

NORGE



**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

Utlegningskrift nr. 126268

Int. Cl. C 04 b 21/00 Kl. 80b-24/08

Patentsøknad nr. 1872/70 Inngitt 15.5.1970

Løpedag -

Søknaden alment tilgjengelig fra 16.11.1971

Søknaden utlagt og utlegningskrift utgitt 15.1.1973

Prioritet begjært fra: -

Sentralinstitut for industriell forskning,
Forskningsvn. 1, Blindern, Oslo 3.

Oppfinner: Aksel Jebens, Grøndahls vei 14,
1347 Hosle.

Fullmektig: Cand. mag. Johan H. Gørbitz.

Fremgangsmåte ved fremstilling av
en skumblokk av uorganisk
ekspanderbart materiale.

Denne oppfinnelse angår en fremgangsmåte til fremstilling av elementer av uorganiske skummaterialer, spesielt går den ut på en fremgangsmåte til å forhindre sprekkdannelser i elementer av uorganiske skummaterialer ved å gå ut fra f.eks. et leireholdig materiale, glasspulver eller aggregater derav, slagg, flotasjonsavfall og lignende ekspanderbart materiale. Slike elementer er særlig anvendelige som bygge- og isolasjonsmaterialer, og de fremstilles ved chargering 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.

Det er kjent to forskjellige fremstillingsmetoder for slike skumelementer, hvorav den ene går ut på engangschargering i formen og deretter oppvarming tilekspansjon slik det fremgår av U.S. patentene nr 1 845 350 og 1 858 499, og den andre metoden går ut på sjiktvis oppbygging med pellets i formen under kontinuerlig varmetilførsel slik det fremgår av f.eks. U.S. patentene nr 1 877 137 og 1 882 082. Foreliggende oppfinnelse kan anvendes i forbindelse med begge disse fremgangsmåter.

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.

Imidlertid har slike elementer ennå ikke fått noen anvendelse, sannsynligvis fordi det ikke har vært mulig å lage sprekkefrie elementer med økonomisk akseptabel nedkjølingstid. Under egne forsøk har det nemlig ofte vist seg at slike elementer sprekker selv etter meget langsom nedkjøling.

Foreliggende oppfinnelse befatter seg med den del av fremstillingen som har med nedkjølingsproblematikken og fremstillingen av ferdige elementer og blokker å gjøre, og tilveiebringer en overraskende enkel og meget praktisk løsning på vanskelighetene.

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. Oppdelingen har tidligere foregått etter at skum materialet meget sakte er blitt kjølt til håndteringstemperatur, slik det fremgår av de to førstnevnte patentskrifter, eller den foregår ved en relativt høy temperatur hvor materialet kan være mer eller mindre plastisk, se U.S. patent nr. 2 052 324

Når en blokk av skumleire under størkningen kjøles med noen 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

$$\lambda \frac{d^2 T}{dx^2} = \rho c \frac{dT}{dt}$$

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

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

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.

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 mot uendelig, vil blokken være spenningsfri så lenge temperaturdelingen er uforandret. Forandres temperaturen i et volum-element i blokken med intervallet ΔT , vil den termiske utvidelseskoeffisienten α medfølge 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 ethvert 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 sprekkdannelser 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.

I henhold til oppfinnelsen tilveiebringes en fremgangsmåte ved fremstilling av en skumblokk av uorganisk ekspanderbart materiale, f.eks. et leireholdig materiale, glasspulver eller aggregater derav, slagg, flotasjonsavfall og lignende ekspanderbart materiale, ved oppvarming av materialet til sammensmelting og ekspansjon, og etterfølgende avkjøling av den dannede blokk, samt reduksjon av blokkens størrelse. Fremgangsmåten karakteriseres ved at det under avkjøling før fullstendig størkning av skumblokken, mens spenninger fremdeles kan utjevnes ved flyt i denne, etableres en på forhånd fastlagt temperaturforskjell mellom de enkelte soner av blokken, svarende til en tilnærmet parabolisk temperaturfordeling over blokkens tykkelse på midten, og at det etter avkjøling til størkning av blokkens indre anvendes et kjøleforløp som holder den etablerte temperaturforskjell mellom de enkelte soner av blokken tilnærmet konstant, hvorefter reduksjon av blokkens størrelse foretas. Det foretrekkes særlig at størrelsesreduksjonen foretas etter at blokkens ytterflater har nådd en temperatur som tillater manuell håndtering, men før den endelige temperaturutjevning finner sted.

Oppfinnelsen kan forklares enda mer inngående og illustreres ved hjelp av en tenkt endimensjonal 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 oppdeling av blokken i henhold til oppfinnelsen 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 endimensjonal 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 inne i blokken, her antydnet med S.

På figur 2 er vist oppdeling i henhold til noen utførelsesseksempler av oppfinnelsen. Ettersom den tilnærmede parabel er steilest ved ytterflatene, vil disse ytterflater bidra i stor utstrekning til den oppståtte spenning og sprekkdannelse hvis forholdsregler ikke tas. Når disse ytterlag fjernes i henhold til oppfinnelsen, reduseres spenningene vesentlig og sprekkdannelser unngås. Vanligvis kommer skummaterialet ut fra ovnen i form av en uendelig blokk med rektangulært tverrsnitt, som kappes i passe lengder. Hvis kappingen i lengder har foregått mens skummet var plastisk, må i det minste alle fire sideflater renskjæres. Fortrinnsvis skrelles de ytterste lag fra alle seks flater. En ytterligere spenningsreduksjon foretas ved oppdeling i snitt perpendikulært på to av sideflatene, slik som antydnet med stiplede linjer. De fjernede ytterflater er angitt ved f. Oppdeling omfattende fjerning av de fire sideflater resulterer i en vesentlig eliminering av det bidrag til restspenningene som temperaturfordelingen over lengden og bredden under størkningen ville gitt, og blokkene får bare en restspenning tilsvarende temperaturfordelingen over tykkelsen. Hvis dessuten materialet fjernes fra de andre to flater, med andre ord hvis den opprinnelige tykkelse reduseres, kommer dessuten en ytterligere spenningsreduksjon i tillegg. Ved fjerning av materiale fra de fire sideflater, men med bunn- og toppflater ubehand-

let, kan restspenningene reduseres med minst 50-60%, og ved renskjæring av bunn- og toppflatene kan den gjenværende rest-spenning reduseres ytterligere med 10-20%, avhengig av hvor mye som fjernes. Derved blir restspenningene bare ca. 40% sammenlignet med en ubehandlet råblokk som tillates å bli utsatt for temperaturutjevning før oppdeling foretas. For relativt store elementer av f.eks. 2,70 x 1,20 x 0,25 m størrelse, er det aktuelt å fjerne så mye materiale fra sideflatene at det minst tilsvarer halve elementtykkelsen, gjerne så mye som ca. hele elementtykkelsen. .

På figur 3 er vist oppdeling i henhold til andre utførelseseksempler av oppfinnelsen. Enten de to store flater beholdes eller ikke, oppnås en vesentlig spenningsreduksjon ved gjennomskjæring av temperaturfordelingsparablene langs plan parallelt med de store flatene, ofte er det hensiktsmessig å foreta oppdeling langs plan parallelt med alle blokkens sider.

Ved manuell oppdeling, vil den mekaniske behandling bli foretatt ved hjelp av et egnet verktøy når blokkene har nådd en temperatur på ytterflatene som tillater manuell håndtering. Oppdelingen kan foretas i flere omganger, men det er en betingelse at oppdelingen er fullført før den endelige temperaturutjevning finner sted.

Det kan hende at temporære spenninger forårsaker sprekke-dannelser etter at oppdelingen i henhold til oppfinnelsen har funnet sted, dersom oppdelingen utføres når kjølingen foretas med særlig stor temperaturdifferanse mellom midten og det ytre av blokken, slik at snittflatene blir utsatt for temperatursjokk. Hvis imidlertid snittflatene klappes sammen igjen etter oppdelingen og disse således unngår sterkere kjøling, unngås slike temperatursjokk. Blokkene kan så bare lagres i denne tilstand f.eks. noen dager, på lager eller ute, avhengig av hva som måtte passe. Det er å foretrekke at de oppdelte elementene i dette tilfelle får ligge i sin opprinnelige posisjon uten forskyvninger under transporten til lagringsstedet.

UTFØRELSESEKSEMPEL

Dette eksempel på kjøleforløp og tid for oppdeling angår fremstilling av skumleirelementer tildannet av blokker på 80 x 60 x 28 cm som ble laget enkeltvis ved sjiktvis oppbygging av pellets i form under kontinuerlig brenning til ekspansjon. Eksemplet antas å være anvendelig også på skumglassblokker laget ved engangschargering i form, men er ikke prøvet på slike.

Derimot skal det fastslås at eksemplet ikke er anvendelig på blokker av vesentlig andre formater. For hver produksjonsserie må det nemlig utføres en rekke forsøk på blokker som serien skal bestå av. Foreliggende eksempel omfatter derfor også omtale av slike innledningsforsøk.

Hver ferdigekspandert prøveblokk ble kjølt til skumleiren var blitt stabilisert, og blokken ble overført til et elektrisk oppvarmet kjølekammer hvor nedkjølingshastigheten kunne programmeres. Ved rundt 700°C (1000°C i midten) ble det boret hull i den blokk som til enhver tid var under behandling, og temperaturfølere ble plassert i hullene.

Med relativt kort kjøletid og uten at spesielle forholdsregler ble tatt, kunne en høre at blokkene sprakk innvendig etter uttak fra kjøleovnen, mens temperaturutjevning ved romtemperatur fant sted. På det tidspunkt blokkene sprakk, viste det seg at temperaturen i blokkenes indre var ca. 25°C høyere enn i overflaten. Oppdeling av blokkene før denne temperaturdifferanse ble nådd, som for sikkerhets skyld ble foretatt ved en differanse på ca. 50°C , førte ikke til sprekkdannelser under temperaturutjevning i de oppdelte elementer. Temperaturdifferansen under kjølingen fra størkningstemperatur mot romtemperatur var sjelden over 100°C .

Under disse enkeltvise forsøk ble kjøleforløpet etter hvert justert på bakgrunn av de forangitte teoretiske betraktninger og på grunnlag av de erfaringer som suksessivt ble oppnådd under forsøkene. Etter at det tilsynelatende sikreste kjøleforløpet var bestemt, ble det funnet at kjølehastigheten godt kan økes noe utover den som gir helt spenningsfri tilstand. Følgende behandling ble funnet å eliminere sprekkdannelser i blokker av den angitte dimensjon, både sprekker som skyldes permanente spenninger og de som skyldes temporære spenninger.

I løpet av de første 6 timene holdes temperaturen i kjølekammeret på 680°C som er størkningstemperaturen for dette materialet. Temperaturen i midten av blokken vil da være sunket slik at den er omkring 50°C høyere enn overflatetemperaturen. Temperaturen i kjølekammeret skal nå minskes med en hastighet av $40^{\circ}\text{C}/\text{time}$. Derved oppnås ca. 80°C høyere temperatur i midten enn på overflaten. Etter 2,5 time er temperaturen i midten redusert fra ca. 730°C til 630°C , og det er nå sikkert at alt av blokkens indre er størknet, og at blokken på dette tidspunkt er spenningsfri..

Fra nå av kan temperaturdifferansen mellom det indre og det ytre av blokken økes til i hvertfall 100°C ved økning av kjølehastigheten, uten at altfor store temporære spenninger oppstår, men noe særlig større forandring av temperaturforskjellene mellom de enkelte soner av blokken bør ikke risikeres under kjølingen etter størkningstidspunktet.

For opprettholdelse av en nær uforandret temperaturdifferanse mellom blokkens enkelte soner etter fullstendig størkning, skal kjølehastigheten holdes tilnærmet proporsjonal med materialets varmeledningsevne, egentlig proporsjonal med varmediffusiviteten. Uttrykt i tall referert til blokkens indre og med hensyntagen til en ønsket differanse på 100°C som angitt, blir kjøleforløpet, etter at blokkens indre har nådd 630°C , som følger: $35^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved 630°C , $25^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved rundt 500°C , $22^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved rundt 400°C , $18^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved rundt 300°C , $15^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved rundt 200°C og $13^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved ca. 100°C . Blokken skal holdes i kjøleovnen en kort tid etter at temperaturen i overflaten er kommet ned i $25\text{--}40^{\circ}\text{C}$, inntil temperaturen i midten er sunket til mellom 70°C og 100°C . Deretter tas blokkene ut av kjøleovnen for oppdeling, hvilket er det mest hensiktsmessige. Dersom romtemperaturen er på ca. 20°C , kan oppdelingen utsettes en tid, men den bør for sikkerhets skyld utføres før temperaturforskjellen mellom det indre og ytre av blokken er sunket til under 50°C .

Oppdelingen ble i de beskrevne tilfellene utført ved å skjære bort ca. 5 cm av de fire sidekantflatene, deretter ble blokkene delt i to og 1 til 2 cm ble fjernet fra topp og bunn. Hver råblokk ga således to elementer på (70 x 25 x 25) cm.

På denne måten har det vist seg mulig å oppnå sprekkfrie skumleireblokker med en kjøletid på under 36 timer.

Som det fremgår er det ikke mulig å angi en generell oppskrift for enhver produksjonsserie. Kjøleforløpet for hver serie må bestemmes ved prøving med et antall enkeltvis fremstilte blokker utstyrt med temperaturfølere. Under produksjon reguleres ovnsbetingelsene i samsvar med prøveresultatene, og ovnene må være spesielt utstyrt for slike reguleringsmuligheter. Dersom blokkene fremstilles enkeltvis, reguleres betingelsene som funksjon av tiden. Ved en kontinuerlig prosess, holdes betingelsene konstante på de forskjellige steder langsetter ovnen. For å opprettholde nær uforandret temperaturdifferanse mellom de indre og ytre

soner inntil oppdeling har funnet sted, sørger man dessuten for at temperaturfallet pr. lengdeenhet i ovnsretningen er tilnærmet proporsjonalt med varmeledningsevnen (egentlig varmediffusiviteten) for skumleiren ved den aktuelle midlere blokktemperatur på vedkommende sted.

I praksis senkes temperaturen trinnvis langsetter ovnen ved passende kjøling.

P A T E N T K R A V :

1. Fremgangsmåte ved fremstilling av en skumblokk av uorganisk ekspanderbart materiale, f.eks. et leireholdig materiale, glasspulver eller aggregater derav, slagg, flotasjonsavfall og lignende ekspanderbart materiale, ved oppvarming av materialet til sammensmelting og ekspansjon, og etterfølgende avkjøling av den dannede blokk, samt reduksjon av blokkens størrelse, k a r a k t e r i s e r t ved at det under avkjøling før fullstendig størkning av skumblokken, mens spenninger fremdeles kan utjevnes ved flyt i denne, etableres en på forhånd fastlagt temperaturforskjell mellom de enkelte soner av blokken, svarende til en tilnærmet parabolisk temperaturfordeling over blokkens tykkelse på midten, og at det etter avkjøling til størkning av blokkens indre anvendes et kjøleforløp som holder den etablerte temperaturforskjell mellom de enkelte soner av blokken tilnærmet konstant, hvorefter reduksjon av blokkens størrelse foretas.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at blokken oppdeles når dens ytterflater har nådd en temperatur som tillater manuell håndtering, men før den endelige temperaturutjevning finner sted.

3. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 og 2, k a r a k t e r i s e r t ved at de oppdelte elementer føres sammen igjen med sine snittflater, og de sammensatte elementer hen-settes som én blokk til temperaturutjevning har funnet sted.

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3, k a r a k t e r i s e r t ved at de oppdelte elementene ligger i sin opprinnelige posisjon uten forskyvninger også under transport til et lagringssted.

Anførte publikasjoner:

U.S. patent nr. 1842048, 2119860

126268

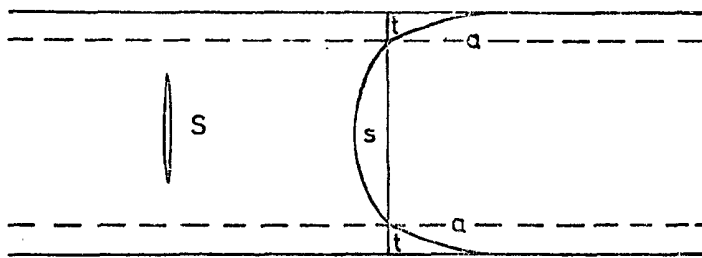


FIG. 1

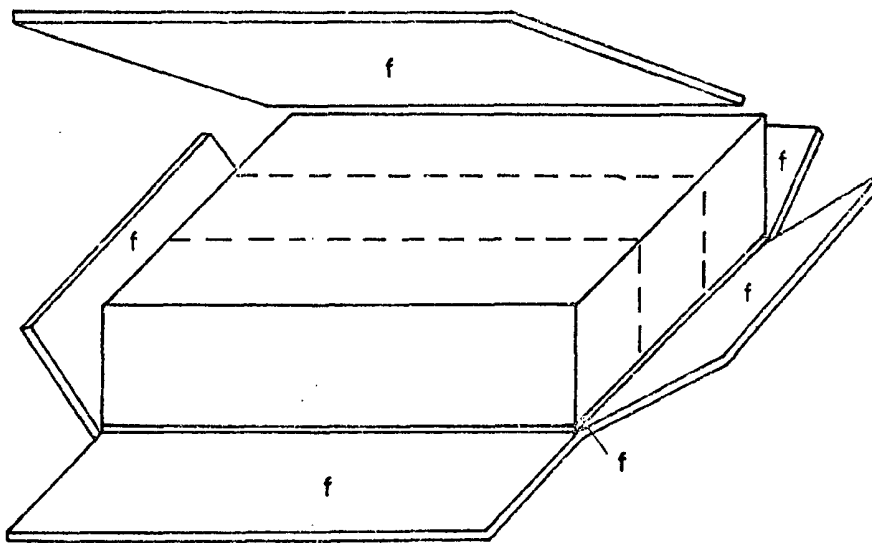


FIG. 2

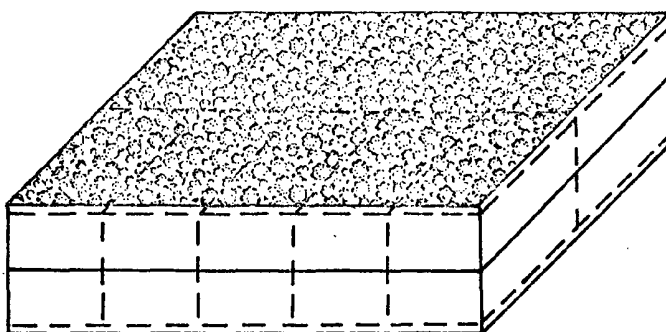


FIG. 3