



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) NO

(11) 168351

(13) B

(51) Int Cl⁵ C 04 B 28/00, C 04 B 24/00

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Soknadsnr 852216
(22) Inng. dag 03.06.85
(24) Løpedag 02.10.84
(41) Alm. tilgj. 03.06.85
(44) Utlegningsdag 04.11.91
(62)

(86) Int. inng. dag og soknadsnummer
02.10.84, PCT/SE84/00327
(85) Videreføringsdag 03.06.85
(30) Prioritet 05.10.83, SE, 8305474

(71/73) Søker/Innehaver Concrete Development Delcon Aktiebolag, Box 5040, S-421 05 Västra Frölunda, SE
(72) Oppfinner(e) Bengt Hedberg, Göteborg, SE
Leif Berntsson, Göteborg, SE
(74) Fullmektig Curo AS, Lundamo

(54) Benevnelse **Framgangsmåte for framstilling av letttilslagsbetong.**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

Framgangsmåte for framstilling av en monolittisk, hovedsaklig sementbundet betong i tetthetsområdet 650- 1300 kg/m³, fortrinnsvis 800- 1200 kg/m³, med gode støpeegenskaper for både bygging in situ og prefabrikasjon.

Betongen består av sementmørtel med et luftporeinnhold på 7- 18 volum% av det totale betongvolumet og tilslagsmateriale bestående av lette organiske eller uorganiske materialer. De mindre kornene i tilslagsmaterialet skal velges sfæriske, eksepsjonelt lette, hydrofobe og motstandsdyktige mot deformasjon, for at vanninnholdet skal kunne reduseres uten forandring av konsistensen. Framstillingen av betongen bygger på at tilslagsmaterialet skal ha en kontinuerlig kornstørrelsesfordeling innenfor hvilken korntettheten minker med minkende kornstørrelse, at det ved blandingen dannes stabile små og store luftporer med forsterkede og fortykkete porevegger, at sementpastaens tiksotropi forsterkes og at luftporer erstatter tilsvarende volum sandpartikler utover dem som er nødvendige for luftporedannelse. Effektene framkommer med kompleks-funksjonelle polymere mikropartikler på hvilke det adsorberes forskjellige tensidsystemer. Såvel luftporer med sine fortykkete vegger, som de letteste tilslagspartiklene reduserer tetthetsforskjellene mellom kontinuerlig medium og luftporer- tilslagskorn.

Den foreliggende oppfinnelsen angår en framgangsmåte for framstilling av lettilslagsbetong i tetthetsområdet 650- 1300 kg/m³ sammensatt av en mørtel, omfattende et hydraulisk bindemiddel, sand, vann, luftporer samt et
5 tilslagsmateriale bestående av en blanding av lette organiske og/eller uorganiske materialer.

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører nærmere beskrevet en framgangsmåte for framstilling av en separasjonsstabil betong med ekstremt lav fyllingstetthet og
10 monolittisk struktur, noe som frambringes ved at det ved blandingen skapes et stabilt luftporesystem av såvel små som store luftporer, hvis vegger er fortykket ved hjelp av sementkorn- flokkulering samt at en mellomfraksjon av tilslags- materialet erstattes med korn med eksepsjonelt lav
15 korn-tetthet. Med hensiktsmessig sammensetning av tilslags- materialet når det gjelder kornstørrelsesfordeling og korn-tetthetsfordeling samt luftporesystemets egenskaper, oppnås en støpemasse med gode støpeegenskaper så som god bevegelighet, homogenitet og separasjonsstabilitet.

20 Med hensiktsmessig sammensetning av tilslags- materialet forstås også valg av en mellomfraksjon med sfæriske, eksepsjonelt lette, hydrofobe og deformerings- motstandsdyktige korn som resulterer i en vannreduksjon uten konsistensendring. I herdet tilstand oppviser betongen
25 egenskaper som karakteriserer betong med særlig god bestandighet mot klimatisk nedbrytning.

Mange ulike framgangsmåter for framstilling av betong med lavere tetthet enn vanlig betong er velkjent fra betongteknologiområdet.

30 Reduksjon av tetthet kan frambringes dels ved å øke porøsiteten av mørtelen, dvs. øke volumet av luft på bekostning av fast materiale, luft- eller gass- innføring, dels ved å bytte ut faste materialkomponenter med stoffer med mindre tetthet. Eksempel på det første
35 prinsippet er gassbetong, hulromsbetong og skumbetong.

Eksempel på det andre prinsippet er monolittisk lett-tilslagsbetong. Kombinasjoner av begge er dessuten kjente og utnyttet. Å bytte ut det tunge tilslagsmaterialet i normalbetong med tilslagsmateriale med mindre fyllings-

5 tetthet medfører flere problemer.

På grunn av tetthetsforskjeller mellom lette korn, partikkelfase og omgivende mørtel eller sementpasta, kontinuerlig fase, inntreer separasjon ved håndtering og støping.

10 Problemet er løst i 3L- betong ved en liten tilsetning av luftporedannende stoffer i form av polymere mikropartikler. Med 3L- betong forstås den betongen som er beskrevet i SE-patentskrift 7614519-2, 7614518-4 og 8100489-7. Hulromsbetong med lett tilslagsmateriale, 15 skumbetong og gassbetong ligger hovedsaklig i tetthetsområdet 300-700 kg/m³.

Det er videre kjent å tilvirke betong med lav tetthet ved å innblande tilslagsmateriale med korntetthet under 100 kg/m³ og med kornstørrelse i området 0-3 mm til tyngre 20 tilslagskorn som er større enn 3 mm. I samtlige av disse løsningene med innblanding av tilslagskorn med eksepsjonelt lav korntetthet oppstår stabilitetsproblemer i den ferske betongmassen.

Det er gjort forsøk på å løse dette på flere måter ved 25 tilsetning av fortykningsmidler, luftporedannende stoffer, plastiserende og luftporedannende stoffer eller epoksyemulsjoner for å frambringe klebrighet på de lette tilslagskornenes overflate.

I tetthetsområdet 650-1050 kg/m³ savnes i dag 30 sementbundete betongmasser med gode støpeegenskaper for å kunne tilvirke betong med monolittisk struktur (av gresk monos=en og lithos=stein). Framfor alt savnes slike betongtyper som egner seg for plasstøping.

Minskning av betongens fyllingstetthet ved å bytte ut 35 tilslagsmateriale med høy korntetthet med tilslagsmateriale med lav korntetthet er mulig både når det gjelder små korn, sand og store korn og stein. Den vanligste framgangsmåten

innebærer å bytte ut tilslagsmateriale med kornstørrelser innenfor grovtilslagsområdet. I fintilslagsområdet kan erstatningspartiklene være luftporer. Med hensyn til at det i en mørtelblanding skal finnes sandpartikler med størrelsen
5 0,2–0,6 mm for dannelse av luftporer, kan sandpartikler utenfor dette området ($<0,2$ hhv. $>0,6$ mm) erstattes med luftporer. Volumet av porene bestemmes av type og mengde luftporedannende stoffer mens størrelsesfordelingen reguleres av tilslagsmaterialesammensetningen og
10 luftporedannertypen. Problemet består i å stabilisere luftporene, noe som løses ved hjelp av oppfinnelsen.

Innenfor bygningsmaterialområdet tillegges materialets bestandighet stadig større betydning. Dette gjør det viktig å samtidig med forsøket på å frambringe lette materialer
15 kunne minimere den vanlige uunngåelige forringelsen av tekniske egenskaper og bestandighet. Til den foreliggende oppfinnelsen hører løsningen at betongens bestandighet, så som evne til å motstå nedbrytning av klimaet, tilsvarer en høykvalitativ normalbetongs bestandighet og t.o.m. er denne
20 overlegen i visse tilfeller.

For å oppnå en monolittisk betong der hulromsvolumene mellom tilslagskornene er fullstendig utfyllt, kreves et minste volum av bindemiddelfase hvor det også kan inngå luftporer.

25 Betongemassens bevegelighet krever et visst overskudd av denne kontinuerlige bindefasen sammenliknet med hva som er teoretisk nødvendig. Med hensyn til den herdete betongens egenskaper skal imidlertid overskuddsvolumet være minimalt. En god støpbar, dvs. bevegelig og stabil betong, forutsetter
30 at tilslagsfraksjonenes kornstørrelsesfordeling har en volummessig kontinuerlig fordeling uten partikkelavstand. Videre skal kornene ha en tilnærmet sfærisk form.

Teorier og modeller for kontinuerlig kornfordeling av tilslagsmaterialet finnes angitt i litteraturen.

35 Fuller-kurven er ofte benyttet som norm for en ønsket partikkelfordeling. Av dette framgår at spillrommet for de ulike delmaterialenes volumandeler er temmelig begrenset.

En velkomponert monolittisk lettilslagsbetong har følgende omtrentlige sammensetning:

	Sement	10 vol%
5	Vann	20 vol%
	Luftporer	10 vol%
	Fint tilslagmateriale	10 vol%
	Grovt tilslagsmateriale	50 vol%.

10 Fra bestandighetssynspunkt er det ikke ønskelig å overdrive volumet med luftporer for å minske betongens tetthet. Poresystemer åpne for vann øker angrepsflata med raskere nedbrytning som følge. Betongens tetthet blir da, som det framgår av ovenstående tabell, hovedsaklig avhengig
15 av tilslagsmaterialets korntetthet.

Nå for tiden kan det anses som alment vedtatt at luftporesystem gis bestemte egenskaper såsom porevolum, porestørrelse og fordeling for å oppnå god frostbestandighet i betongen. Som oftest bruker man å stille krav til største
20 avstandsfaktor, som bl.a. kreves for å beregne minste kritiske luftporevolum. Luftporer dannes i løpet av blandingen. Sandpartikler i størrelsesområdet 0,2-0,6 mm har dermed vist seg å ha en avgjørende betydning for luftporedannelsen. Mekanismen for luftporedannelse baseres
25 på en samvirkning mellom luftporedannende stoffer, sementkorn, vann og den nevnte sandfraksjonen. Sandkornene vil i blottlagte flater mot luft gi ujevnheter. Idet to mot hverandre liggende flater lukkes, innkapsles luft. Sandpartikler vil etterpå finnes i nærheten av luftporene og
30 gi en geometrisk og mekanisk beskyttelse mot sammenbrudd.

Forsøk, og med teoretiske resonnementer som støtte, har vist at korntettheten for de ulike inngående kornstørrelsene har en stor betydning for betongmassens stabilitet. Herved er det ønskelig at kornenes tetthet minker med minkende
35 korndiameter. Til støtte for dette kan anføres den forbindelsen mellom korntetthet i omgivende kontinuerlige fase, sementmørtel eller sementpasta, partikkeldiameter og

bevegelseshastighet av kornene som uttrykkes ved Stokes formel.

Det normale forholdet ved porøse tilslagsmaterialer er at korntetthetene øker med minkende partikkelstørrelse.

5 Dette er særlig utpreget for syntetisk mineraltilslag som ved tilvirkningen sintres til partikler i roterovner, eksempelvis lettklinker. De fleste lettilslagsmaterialer vil derfor være beheftet med ufordelaktig korntetthetsfordeling.

Ved tilsetning av en særskilt avpasset sammensetning av
10 polymere mikropartikler, hvori inngår partikler med forskjellige egenskaper og virkemåte, har separasjon kunnet forhindres ved forsterkning av sementpastaens tiksotropi og fortykkete sementpastaskall rundt luftporer. I den heredete betongen oppnås etter uttørking hydrofobe egenskaper
15 likefordelt i strukturen.

For å forhindre separasjon av delkomponenter i den ferske betongen, skal følgende punkter bemerkes:

1. Balansering av dynamisk og gravimetrisk separasjon. Den dynamiske effekten oppnås ved eksempelvis vibrering idet
20 sementpastaens viskositet minker og idet tilslagspartikler med ulik størrelse og tetthet kan bevege seg i forhold til hverandre.

2. Forsterkning av sementpastaens tiksotropi. Tiksotropi ytrer seg som forskjell i viskositet for sement-
25 pasta i hvile og under vibrering. Massen blir tilstrekkelig lett bevegelig og formbar utelukkende under pakningsperioden.

3. Økning av klebing mellom ballastkorn og bindemiddel ved forbedring av fukteevnen. Dette er særlig viktig idet
30 tilslagskornenes flater har liten affinitet overfor vann, dvs. er hydrofobe.

4. Låseeffekten mellom tilslagskorn. For å få låsning kreves et visst minimumsvolum av grove tilslagspartikler og en viss fordeling i forhold til øvrige mindre partikler.

35 5. Stabilt luftporesystem. Luftporer dannes under blandingen ved minking av vannets overflatespenning eller adsorpsjon av hydrofobe- hydrofile partikler i grensesonen

mellom luft og vann. Stabiliteten avhenger av styrken, deformerbarheten og diffusjonstettheten av veggen som omgir luftporene.

Luftporer med sine vegger forenkler betongens
5 bevegelse, samtidig som de utgjør et hinder for at enkelte tilslagspartikler fritt kan bevege seg.

Risikoen for separasjon er spesielt stor idet tilslagskornenes tetthet skiller seg betydelig fra tettheten av den omgivende kontinuerlige fasen, idet
10 viskositeten i denne fasen er lav, f.eks. ved vibrering og fordi volumet av tilslagskornene er lite.

Den klassiske teorien for betongens stabilitet baseres på gravitasjonskraftens innvirkning på de enkelte diskrete delkomponentene og på endringen av betongen med tiden under
15 påvirkning av overlagrete krefter.

Bird, Stewart og Lightfoot har angitt en matematisk sammenheng for bevegelse av partikler i ulike medium, fra hvilken Stokes formel kan beregnes som spesialtilfelle. Partikkelhastigheten i følge Stoke bestemmes av følgende
20 uttrykk:

$$v = -\frac{d^2 \cdot \Delta \rho \cdot g}{18 \cdot \eta} \quad (1)$$

der d er partikkeldiameteren, $\Delta \rho$ er tetthetsforskjellen
25 mellom partikkel og kontinuerlig medium og η er viskositeten. Stokes lov anvendes ved betraktninger av betongsammensetningens stabilitet. For luftporer skal sementpastaen betraktes som bindemiddel ("matris") og for tilslagskornene alt det bindemiddel som inneholder partikler
30 med mindre kornstørrelse enn det undersøkte kornet.

Ren sementpasta har minst viskositet og jo mere luftporer og partikler som tilføres denne, jo mere øker viskositeten. Sluttresultatet blir at idet partikkeldiameteren øker (kvadratisk proporsjonalt), skal samtidig forskjellen
35 mellom partiklenes korntetthet og bindemidlets tetthet minke og viskositeten øke. For lettilslagsbetong oppfylles dette om korntettheten minker med minkende kornstørrelse.

Bevegelsen av de største lettilslagskornene skal bringes til et minimum. Tiltrekningskrefter (ulike ladninger) mellom innbyrdes sementkorn er forklaringen på den flokkulerte tilstanden, som vanlig sementpasta befinner seg i. Ved tilførsel av energi, vibrasjoner, brytes disse tiltrekningskreftene og viskositeten minker.

Det er kjent at man kan forsterke kohesjonen og tiksotropien ved å innføre små partikler med spesifikke egenskaper, f.eks. av Al_2O_3 og SiO_2 . I oppfinnelsen inngår tilførsel av en med kalsiumioner destabiliserbar, tensidkledd polymerpartikkel med størrelse omtrent som middelsementkornene. Slike partikler fordeles jevnt i sementpastaen og øker sementpastaens tiksotropi.

Et av de store aktuelle problemene innenfor betongutviklingen er å kunne frambringe stabile luftpore-system. En konvensjonell løsning går ut på å tilsette visse såkalte luftporedannere med virkning i molekylær skala ved adsorpsjon til fasegrensen vann og luft, ved delvis hydrofobering av sementkorn eller ved utfelling og dannelse av delvis hydrofobe flokker. I samtlige tilfeller skjer adsorpsjonen i fasegrensen vann- luft.

Hovedformålet med oppfinnelsen er å komme fram til en framgangsmåte for framstilling av lettilslagsbetong, som gir forbedring med hensyn til de ulemper som er nevnt ovenfor. Dette kan kan oppnås ved å gå fram som angitt i patentkrav 1. Ytterligere trekk ved oppfinnelsen er angitt i de øvrige patentkravene.

Den foreliggende oppfinnelsen benytter en syntetisk med kalsiumionstabil aniontensid delvis kledd hydrofob polymerpartikkel med størrelse omtrent 1/10 av sementpartiklenes middelstørrelse, 5 mikrometer. Ved avpassing av partiklenes hydrofilitet og hydrofobitet fås disse til å adsorberes på fasegrensene mellom vann og luft og bidrar til dannelse og stabilisering av luftporene. Konsentrasjonen av disse polymere mikropartiklene i luftporeflater kunne studeres med SEM- teknikk.

De tidligere nevnte større polymerpartiklene med

- tiksotropiforsterkende effekt vil under blandingen konsentreres ved luftporenes overflate der tiksotropien og kohesjonen blir ytterligere forsterket. Også de mindre mikropartiklene bidrar til dette. Bevegeligheten av massen med tilslagsmateriale og porer skjer ved blandingen i skjærflater midt imellom partiklene og luftporene. Dermed dannes et skalliknende sterkt område rundt luftporene, som motvirker rekombineringen av luftporene og forvansker diffusjon av luft.
- 10 Oppbyggingen av forsterkede luftporevegger under betongblandingen og øvrig behandling i fersk tilstand ved aktiv virkning av flerfunksjonelle polymerpartikler på hvilke forskjellige tensidsystemer er adsorbert, framgår av den følgende beskrivelsen.
- 15 Til grunn for forsterkning av luftporesystemet ligger utnyttelsen av ulike polymerpartikler, framfor alt stabilisert med ulike tensider. Polymerpartiklene er fortrinnsvis seg i mellom stabile og de kan fortrinnsvis blandes og lagres i form av en eneste dispersjon med
- 20 partikkelkonsentrasjon av 10 til 50%. Den ene typen består av små polymerpartikler med diameter 0,1-1,0 mikrometer, stabilisert med et anionisk eller anionisk-ikke-ionisk tensid, hovedsaklig stabil overfor kalsiumioner (toverdige kationer) og høye pH-verdier (>12). Polymerpartiklene kan
- 25 bestå av homopolymere eller kopolymere med såvel hydrofobe som hydrofile grupper, fortrinnsvis hydrofobe. Deres fordeling tilpasses bl.a. til tensidsystemet. Selve materialet i partiklene kan være filmdannende eller ikke filmdannende ved normal romtemperatur.
- 30 I den herdete betongens luftpore- og kapillærvegger dannes semipermeable polymersjikt, som ved sin hydrofobitet og begrensede gjennomslippelighet påvirker betongens bestandighet positivt. Den andre typen utgjøres av polymerpartikler, naturlige eller syntetiserte, med diameter
- 35 1-5 mikrometer, tilsvarende sementkornenes middeldiameter, stabilisert med et eller flere anioniske ikke kalsiumstabile tensider eller tensid som er ustabil overfor høye

pH-verdier. På partiklenes overflate skal det overveiende finnes hydrofobe grupper. Med disse to beskrevne polymerpartiklene oppnås at ved blanding dannes og stabiliseres luftporer i mørtel og betong. Visse over-
5 flateaktive stoffer, tensider, har evne, alt etter sin oppbygging, til å adsorberes på flater. Tensidenes hydrofobe ende adsorberes på flater med hydrofob karakter, så som hydrofobe polymerpartikler. Tilsetning av sement- og tilslagspartikler til polymerdispersjonen innebærer at nye
10 flater tilføres, slik at tensider kan overflyttes fra polymerflater via vannfasen i betongen til de nye flatene selv om den overveiende delen har hydrofil karakter. Ved en slik omfordeling av tensidene på nye flater vil polymerpartiklenes hydrofobe flate øke og dermed selve evnen
15 til å adsorberes på grensesonen vann-luft i luftporeflater. Avkledningseffekten kan forsterkes ved å tilføre nye hydrofobe flater til betongen, så som polymerpartikler med ikke tidligere tensidkledde flater. Polymerpartiklene kan ha tilslagspartikkelstørrelse eller mindre. Overføringen og
20 adsorpsjonen øker i styrke med økt hydrofobitet og mengden omplassert tensid er proporsjonal med det hydrofobe arealet.

Det som her er beskrevet er vanligvis knyttet til de kalsiumstabile tensidene. Den andre typen polymerpartikler med destabiliserbart tensid blir raskt forandret eller
25 omdannet i kontakt med blandingsvannet, slik at de polymere mikropartiklene ikke lenger er dispergerbare. Ved at flatene mister sin ladning eller blir avkledde ved utfelling av tensidene, kan de flokkulere eller på annen måte festes til sement- eller tilslagskorn. Sementpastaens tiksotropi vil
30 forsterkes.

I mørtel og betong dannes luftporesystem med polymere mikropartikler adsorbert i luftporeflatene etter samme mekanisme som forekommer ved luftporedannelsen i 3L-betong. Den ytterligere effekten består av destabiliserte
35 polymerpartiklenes virkning for å bygge opp forsterkede sjikt rundt luftporene.

Av Stokes formel framgår at det er de større

luftporene, eksempelvis 100-500 mikrometer, som er mest på-
virkbare av gravitasjonen og dermed mest separasjons-
villige. I løpet av blandingen vil bevegelsen i skjær-
flatene skje nær luftporeflatene, imidlertid ikke gjennom
5 selve luftporene. Som tidligere nevnt finnes det allerede
polymerpartikler adsorbert på flatene. Ved bevegelse i
nærheten av disse festes øvrige destabiliserte polymer-
partikler på de i flata adsorberte og også til hverandre,
jfr. snøballeffekten. På denne måten konsentreres polymer-
10 partikler til poreveggene og forsterker disse.

Luftporene skal kunne betraktes som en del av en hul
partikkel med polymerpartikkelstabiliserte vegger av
sementpasta. Forholdet som er beskrevet er konstatert ved
mikroskopistudier der sammenlikninger er gjort mellom flere
15 forskjellige typer luftporedannere. En tydelig forskjell
foreligger mellom veggoppbyggingen ved anvendelse av kon-
vensjonelle luftporedannere og av utelukkende luftpore-
stabiliserende polymerpartikler, som viser mer eller mindre
langt kommet rekombinerbarhet. De såkalte luftpore-
20 partiklenes tetthet eller porenens tilsynelatende tetthet kan
bestemmes av uttrykket:

$$\rho_{\text{por}} = \gamma_{\text{vegg}} \cdot (D + 2t)^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{D + 2t} \right)^3 \right] \quad (2)$$

25 der t er veggtykkelsen og D er luftvolumets diameter. Ved
tykkelsen 1/10 av diameteren vil den tilsynelatende tett-
heten av luftporene ligge i området $600 - 800 \text{ kg/m}^3$, dvs.
tetthet som er vanlig i lett tilslagsmateriale.

En sentral del av oppfinnelsen er komplekst virkende
30 polymere mikropartikler som har som oppgave å stabilisere
luftporer og betongmasse med lette tilslagskorn.
Mikropartiklene er av to størrelser stabilisert med
forskjellige tensidsystemer. De små partiklene skal hoved-
saklig være sfæriske, ha en partikkeldiameter på 0,1-1,0
35 mikrometer, være kjemisk inerte i forhold til sement-
mørtelens øvrige komponenter samt utmerkes ved et deres
overflate som sådan er hydrofob og at det på denne hydrofobe

partikkelflata adsorberes et anionisk eller svakt anionisk (anionisk - ikke ionisk) tensid i en mengde tilsvarende 0,1-5,0 vekt% beregnet på partikkelens overflate. Tensidet skal være stabilt eller delvis stabilt med hensyn på

5 kalsiumioner og høye pH-verdier.

Som partikkelformet produkt skal anvendes en homopolymer eller en kopolymer av styren og/eller en eller flere estere av akryl- eller metakrylsyre med den generelle formelen:

10



der $\text{R}_1 = \text{H}$ eller CH_3 og $\text{R}_2 =$ alkoholradikal med 1-18
 15 karbonatomer, så som metylakrylat, etylakrylat, propylakrylat, butylakrylat, heksylakrylat eller 2-etylheksylakrylat, metylmetakrylat, etylmetakrylat, butylmetakrylat, heksylmetakrylat, 2-etylheksylmetakrylat og at disse polymerpartiklene har en partikkelstørrelse på fortrinnsvis
 20 0,1 - 1,0 mikrometer og at det på deres overflate adsorberes 0,1 - 3,0 vekt% beregnet på hele partiklenes masse av et anionisk eller svakt anionisk tensid eller en kombinasjon av anionisk og ikke ionisk tensid. Varianter kan være partikler hvis hydrofobe del utgjøres av styren eller akrylater. En
 25 annen variant kan være at partiklene består av kopolymere av typen akryl-vinylidenklorid eller ren vinyliden-klorid på hvis overflate 0,1 - 3,0 vekt% av et anionisk tensid eller anionisk-ikke ionisk tensidkombinasjon adsorberes. En tredje variant av det partikkelformete materialet kan være
 30 partikler av en kopolymer av styren-butadien på hvis flate 0,1-5,0 vekt% anionisk eller anionisk-ikke ionisk tensid adsorberes. Videre kan partikkelformete materialer bestå av polyeten på hvis overflate anionisk eller anionisk-ikke ionisk tensidkombinasjon er adsorbert i en mengde på 0,1-5,0
 35 vekt%. Den andre delen av partiklene utgjøres av den større typen med en partikkeldiameter på 0,5-10 mikrometer, fortrinnsvis 1-5 mikrometer av syntetisert type eller ikke syntetisert hydrofobt naturprodukt så som asfalt på hvis

overflate et anionisk kalsiumdestabiliserbart tensid adsorberes. Som tensid kan eksempelvis anvendes såper av ulike slag.

De partikkelformete materialene av syntetisert type framstilles enklest ved emulsjonspolymerisasjon i sam-
5 svar med for en stor del tidligere kjent teknikk, men den hydrofobe-hydrofile balansen som avspeiles i den for partiklene gjeldende likevekten mellom hydrofobe partikler og på disse adsorberte mengder anionisk eller anionisk-ikke
10 ionisk tensidkombinasjon av kalsiumstabil karakter på ingen måte er den som oppnås ved en helt konvensjonell emulsjonspolymerisasjon. Balansen mellom de hydrofobe syntetiserte mindre partiklene og de på disse partiklene adsorberte mengdene anionisk eller anionisk-ikke anionisk
15 tensidkombinasjon angir på en relativt generell måte så nøye som mulig den mengden tensid, som stabilt kan adsorberes på partiklenes overflate. Det partikkelmaterialet med den større størrelsen skal være belagt med et slikt tensid at destabiliseringen og utfellingen skjer så raskt og så
20 fullstendig at disse partiklene ikke får adsorbsjonsegenskaper for fasegrensen vann og luft. Dette er mulig ved å anvende tensider av typen såper. Partiklene inngår i blandingen sementkorn og vann med jevn fordeling og er spesielt konsentrert til luftporevegger. Forholdet mellom
25 de små og store har vist seg i vekt% å være i området 5-30%, fortrinnsvis 15-25%. For stor mengde av de kalsiumfølsomme partiklene kan gi en økning av nødvendig vannsementtall og dermed forringete egenskaper av den herdete betongen. Videre kan også for stor andel store polymerpartikler gi
30 inhomogeniteter i sementpastaen.

De tensidene som utnyttes for stabilisering av de mindre polymere mikropartiklene er også virksomme for fukting av tilslagsflater. Dette gjelder prinsipielt tensidtyper som er kalsiumstabile. Som hydrofobe tilslags-
35 typer kan nevnes tilslagskorn av polystyren, polyeten, polyvinylklorid m.fl.

Jo større hydrofobitet overflatene har, desto sterkere adsorberes vanligvis tensidet. Fukting er en forutsetning for kombinerbarhet med vannet i sementpastaen.

De kalsiumfølsomme tensidene som tilhører stabilisering av de store polymerpartiklene forekommer også frie, dvs. uadsorberte. Ved binding av kalsiumioner har de mistet sin tensidvirkning, men kan etterlate sitt bidrag som et

5 hydrofobt stoff i sementpastaen. Det er en kjent framgangsmåte å tilsette såpe for å frambringe hydrofobering av betong. Mengden totalt tilsatte polymerpartikler er praktisk å bestemme etter mengden sement. Effektene som er beskrevet oppnås ved en tilsetning på 0,2-3,0 vekt%

10 beregnet på sementvekten av samtlige inngående definerte mikropartikkelformete materialer, fortrinnsvis 0,4-1,2 %. Dermed oppnås et luftporevolum som ligger i området 0,06-0,18 m³/m³ totalt betongvolum, for det meste i området 0,08-0,12 m³/m³. Her er det da forutsatt at

15 sementmengden går opp til 300-350 kg/m³ og at ren portlandssement med spesifikk overflate 300-400 m²/kg anvendes.

Følgende forsøk viser innvirkning av dynamisk separasjon, rettet mot gravimetrisk separasjon:

20 1. Lett tilslagsmateriale, kornstørrelse 4-8 mm korntetthet 700 kg/m³, blandes med styrencelleplastpartikler, kornstørrelse 2-4 mm og korntetthet 30 kg/m³ i volumforhold 1:1, i et kar med gjennomsiktige vegger. Karet plasseres på et vibrasjonsbord, frekvens 50

25 Hz, og separeringsforløpet iakttas i løpet av vibreringen. Etter ca. 30 sekunder vil største delen av de lette polystyrenkornene samles i bunnen av karet.

2. Normal finsand (<2 mm) tilsettes letttilslagsblandingen i samsvar med punkt 1. I løpet av

30 vibreringen sees at finsanden stabiliserer blandingen og separasjonen drøyes.

3. Betong lages med følgende sammensetning:

	Sement	315 kg/m ³
	Sand	300 "
35	Celleplast 2-4mm	8 "
	Lettkl. 4-12 mm	200 "
	Vann	170 "
	Luftporedanner	0,05% av sementvekt (5% luftinnhold).

Betongen fylles i en betongform, type veggform, med høyde minst 50 cm. Etter ett døgn avformes elementet og sages i to i høyderetningen. Dermed kan man iaktta en tydelig separasjon. De lettere polystyrenpartiklene har ved dynamisk
5 separasjon blitt forskjøvet mot bunnen av elementet.

4. Betong med sammensetning i samsvar med punkt 3, der den konvensjonelle luftporedanneren byttes ut med polymerdispersjonen, beskrevet i svensk patent 7614519-2, 7614518-4, 8100489-7. Betongen oppnår et luft-volum som
10 tilsvarer omtrent 10 vol%. Under vibreringen vil luftporene motvirke tilslagsseparasjonen idet luftporene har en tendens til å ikke forlate pastaen uten å drives mot vibreringskilden. De tilsatte eksepsjonelt lette tilslagspartiklene består hovedsaklig av ekspandert polystyren med
15 partikkeldiameter 0,5-4 mm. Mengde tilsatte polymere mikropartikler var 0,5-3% av sementvekten, fortrinnsvis 0,5-1,0%. Volum tilsatte ekspanderte polymerpartikler var 5-55 % av lettilslagsvolumet. Med den kompleksfunksjonelle mikropartikkelsammensetningen som her er beskrevet ble
20 følgende resultat oppnådd.

Fersk betong:

Ved tilvirking av betongmassen kan de ekspanderte
25 polystyrenpartiklene tilsettes etter at mikropartikkeltilsetningen delvis har nådd sin tiltenkte virkning på de øvrige delmaterialene.

Ytterligere luftporer oppnås i forbindelse med fukting av polymeroverflata av det hydrofobe tilslagsmaterialet.
30 Konsistensintervallet for betong i tetthetsområdet 700-1200 kg/m³ er 30-40 cm målt i utbredning. Tilsvarende konsistensverdi for 3L-betong er 36-42 cm. Sammenholding og homogenitet kan bedømmes ved bestemmelse av utbredningsmålet på samme måte som ved bedømming av vanlig
35 betong eller 3L-betong. Komprimering av betongen krever noe redusert og mer fordelt pakningsenergi. Ved pakking med

vibrering oppnås ubetydelig separering av de inngående lette og tunge tilslagspartiklene eller sementpastaen. En viktig observasjon er at man har kunnet minske mengden tilsatt vann sammenliknet med blandinger uten ekspanderte poly

5 styrenpartikler og ha uforandret formbarhet og sammenholding. Det er kjent for vanlig betong at man med luftporer kan minske vanninnholdet uten at konsistensen endres. Tommelfingerregelen er at 1% luftinnholdøkning reduserer vannmengden med 5 liter/m³. Ved tilsetning av ekspanderte

10 polystyrenpartikler eller liknende tilslagsmateriale kan vannmengden reduseres med omkring 25% beregnet på summen av inngående volum luftporer og ekspandert polystyren uten endring av konsistensen. For betongegenskaper vanligvis er det viktig å forsøke å kunne minske mengden blandingsvann

15 uten at konsistensen endres. Dette har vist seg mulig å oppnå ved å bytte ut visse tilslagsfraksjoner som tidligere beskrevet. Kornene skal ha sfærisk form, ikke være vannabsorberende, ha ekstremt lav korntetthet og stor deformerbarhet. Et materiale som oppfyller disse kravene er

20 bl.a. ekspanderte polystyrenpartikler med størrelse fra 0,5 opp til noe over 8 mm. Partiklene virker ved å gi stor bevegelighet av betongmassen, kulelagervirkning. Blandingstidene kan holdes lave, og luftporedannelsen kan forenkles.

25

Herdet betong:

Den herdete betongens styrke følger i stort sett de forbindelser som er vist i Olav Berges doktoravhandling "Armerte konstruksjoner i lettilslagsbetong", og kan settes

30 som en funksjon av mørtelens og ballastens ekvivalente styrke og deres volum. De gjennomførte forsøkene tyder på at middelstyrkene ligger 10-15% over de forventete verdiene. Dette kan forklares med at de sfæriske ekspanderte polystyrenpartiklene danner et nærmest sfærisk hulrom med et

35 forsterket skall eller vegg av sementpasta. Denne skallvirkningen tyder på en positiv innvirkning på styrkeegenskapene. Skalloppbyggingen har en påtakelig lik-

- het med den som ovenfor er beskrevet for luftporer med de positive konsekvenser som oppnås også i fersk tilstand, så som øking av korntettheten. I det utprøvde tetthetsområdet 700-1200 kg/m³ ligger trykkstyrkene i området 4,5-14,0
- 5 MPa. Den relative styrketilveksten er større enn i 3L-betong og dermed betydelig større enn i normalbetong. Som retningsverdi angis en 1-døgnsstyrke som overstiger 50% av 28-døgnsstyrken ved normallagring. Som direkte utmerkende positive effekter i den herdete betongen kan nevnes:
- 10 -Frostbestandigheten er svært god, uansett hvilken prøvningsmetode som anvendes, og t.o.m. bedre enn for 3L-betong.
- Brannbestandigheten har mot formodning vist seg å være overraskende god. Ved høye temperaturer smelter
- 15 polystyrenmaterialet og dekker hydratiseringsproduktene hvorved en polymerfilm dannes i hulromsveggen. Ved åpen flamme mot polystyrenpartiklene i betongens overflatesjikt utvikles ikke brennbare gasser i slik omfatning som kreves for antenning og opprettholdelse av forbrenning.
- 20 -Som retningsverdier for betongens termiske konduktivitet angis følgende verdier:

	Fyllingstetthet (kg/m ³)	Varmeledningstall (W/mK)
25	700-800	0,14-0,20
	900-1000	0,18-0,28
	1200-1400	0,40-0,55

- Innføringen av polystyrenpartikler i betongmassen medfører
- 30 en minsket vannabsorpsjon. Dette følger av at partiklene i seg selv ikke absorberer vann verken i den ferske eller den herdete betongen. Lavt vanninnhold i betongen innebærer også minsket byggefukt og kortere uttørkingstid.
- Man kan hensiktsmessig frambringe en utsintring av
- 35 polymerpartiklene i betongens overflatesoner ved lokal varmebehandling eller ved svelling med hensiktsmessige løsningsmidler.

Eksemplet nedenfor gjelder betongtyper framstilt ved framgangsmåten i samsvar med oppfinnelsen.

5 EKSEMPEL 1. Fraksjon 1-4 mm polystyren, 4-12 mm lett tilslagsmateriale.

a. Tetthetsklasse: 700 kg/m^3 (28d) 750 kg/m^3 (fersk)

10	Mtrl.	Masse (kg)	Volum (liter)
	Sement	240	76
	Sand	160	60
	Polystyren	10	245
	Lettklinker	200	333
15	Vann	136	136
	Luft		150

b. Tetthetsklasse: 800 kg/m^3 (28d) 850 kg/m^3 (fersk)

20	Sement	250	79
	Sand	220	83
	Polystyren	6	198
	Lettklinker	228	380
	Vann	143	143
25	Luft		120

c. Tetthetsklasse: 900 kg/m^3 (28d) 950 kg/m^3 (fersk)

30	Sement	275	87
	Sand	230	87
	Polystyren	8	209
	Lettklinker	280	350
	Vann	157	157
	Luft		110

168351

18

d.Tetthetsklasse: 1000 kg/m³ (28d) 1050 kg/m³ (fersk)

	Sement	300	95
	Sand	260	98
5	Polystyren	5	133
	Lettklinker	317	396
	Vann	168	168
	Luft		110

10 e.Tetthetsklasse: 1100 kg/m³ (28d) 1145 kg/m³ (fersk)

	Sement	310	98
	Sand	318	120
	Polystyren	3	82
15	Lettklinker	344	430
	Vann	170	170
	Luft		100

f.Tetthetsklasse: 1200 kg/m³ (28d) 1245 kg/m³ (fersk)

20

	Sement	325	103
	Sand	320	120
	Polystyren	1	32
	Lettklinker	423	470
25	Vann	175	175
	Luft		100

EKSEMPEL 2.-Fraksjon 1-4 mm 80% lettklinker og 20% polystyren. 4-12 mm lett tilslagsmateriale.

30

	Sement	300	95
	Sand	305	115
	Polys.+Lk	143	281
35	Lettk.	219	249
	Vann	162	162
	Luft	0	97

EKSEMPEL 3. Fraksjon 1-4 mm polystyren, 4-12 mm slaggpellets (korntetthet 1600 kg/m^3).

5	Sement	310	99
	Sand	256	97
	Polys.	8	200
	Slagg	539	337
	Vann	167	167
10	Luft	0	100

Eksempel 2 viser at man kan justere en tilslagsfraksjons middeltetthet for å senke betongens tetthet.

Eksempel 3 viser at man kan minske betongkostnadene ved å
15 anvende billigere delmaterialer.

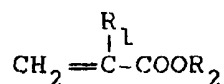
Patentkrav:

1. Framgangsmåte for framstilling av
letttilslagsbetong i tetthetsområdet $650-1300 \text{ kg/m}^3$
sammensatt av en mørtel, omfattende et hydraulisk
binde-middel, sand, vann, luftporer samt et
5 tilslagsmateriale bestående av en blanding av lette
organiske og/eller uorganiske materialer,
k a r a k t e r i s e r t ved at tilslagssammensetningen
velges slik at partikkeldensitetene øker med økende
partikkelstørrelse kontinuerlig eller trinnvis og at
10 støpemassens stabilitet ytterligere økes ved tilsetning av
en kombinasjon av polymere mikropartikler av to ulike typer
og med ulike virkemåter for å danne stabile luftporer med
fortykkete vegger, slik at disse porene i støpemassen
beregningmessig kan være lik små sfæriske partikler med
15 bestemt veggtykkelse og partikkeltetthet, hvor
mikropartiklene har en sammenlagt tørrstoffmengde
tilsvarende 0,1-5,0% av bindemiddelmengden, hvorved
kombinasjonen delvis består av polymerpartikler med en
partikkelstørrelse på 0,1-1,0 mikrometer på hvis overflate
20 0,1-5,0 vektprosent anionisk eller anionisk-ikke ionisk, i
det minste delvis kalsiumstabil tensidkombinasjon er
adsorbert og delvis av polymerpartikler med en
partikkelstørrelse på 0,5-10 mikrometer, på hvis overflate
en anionisk eller anionisk-ikke ionisk
25 kalsiumdestabiliserbar tensidkombinasjon er adsorbert i en
mengde på 0,1-5,0 vektprosent, og den større
polymerpartikkeltypen inngår i en mengde tilsvarende 5-30%,
fortrinnsvis 15-25%, i vekt av den totale massen
polymer-mikropartikler.
- 30 2. Framgangsmåte i samsvar med krav 1,
k a r a k t e r i s e r t ved at tilslagsmaterialet
innbefatter fintilslagsmateriale som utgjør ekspanderte
polymere, av type polystyren, polyeten, polyuretan, og med
korntetthet $10-50 \text{ kg/m}^3$ og med en korndiameter i området
35 0,5-8 mm, fortrinnsvis 1-4 mm, eller en kraftig ekspandert

uorganisk finfraksjon i korn-tetthetsområdet 40-200 kg/m³
og i tilsvarende størrelsesområde.

3. Framgangsmåte i samsvar med krav 1,
k a r a k t e r i s e r t ved at som partikkelformet
5 produkt, med en partikkelstørrelse på 0,1-1,0 mikrometer,
som skal innlemmes i mørtelen velges en homopolymer eller en
kopolymer av styren og/eller en eller flere estere av akryl-
eller metakrylsyre med den generelle formel

10



- der R₁ = H eller CH₃ og R₂ = et alkoholradikal med 1-18
karbonatomer, så som metylakrylat, etylakrylat,
15 propylakrylat, butylakrylat, heksylakrylat eller
2-etylheksylakrylat, metylmetakrylat, etylmetakrylat,
butylmetakrylat, heksylmetakrylat og 2-etylheksylmetakrylat.

4. Framgangsmåte i samsvar med krav 1,
k a r a k t e r i s e r t ved at det som partikkelformet
20 produkt, med en partikkelstørrelse på 0,1-1 mikrometer, som
skal innlemmes i mørtelen, velges en kopolymer av
akryl-vinylidenklorid eller styren-butadien.

5. Framgangsmåte i samsvar med krav 1,
k a r a k t e r i s e r t ved at det som partikkelformet
25 produkt, med en partikkelstørrelse på 0,5-10 mikrometer, som
skal innlemmes i mørtelen, velges en polymer så som asfalt.