppbygging av blokker med relativt stor tykkelse av materiale som ikke tåler lang oppholdstid ved høy temperatur på grunn av f.eks. deformasjon forårsaket av statisk trykk eller kjemiske reaksjoner med bl.a. gassdannelser. Videre blir kjølebehovet i første del av kjøleovnen redusert.

Videre tar oppfinnelsen sikte på å forkorte også kjøletiden etter størkning frem til temperaturutjevning ved brukstemperatur finner sted. Dette er oppnådd ved at kjøleovnstemperaturen umiddelbart etter overføring av materialet dit, og i første fase av kjølingen, holdes så lav at temperaturdifferansen mellom materialets ytre og indre partier er vesentlig, f.eks. 2-3 ganger, høyere enn en bestemt temperaturdifferanse som skal holdes under størkningen. Sistnevnte temperaturdifferanse oppnås ved å heve ovnstemperaturen en tid umiddelbart før materialets indre har nådd størkningstemperatur, og deretter senke den igjen under fortsatt hurtig kjøling i kjøleovnen for oppnåelse av en bestemt temperaturfordeling gjennom råblokken under siste fase av selve størkningen, og henholdsvis for tilnærmet opprettholdelse av den derved etablerte temperaturfordeling inntil råblokkens overflate har nådd brukstemperatur. Den bestemte temperaturfordeling skal optimalt bestemmes slik at de termiske restspenninger som måtte oppstå når temperaturutjevning ved brukstemperatur finner sted, overskrider de spenninger som ville resultere i indre sprekkdannelser etter temperaturutjevning. Betingelsen for å holde en slik temperaturfordeling er at råblokken oppdeles slik det er beskrevet i norsk patentsøknad nr 1872/70 eller forsynes med kjølekanaler slik som angitt i norsk patentsøknad nr 1873/70. I motsatt fall må denne bestemte temperaturfordeling bestemmes slik at restspenningene ikke overskrider de spenninger som resulterer i sprekkdannelser, etter temperaturutjevning til romtemperatur, hvilket betyr varmebehandling og relativt lengre kjøletid i sluttfasen.

For selve oppbyggingen generelt og brennprosessens vedkommende, vises til ovennevnte patentskrifter. I tillegg skal imidlertid angis en foretrukket utførelse som går ut på at hvert lag er fra 1 til 3 ganger pellettykkelsen, og at hvert lag oppvarmes til ca. 1200°C på mindre enn ca. 15 min. samtidig med kjølingen nedenfra. Fortrinnsvis foretas den første besjiktning på et underlag som er forhåndsoppvarmet til reaksjonstemperatur

for skumaterialet.

I det ideelle tilfelle, som ikke nødvendigvis må følges slavisk, bæredet etablerte temperaturfordeling i skumaterialet opprettholdes så nær som mulig i fabrikkannlegg hvor hjelpemidler for best mulig kjølehastighetsregulering kanskje ikke er tilstede, foretas den siste del av kjølingen i kjøleovnen med en hastighet som er tilnærmet proporsjonal med skumaterialets varmelednings-
evne, hvorved den ved størkningen etablerte temperaturprofil tilnærmet opprettholdes. Dersom denne temperaturprofil er slik at sprekkdannelser kan risikeres ved romtemperaturutjevning, må, som nevnt, en av de to forholdsregler ifølge søknadene 1872/70 og 1873/70 iverksettes.

Ovenfor angitte kjølehastighet skal gis en nærmere forklaring, idet kjølehastigheten til enhver tid etter størkning strengt tatt skal holdes proporsjonal med materialets varmediffusitet $\lambda/c\varrho$. Imidlertid er varmediffusiviteten tilnærmet proporsjonal med varmeledningsevnen λ , fordi den spesifikke varme c endres lite og tettheten ϱ endres praktisk talt ikke med temperaturen. Resultatet blir at samme temperaturfordeling som under størkningen opprettholdes hele tiden, og materialet er spenningsfritt inntil temperaturutjevning. Det skal imidlertid også opplyses at materialet vil tåle en viss temporær spenning under den fortsatte hurtige nedkjøling, hvilket innebærer at det kan tillates en noe større temperaturdifferanse enn den som eksisterte under størkningen mellom ytre og indre partier. Dette innebærer også at det kan kjøles med en hastighet som er noe større enn den nedkjølingshastighet som tilsvarer opprettholdelse av samme temperaturfordeling som under størkning, med andre ord kan tillates at den fortsatte hurtige kjøling, som allerede angitt, kan reguleres slik at den ved størkningen etablerte temperaturfordeling opprettholdes tilnærmet inntil overflaten har nådd brukstemperatur.

Oppfinnelsen skal i det følgende gis en nærmere forklaring ved hjelp av en teoretisk betraktning.

Skumleire er ved høye temperaturer viskøse, og følgelig spenningsfri. Når en blokk av skumleire under størkningen kjøles med forsert hastighet, krever varmetransporten fra blokkens indre til overflaten at temperaturen faller relativt sterkt mot overflatene. Kjøleforløpet kan beskrives matematisk for følgende idealiserte og generelle tilfelle: En skive med uendelig lengde

og bredde og konstant tykkelse, kjøles slik at temperaturen er lik på begge flater av skiven, og faller med jevn hastighet. Hvis den termiske utvidelseskoeffisient og varmeledningsevnen er temperaturavhengige og konstante gjennom blokkens tykkelse L , vil temperaturprofilen gjennom blokkens tykkelse være parabolisk. Dette kan beregnes fra ligningen

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \rho c \frac{dT}{dt}$$

hvor x -aksen er perpendikulær på skivens plan og t -aksen kan tenkes i skivens plan, som gir for konstante verdier for λ = varmeledningsevnen, ρ = tetthet og c = spesifikk varme og dT/dt = kjølehastighet i grader pr. tidsenhet:

$$T = \frac{\rho c L^2}{2} \frac{dT}{dt} \left[\left(\frac{x}{L} \right)^2 - \frac{x}{L} \right] + T_0$$

I et reelt tilfelle, der blokken har endelig bredde og lengde, vil innflytelsen av de fire kantflatene innvirke på temperaturprofilen slik at denne ute ved alle seks overflater blir brattere enn den paraboliske.

Hvis eksempelvis det endelige format av et element skal ha halvparten av tykkelsen til den ekspanderte blokken, kan kjøletiden ifølge denne formel reduseres til en fjerdedel hvis blokkene oppdeles f.eks. slik som beskrevet i ovennevnte søknad nr 1872/70, og under forutsetning av at temperaturprofilene er paraboliske. Av grunner som er beskrevet ovenfor, er temperaturprofilene steilere nær overflatene, følgelig kan kjøletiden reduseres mer enn en fjerdedel ved oppdeling langs midten, over tykkelsen.

I skumleire vil varmeledningsevnen stige med temperaturen på grunn av varmetransport ved stråling i hulrommene. Dette gjør også at temperaturprofilen blir flatere midt i blokken og steilere ved overflatene enn den paraboliske profil, særlig ved høyere temperaturer.

Når en blokk av et viskøst stoff som skumleire kjøles gjennom et temperaturintervall der viskositeten stiger uendelig, vil blokken være spenningsfri så lenge temperaturfordelingen er uforandret. Forandres temperaturen i et volumelement i blokken med intervallet ΔT , vil den termiske utvidelseskoeffisienten α

medføre at elementets lineære dimensjoner endres med faktoren $1 + \alpha \Delta T$. Hvis denne endringen hindres, oppstår en spenning som er proporsjonal med materialets dimensjonsforandring $(1 + \alpha \Delta T)$ fra den spenningsfrie tilstand. Den mekaniske spenningen i et hvert element i en blokk med symmetrisk temperaturfordeling, er altså proporsjonal med differansen mellom temperaturen i elementet og den temperatur der elementet er spenningsfritt. For å sikre likevekt må gjennomsnittspenningen i den fri blokk være null.

Dette innebærer at der i en skumleireblokk hvor full temperaturutjevning etter nedkjøling har funnet sted, vil opptre spenninger som er proporsjonale med de temperaturgradienter, eller med andre ord avhengige av den temperaturfordeling, som var tilstede under størkningen. Når den endelige temperaturutjevning finner sted, dvs. når ytterflatene har nådd omgivelsestemperaturen og det indre av skummet også avkjøles til denne temperatur, oppstår sprekke-dannelser, fordi de restspenninger som er tilbake etter full temperaturutjevning er forårsaket av at blokkens midtparti har en høyere temperatur enn ytterpartiene når størkningen er ferdig. Restspenningene oppstår altså fordi midtpartiene skal avkjøles flere grader enn ytterpartiene etter størkning og vil da trekke seg mer sammen. Effekten er tredimensjonal.

Det ekspanderte skummateriale kjøles altså først så raskt som mulig uten å få sprekker på grunn av temporære spenninger, men umiddelbart før midten av blokken størkner, justeres kjøle-hastigheten slik at det over blokkens tykkelse oppnås en tilnærmet parabolisk temperaturfordeling under siste fase av selve størkningen. I praksis vil det da velges høyest mulig temperaturdifferanse mellom overflaten og blokkens indre parti, fordi den fortsatte hurtige kjøling kan gå fortere jo høyere denne temperaturdifferansen er. Temperaturdifferansen vil være begrenset av den maksimale rest-spenning som kan aksepteres i de ferdig oppdelte elementene etter full temperaturutjevning ved brukstemperatur, dessuten også av temporære spenninger under oppdelingen og den etterfølgende temperaturutjevning. Dette kan i praksis ikke beregnes nøyaktig på forhånd, men fagfolk på området vil på grunn av de opplysninger som her gis, kunne regulere kjølehastigheten ut fra sin erfaring. Etter at materialet har størknet, reguleres den fortsatte hurtige kjøling som ovenfor angitt.

Oppfinnelsen kan forklares enda mer inngående og illustre-

123636

res ved hjelp av en tenkt éndimensjonal blokk, dvs. en uendelig stor, jevntykk plate. Mens blokken fremdeles er noe plastisk vil det under nedkjøling skje en spenningsutjevning, mens det når hele blokken er størknet ikke lenger vil skje noen utjevning. Hvis blokken tenkes kjølt med jevn hastighet og likt fra begge sider, vil temperaturprofilen ha form av en parabel, og når ytterflatene har nådd omgivelses- eller romtemperatur, vil det begynne å skje en temperaturutjevning. Før slik temperaturutjevning finner sted, må eventuelt oppdeling av blokken i henhold til nevnte søknad 1872/70 foretas, for at ikke en fortsatt sammentrekning innover i blokken skal føre til sprekkdannelser. Slike sprekkdannelser skyldes en spenningsfordeling som svarer til temperaturfordelingen under størkningen, med trykkspenninger i overflaten, to nøytrale plan parallelle med overflaten, og strekkspenning i blokkens midtre parti, svarende til summen av trykkspenningene.

På figur 1 er vist et snitt gjennom en éndimensjonal blokk med en tilnærmet parabolisk temperaturfordelingskurve hvor t er områder med trykkspenninger, a er spenningsfrie plan og s er området med strekkspenning. De fleste aktuelle materialer, f.eks. skumleire, tåler større trykkspenning enn strekkspenning, og ved brudd på grunn av termiske restspenninger fremkommer disse som sprekker i blokken, her antydnet med S. Videre er angitt en egnet temperaturdifferanse mellom indre og ytre blokkpartier for størkningsintervallet og for den fortsatte hurtige kjøling, som er betinget av at fremgangsmåten i henhold til de nevnte søknadene nr 1872/70 eller 1873/70 anvendes. Denne differansen reguleres eller søkes opprettholdt slik at den angitte temperaturfordeling tilnærmet opprettholdes inntil overflaten har nådd brukstemperatur.

På figur 2 er vist forskjellige utførelseseksempler på oppdeling i den ene dimensjon i henhold til nevnte søknad 1872/70, for å unngå sprekkdannelser som ellers ville oppstå på grunn av den fortsatte hurtige kjøling som her reguleres som vist ved temperaturangivelsene. Foruten de spenningsnøytrale sjikt a, er også antydnet med stiplete kurver hvordan temperaturfordelingen i disse tre tilfeller gradvis blir etter oppdelingen. Videre er antydnet med heltrukkede kurver hvordan spenningsfordelingskurvene i de oppdelte elementer er etter at temperaturutjevning til 20°C har funnet sted.

På figur 3 er angitt utførelseseksempler til nærmere for-

ståelse av hvordan oppdeling ved forsert etterkjøling kan foretas.

Den forserte kjøling undenfra kan hensiktsmessigst foretas ved hjelp av kjølegass-sirkulasjonskanaler som er anbragt under et for besjiktningen oppvarmet underlag i form av en relativt tynn plate av varmebestandig materiale.

Som en følge av tidlig oppnådd dimensjonsstabilitet kan blokken etter den forserte kjøling meget snart stables maskinelt og lagres på høykant for den fortsatte hurtige kjøling, inntil oppdeling eller gjennomskjæring finner sted. Dette øker lagerkapasiteten.

P A T E N T K R A V :

1. Fremgangsmåte ved hurtig kjøling av et element av uorganisk skummateriale som bygges opp av pellets, granulater eller pulver i en tunnelovn ved brenning ovenfra og lagvis påsjiktning av materiale, f.eks. leireholdig materiale, glasspulver eller aggregater derav, slagg, flotasjonsavfall og lignende ekspanderbart materiale, på et underlag som under oppbyggingen og brenningen føres gjennom tunnelovnen hvor temperaturen holdes så høy at det dannes en høyviskøs smelte samtidig som gassdannende reaksjoner i smelten resulterer i et høyviskøst skum som deretter kjøles til brukstemperatur, k a r a k t e r i s e r t ved at det, allerede umiddelbart etter at brenningen er begynt og to eller flere lag, men før alle lag, er påsjiktet og videre hele tiden mens brenning og oppbygging foregår, foretas en forsert kjøling undenfra slik at bunnpartiet av det forskummede materiale får vesentlig lavere temperatur enn topp-partiet mot slutten av hele brennprosessen, f.eks. rundt 450°C , hvorefter sluttbehandling i tunnelovnen og overføring til kjøleovn finner sted.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at kjøleintensiteten økes etter hvert under oppbyggingen slik at kjøleeffekten er størst ved utgangen av tunnelovnen.

3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t ved at den forserte kjøling utføres ved å føre kjøleluft langs materialets bunnparti.

123636

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3,
k a r a k t e r i s e r t ved at fortsatt hurtig kjøling foretas med en hastighet som er tilnærmet proporsjonal med materialets varmeledningsevne.
5. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t ved at hvert lag er fra 1 til 3 ganger pellettykkelsen, og at hvert lag oppvarmes til ca. 1200°C på mindre enn ca. 15 min. samtidig med kjølingen nedenfra.
6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1 eller 5,
k a r a k t e r i s e r t ved at den første besjiktning foretas på et underlag som er oppvarmet til reaksjonstemperatur for skummaterialet.
7. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, 2 eller 6,
k a r a k t e r i s e r t ved at den forserte kjøling foretas ved hjelp av kjølegass-sirkulasjonskanaler anbragt under underlaget som er i form av en relativt tynn plate av varmebestandig materiale.
8. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, 3 eller 4,
k a r a k t e r i s e r t ved at råblokken etter den forserte kjøling stables og lagres på høykant for den fortsatte hurtige kjøling, inntil gjennomskjæring finner sted.

Anførte publikasjoner: -

123636

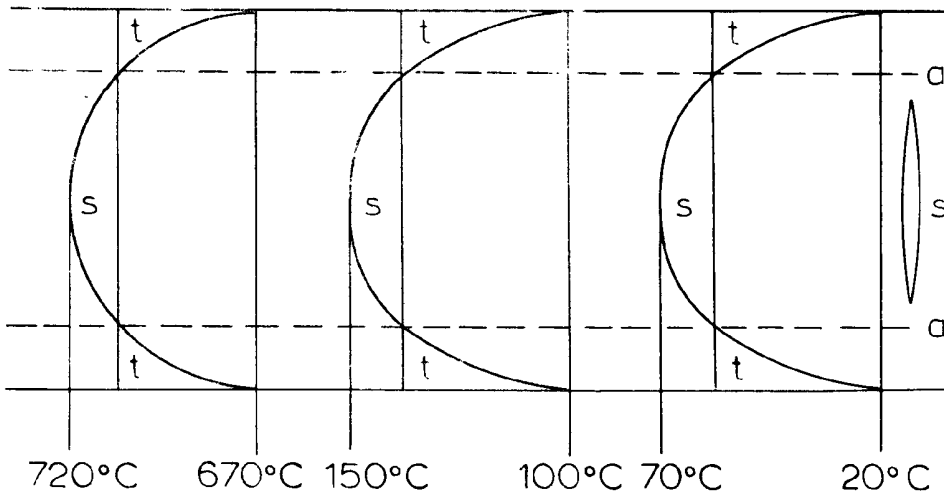


FIG. 1.

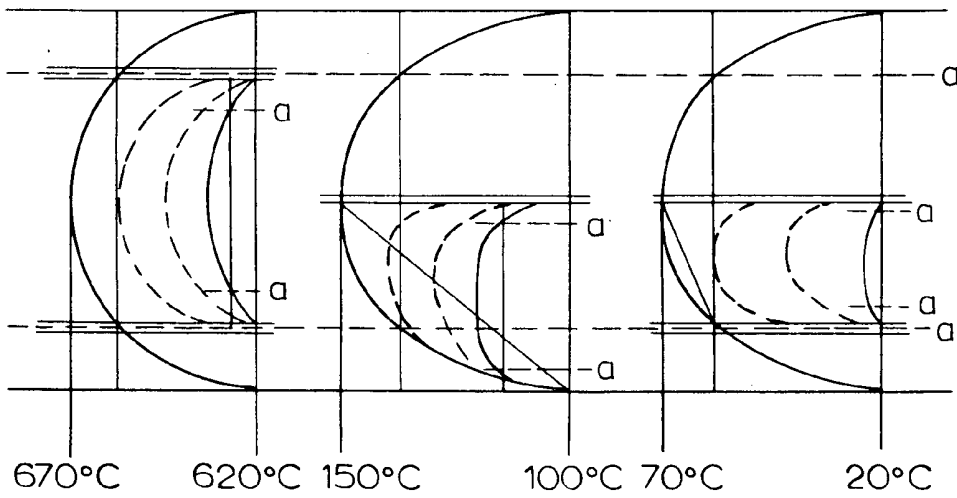


FIG. 2.

