



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 3823/85

(22) Indleveringsdag: 23 aug 1985

(41) Alm. tilgængelig: 25 feb 1986

(44) Fremlagt: 05 aug 1991

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 24 aug 1984 GB 8421605 09 jan 1985 US 689962

(71) Ansøger: *MARLEY TILE A.G.; Utoqual 43; 8008 Zuerich, CH

(72) Opfinder: John William Michael *Wood; GB, Richard Charles *Hack; GB

(51) Int.Cl.⁵ C 04 B 18/00
C 04 B 18/06
C 04 B 18/10
C 04 B 18/14

(74) Fuldmægtig: Kontor for Industriel Eneret

(54) Letvægtsbetontagsten, fremgangsmåde til fremstilling heraf samt cement/tilslag/vandblanding til anvendelse ved denne fremgangsmåde

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

3823-85

Letvægtsbetontagsten

Letvægtsbetontagsten fremstillet under anvendelse af en cement/letvægtstilslagsmateriale/vandblanding indeholdende et ikke-tixotropisk silicastøv i et vægtforhold mellem silicastøv (beregnet som tør vægt) og cement på ca. 2:98 til ca. 25:75 fortrinsvis ca. 8:92 til ca. 12:88. I blandingen inkluderes et dispergeringsmiddel for silicastøvet. Tilstedeværelse af ikke tixotropisk silicastøv i blandingen muliggør fremstillingen af letvægtstagsten med tilstrækkelig bøjningstrækstyrke. Beton-) tagsten fremstillet ud fra denne blanding er lettere end traditionelle tagsten idet vægtfylden er i området fra ca. 1,2 til ca. 1,6 g/cm³.

Den foreliggende opfindelse angår fremstilling af betontagsten ved hjælp af den kendte rulle- og stryge- fremgangsmåde og angår specielt en fremgangsmåde hvorved der kan fremstilles letvægtsbetontagsten af en type, 5 som fx er anvendelig som erstatning for træspåner af forskelligt format, asfalt shingles, asbestcement tagbelægning, skifer og så videre.

Det er kendt at fremstille betontagsten ved hjælp af den såkaldte rulle- og strygefremgangsmåde, hvor form- 10 materialet, som sædvanligvis er en blanding af cement, sand og vand komprimeres på bevægelige paller først ved hjælp af en rulle og derefter ved hjælp af en strygeblok. Der frembringes herved en bane af tagstensmateriale, som sædvandligvis betegnes som ekstrudatet, som derefter skæ- 15 res ud i stykker med den ønskede længde og hærdes fx ved forhøjede temperaturer under forhold med høj fugtighed til frembringelse af de færdige tagsten. En beskrivelse af den konventielle apparat, som gennem en årrække er anvendt ved kommercielt fremstilling af betontagsten ved 20 hjælp af rulle- og strygefremgangsmåden er fx inkl. i den internationale PCT-publikation nr. WO 85/00135.

Tagsten af i det væsentlige plan eller af krumme konstruktioner fremstilles rutinemæssigt ved hjælp af en rulle- og strygemetoden og har typisk en vægtfylde 25 mellem 2,1 og 2,2 g/cm³. Indbyrdes sammenlåste tagsten har sædvanligvis i England en længde på 413 mm, en bredde på 330 mm og en tykkelse på 11,5 til 12,5 mm og i USA en længde omkring 422 mm en bredde på 333 mm og en tykkelse på 11,5 til 12,5 mm, i det vægten befinder sig i området 30 fra 4,2 til 5,0 kg pr. tagsten, idet forstærkningsribber, fremspring og vejrtætninger, som er placeret på undersiden af de sammenlåste betontagsten forøger totalvægten.

Betontagsten af den beskrevne type frembyder faktisk et tilfredsstillende og i høj grad holdbart tagdæk- 35 ningsmateriale og de anvendes i stort omfang til tagbelægning af nye huse og andre bygninger. Ved tagfornyelser er det imidlertid ofte et problem, at tagmaterialet, som skal udskiftes har lettere vægt i det fx kan bestå

af træspåner af forskellig størrelse, asfaltshingles, asbestcementplader, skifer og så videre og den pågældende bygning kan være ude af stand til at bære den yderligere vægt, som følger af en tagudskiftning med konventionelle
5 betontagsten. I et sådant tilfælde ville det fx med en træskeletbygning være nødvendigt at forstærke den eksisterende tagkonstruktion for at sikre at den kan bære den yderligere vægt. Dette er bekosteligt og i praksis medfører det ofte at man beslutter sig for ikke at an-
10 vende betontagsten ved tagfornyelsen.

Der er således behov for en betontagsten, som har mindre vægt end konventionelle betontagsten af den beskrevne type, men som har tilstrækkelig styrke og holdbarhed, hvorved den bliver egnet som en erstatning for
15 træspåner asfaltshingles, asbestcementplader, skifer og så videre.

Det er velkendt af vægten af beton kan reduceres ved anvendelsen af letvægtstilslagsmaterialer som en hel eller delvis erstatning for sand. Der har til dette
20 formål været forslået talrige letvægtstilslagsmaterialer omfattende naturligt forekommende materialer såsom en sten og slagger og materialer fremstillet ved forskellige produktioner såsom sintret, pulveriseret flyveaske (fx det materiale der forhandles som Lytag fra Pozzolanica-
25 Lytag Limited, Hemel Hempstead, Hertfordshire, England) og ekspanderede materialer såsom ekspanderet ler, skiferler, skifer, vermikulit og perlit. Generelt resulterer anvendelse af sådanne letvægtstilslagsmaterialer med henblik på at opnå en beton med mindre vægt imidlertid
30 i en reduktion af bøjningsstyrken og følgelig må man for at opnå tagsten med tilstrækkelig bøjningsstyrke forøge tykkelsen af tagstenene, der fremstilles af en sådan letvægtsbeton, sammenlignet med tykkelsen ved konventionelle betontagsten i en sådan grad, at der
35 ikke opnås nogen nævneværdig vægtfordel.

Det er formålet med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe en fremgangsmåde til fremstilling af betontagsten, som er væsentligt lettere i vægt end konven-

tionelle betontagsten, men som har en med disse sam-
lignelig bøjningsstyrke.

Et andet problem, som har vist sig ved forsøg på
at fremstille betontagsten ved rulle- og strygefremgangs-
5 måden under anvendelse af letvægtstilslagsmaterialer
som erstatning for sand, er forårsaget af den efterføl-
gende ændring i reologiske egenskaber ved blandingen.
For at fremstille tilfredsstillende betontagsten ved
rulle- og strygemetoden er det vigtigt at blandingen
10 flyder jævnt under ekstruderingen, det vil sige under
kompressionen først mellem pallerne og rullen og der-
efter under den yderligere kompression mellem pallerne
og strygeblokken, idet der ellers sandsynligvis vil
være vanskeligheder med ujævn komprimering, en ru og
15 åben overflade på den udad vendende side af tagste-
nen og ujævne konturer på låseorganer, fremspring og
tætninger på undersiden af tagstenene. Blandingens må
også have en tilstrækkelig grad af sammenhængskraft,
således at der ikke dannes revner i ekstrudatet fx under
20 opskæringen i stykker med den ønskede længde til brug
som tagsten. Selv om det vil være muligt at forøge sam-
menhængskraften i ekstrudatet ved at forøge vandmængden
i blandingen kan dette også resultere i en større ten-
dens hos blandingen til at klæbe til udstyret, som den
25 kommer i kontakt med under fremstillingsprocessen,
fx rotorbladene og siderne i blandeapparatet, transport-
bånd, rullen, strygeklodsen og så videre. Anvendelsen
af en vådere blanding kan også resultere i sammensynk-
ning af de ekstruderede tagsten, fx under skæringen
30 og når de skal overføres til hårdekammeret. Mens kon-
ventionelle cement/sand/vandblandinger har tilfreds-
stillende egenskaber ved anvendelse i rulle- og stryge-
metoden har det vist sig, at erstattes sandet med let-
vægtstilslagsmaterialer modificeres reologien af blan-
35 dningen og den korrekte balance af egenskaber, som er
nødvendige for produktionen af tilfredsstillende ekstru-
derede betontagsten, kan ikke længere opnås. Dette har
ført til forslag om kun at erstatte en del af sandet

i den konventionelle blanding ved letvægtstilslagsmaterialer, hvorved der opnås en blanding med en balance i de reologiske egenskaber, som kommer tættere på den konventionelle cement/sand/vandblanding, men dette fører
5 til en reduktion i vægtfordelen.

Det har været foreslået at indføre fine silicapartikler i cement/tilslagsmateriale/vandblandinger ved fremstilling af betonprodukter inklusive letvægtsbetonprodukter, se fx beskrivelsen USA-patent nr. 3 232 777
10 (Bush), USA-patent nr. 3 880 664 (Schulze), USA-patent nr. 4 087 285 (Kurz) og international PCT-publikation no. WO 80/00959. Tilstedeværelsen af fine silicapartikler i sådanne blandinger modificerer de reologiske egenskaber ved at forøge flydeevnen. I USA-patentskrift
15 nr. 3 880 664 (Schulze) refereres der således til, at til-sætning af små mængder silicastøv er særdeles fordelagtigt ved visse former for ekstrudering (spalte 4, linie 16-18), og til, at silicastøv tilfører generelle og overlegne ekstruderingssegenskaber (spalte 4, linie 22), idet det anvendte
20 silicastøv er af en stærkt tixotropisk type og blandingen er meget flydende og smidig (spalte 4, linie 37-38). Der er også i USA patentskrift nr.

3 880 664 (Schulze) anvist en stærkt forøget vandmængde i forbindelse med silicastøvet når dette især anvendes
25 ved letvægtsprodukter (spalte 5 linie 7-10). Den internationale PCT-publikation nr. WO 80/00959 beskriver også anvendelsen af frit flydende blandinger (se fx side 9 linie 23, side 24 linie 20-25, side 27 linie 12-21) hvor det kan ses ud fra konsistensprøverne beskrevet på side 64 linie 28 til side 65 linie 3, hvor
30 blandinger har en stærk tendens til at synke efter formningen.

De fritflydende blandinger beskrevet i de ovenfor-nævnte publikationer er uegnet til anvendelse i rulle-
35 og strygemetoden ved fremstilling af betontagsten, ved hvilken det er nødvendigt at blandingen ikke flyder og har en ringe tendens til at synke efter formningen.

I modsætning til de blandinger, som er prøvet for konsistens i den internationale PCT-publikation nr. WO 80/00959, skal blandinger der er egnet til rulle- og strygemetoden til fremstilling af betontagsten have diametermålinger på ikke mere end 10,5 cm, når de evalueres i henhold til britisk standard nr. 4551 ved måling af spredningen af en kegle af blandingen formet ved at indføre blandingen i en $5,08 \pm 0,05$ cm høj messingform med en indvendig bunddiameter på $10,16 \pm 0,05$ cm og en øvre indre diameter på $6,99 \pm 0,05$ cm på et flydebord med messingoverflade, idet formen fjernes og flydebordet udsættes for 25 fald (det vil sige slag). Blandingen må også udvise en god sammenhæng, hvorved den, når den udsættes for konsistensafprøvningen, ikke må udvikle med det blotte øje synlige revner i det formede materiale. Forud for den foreliggende opfindelse var det forventet, at tilføjelsen af silicastøv i blandinger til brug i rulle- og strygemetoden til fremstilling af letvægts betontagsten ville resultere i en uønsket forøgelse af flydeevnen og en tendens for ekstrudatet til at synke efter formningen således at det ikke ville være muligt at kompensere herfor fx ved at reducere vandmængden i blandingen uden at forringe sammenhængsevnen i blandingen.

Det er tillige formålet med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe en cement/letvægtstilslagsmateriale/vandblanding, som indeholder silicastøv, og som har fordelagtige egenskaber i forbindelse med rulle- og strygemetoden ved fremstilling af letvægtsbetontagsten med god bøjningsstyrke.

Den foreliggende opfindelse er baseret på den overraskende iagttagelse, at der i cement/letvægtstilslagsmateriale/vandblandingen kan indføres ikke-tixotropisk silicastøv til frembringelse af blandinger med fordelagtige egenskaber ved fremstilling af betontagsten ved rulle- og strygemetoden og at der derved kan fremstilles særdeles tilfredsstillende letvægtsbetontagsten med god bøjningsstyrke.

I henhold til et aspekt ifølge opfindelsen tilvejebringes der en fremgangsmåde til fremstilling af beton-
tagsten, ved hvilken en blanding af cement/tilslagsma-
aterialer/vand formes ved rulle- og strygemetoden, idet det
5 derved frembragte ekstrudat deles i stykker, som hærdes,
idet tilslagsmaterialerne i blandingen omfatter letvægts-
tilslagsmaterialer, og blandingenyderligere indeholder
ikke-tixotropisk silacastøv i et vægtforhold mellem
silacastøv (beregnet som tør vægt) i forhold til cemen-
10 ten inden for et område fra 2:98 til 25:75 og en di-
speringsmiddel for silicastøvet, hvor vægtforholdet
mellem vand og cementitiske materialer i blandingen,
er inden for området fra 0,45:1 til ca. 1:1, hvorved
blandingens formes ekstrudatet opdeles og stykkerne hær-
15 des i form af letvægtsbetontagsten.

I henhold til et andet aspekt ifølge opfindelsen
tilvejebringes en letvægtsbetontagsten, som er fremstil-
let ved rulle- og strygemetoden og som indeholder reak-
tionsprodukter af et ikke-tixotropisk silacastøv med
20 kalk, idet tagstenen har en vægtfylde på fra ca. 1,2 til
ca. 1,6 g/cm³, og reaktionsprodukterne bidrager til
tagstens bøjningsstrækstyrke.

I henhold til endnu et aspekt ifølge opfindelsen
tilvejebringes der en cement/tilslagsmateriale/vand-
25 blanding til anvendelse ved fremstillingen af beton-
tagsten ved rulle- og strygemetoden, idet tilslagsma-
aterialer i blandingen omfatter letvægtstilslagsmateria-
ler, hvor blandingen yderligere indeholder en ikke-tixo-
tropisk silicastøv i et vægtforhold mellem silacastøv
30 (beregnet som tørt vægt) og cement i området fra ca.
2:98 til ca. 25:75 samt et dispergeringsmiddel for si-
lacastøv ved, og et vægtforhold mellem vand og cemen-
titiske materialer inden for området fra ca. 0,45:1
til ca. 1:1, hvorved blandingen er formbar ved rulle-
35 og strygemetoden til frembringelse af et ekstrudat til
opdeling og hærning i form af letvægtsbetontagsten.
Silicastøv er kendte materialer, som kan være tixotro-

piske eller ikke-tixotropiske afhængig af den fremgangs-
måde, som er anvendt ved deres fremstilling.

Tixotropisk silicastøv omfatter generelt sfæriske
silicapartikler, der er sammensmeltet til dannelse af
5 forgrenede kæder. Når disse blandes med vand vil ilt-
atomerne i silicapartikler indgå i en brintbinding med
brintatomerne i vandmolekylerne. På denne måde bliver
vandmolekylerne bundet til de forgrenede silicakæder
således at blandingen bliver højviskos og tixotropisk.
10 Et eksempel på et tixotropisk silicastøv er produktet
"Cab-O-Sil" der henvises til USA patentskrift nr. 3
880 664 (Schulze), og dette produkt bliver fremstillet
i en process, der foregår i en dampfase, og som indvol-
vere hydrolyse af silicatetraklorid ved ca. 1100°C.
15 "Cab-O-Sil" er stærkt tixotropisk, hvor blandinger med
vand i vægtprocenterne 10, 22 og 33 henholdsvis giver
en gel, et klæbrigt pulver og et frit flydende pulver.

Udtrykket ikke-tixotropisk silicastøv anvendes
i denne forbindelse til at definere silicastøv som i
20 form af en 50 vægt% blanding med vand giver en frit
strømmende væskeslam. I ikke-tixotropisk silicastøv
er der ingen væsentlig sammensmeltning af silacapar-
tiklerne til dannelse af forgrenede kæder, og når det
blandes med vand giver ikke-tixotropisk silicastøv ikke
25 anledning til nogen væsentlige tixotropi i den frembrag-
te blanding. Når de indføres i cementblandinger til
fremstilling af betonprodukter udfører tixotropisk si-
licastøv og ikke-tixotropisk silicastøv meget forskel-
lige funktioner.

30 En kendt måde til fremstilling af ikke-tixotropisk
silicastøv er som et biprodukt i de til fremstilling
af silicametaller og ferrosilacalegeringer anvendte
elektriske lysbueovne. Ved de høje temperaturer som
opnås ved dannelsen af silicametal og ferrosilacalege-
35 ringer dannes en silicastøv monooxidgas ved reduktion
af kvartz og den reoxideres til silica ved de lavere
temperaturer over chargen. Den derved frembragte silica
kondenseres som støv og kan udvindes ved filtrering.

Det ikke-tixotropiske silicastøv der udvindes består af ekstremt fine i det væsentlige sfæriske partikler af amorf silica, idet gennemsnitspartikelstørrelsen typisk er i område fra 0,05 til ca. 0,15 mikrometer, det vil sige ca. 0,1 mikrometer og overfladearealet er typisk i området fra ca. 15 til 25 m²/g, det vil sige ca. 20 m²/g. Den eksakte kemiske sammensætning af den ikke-tixotropiske silicastøv kan variere noget afhængig af den præcise fremgangsmåde ved produktionen og der findes eksempelvis 3 typer ikke-tixotropisk silicastøv i handelen som Elkem Silica 100, Elkem Silica 90 og Elkem Silica 75 fra Elkem Chemicals of Pittsburg, Pennsylvania, USA. Generelt har enhver af disse tre typer af ikke-tixotropisk silicastøv, der alle har et højt silicaindhold i området fra 85 til 98 vægt%, vist sig egnet i forbindelse med den foreliggende opfindelse.

For at tilberede cement/letvægtsbeton/vandblandinger ifølge opfindelsen med fordelagtige egenskaber ved fremstillingen af betontagsten ved rulle- og strygemetoden er det ønskeligt at inkorporere det ikke-tixotropiske silicastøv i blandingen under tilblanding med et effektivt tilskud af en dispergeringsmiddel. Egnede dispergeringsmidler omfatter lignosulfonater, naftalinsulfonat superplastifiseringsmidler og melamin-formaldehyd superplastifiseringsmidler, idet eksempler på sådanne dispergeringsmidler er Cormix P1 lignosulfonat dispergeringsmiddel, der forhandles af Cormix Limited, Warrington, Cheshire, England, Cormix SP1 naftalinsulfonat superplastifiseringsmiddel, der også forhandles af Cormix Limited samt Melment L10, der er et melamin-formaldehyd superplastifiseringsmiddel, der forhandles af Hoechst UK Limited, Hounslow, Middlesex, England. Når der eksempelvis anvendes en lignosulfonat dispergeringsmiddel vil mængden af dispergeringsmiddel hensigtsmæssigt være i området fra ca. 2,0 til ca. 5,0% baseret på tørt vægt af det ikke tixotropiske silicastøv. Hvor der anvendes et superplastifiseringsmiddel er mængden beregnet på tør vægtbasis af naftalinsulfonattet eller andre super-

plastifiseringsmidler fortrinsvis i området fra ca. 2,0 til ca. 5,0% baseret på vægten af cementitiske materialer i blandingen. Dispergeringsmidlet og det ikke-tixotropiske silicastøv blandes hensigtsmæssigt i form af et vandigt slam fx indeholdende silicastøvet og vandet i et vægtforhold på 1:1. Blandinger af silicastøv og dispergeringsmiddel betegnes sommetider som plastifiseret silicastøv og et sådant produkt, der er egnet til brug i den foreliggende opfindelse er tilgængeligt som Emsac F110 fra Elkem Chemicals.

Mængden af ikke-tixotropisk silicastøv som inkorporeres i cement/letvægtstilslagsmateriale/vandblandingen skal være effektiv til forbedring af bøjningsstyrken af de fremstillede tagsten. Det har vist sig at ved anvendelse af vægtforhold mellem ikke-tixotropisk silicastøv (beregnet som tør vægt) og cement på 2:98 til 25:75 fortrinsvis mellem ca. 6:94 til 12:88 og især mellem 8:92 til 12:88 frembringer en meget væsentlig forbedring i bøjningstrækstyrken af de frembragte tagsten. Endvidere har det vist sig muligt at tilvejebringe sådanne blandinger med sådanne mængder af ikke-tixotropiske silicastøv som har fordelagtige egenskaber ved rulle- og strygemetoden, hvilket er meget overraskende i betragtning af den kritiske balance mellem de egenskaber der er nødvendige her, når cement/letvægtstilslagsmaterialer/vandblandinger skal ekstruderes ved rulle- og strygemetoden.

Som angivet ovenfor omfatter letvægtstilslagsmaterialerne naturligt forekommende materialer såsom pimpsten og slagge og materialer fremstillet ved fabrikationsprocesser som sintret, pulveriseret aske og ekspanderet ler, skiferler, skifer, vermikulit og perlit. Ved valget af letvægtstilslagsmaterialet er det vigtigt af det pågældende materiale i kombination med de andre ingredienser skal give en blanding med de bedst mulige egenskaber ved rulle- og strygemetoden. Det har vist sig at tilslagsmaterialer af ekspanderet ler er særlig egnet til dette formål. Mens en enkelt udskiftning af sand

i en konventionel cement/sand/vandblanding med det samme volumen af tilslagsmaterialer af ekspanderet ler giver en blanding med meget dårlige reologiske egenskaber helt uegnet til ekstrudering til fremstilling af tilfredsstillende tagsten, har det overraskende vist sig at brugen af ekspanderet ler som letvægtstilslagsmateriale i blandinger ifølge opfindelsen som indeholder plastifiseret ikke-tixotropisk silicastøv giver blandinger med meget fordelagtige reologiske egenskaber. Anvendelse af sådanne blandinger har vist sig muligt ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen ved at fremstille velkomprimerede tagsten med en tilfredsstillende glat overflade og med klart definerede sammenlåsninger, fremspring og tætninger. Fordele, som er blevet observeret under brugen af ekspanderet ler som letvægtstilslagsmateriale i blandinger ifølge opfindelsen omfatter således undgåelse af enhver væsentlig tendens hos de ekstruderede tagsten til at synke fx under skæringen, eller når de overføres til hærdekammeret, reduktion af de almindelige problemer med slitage på strygeklodsen som følge af kontakt med blandingen og med resulterende forringelse i overfladens udseende på tagstenen, hvor brugen af blandingerne ifølge opfindelsen har en gunstig virkning i form af en polering af overfladen på strygeklodsen, hvilket resulterer i en forbedring af overfladens udseende på tagstenene; og muligheden for at ekstrudere ved mindre tryk som følge af de gunstige reologiske egenskaber ved blandinger ifølge opfindelsen, hvilket reducerer slitagen på ekstruderen.

Det ekspanderede ler, som fortrinsvis anvendes ifølge opfindelsen er et materiale med sandstruktur, det vil sige det har en partikelstørrelse på mindre end 4,75 mm, og fortrinsvis er kornstørrelsesfordelingen tilnærmelsesvis den samme som for det sand, som anvendes i konventionelle blandinger til produktion af betontagsten ved ekstrudering. Ekspanderede lertilslag, som møder disse fordringer, kan fremstilles ved en ekstruderings- og afskæringsfremgangsmåde. Fint materia-

le med en partikelstørrelse på mindre end 3,35 mm er særlig foretrukket og et sådant materiale med en passende partikelstørrelsesfordeling forhandles som Ridgelite nr. 3 Fine Sand fra Lightweight Processing Co.,
5 Glendale, California, USA.

Andre letvægtstilslagsmaterialer kan anvendes i stedet for ekspanderet ler afhængig af om det er til rådighed i passende graderinger. Et sådant materiale er ekspanderet skiferler. Eksempler på andre materia-
10 ler af denne art er sintret, pulveriseret brændselsaske og pimpsten. Igen foretrækkes sandgradueringer af disse materialer med en partikelstørrelse på mindre end ca. 4,74 mm og fortrinsvis kornstørrelsesfordelinger der svarer til fordelingen i sandet i konventionelle blanding-
15 dinger.

Vægtforholdet af letvægtstilslagsmaterialerne til de cementitiske materialer (inkl. cementen og silica-
støvet) er fortrinsvis i området fra ca. 1:1 til ca. 3:1, især mellem 1,5:1 til ca. 2,5:1. Generelt vil vægt-
20 forholdet mellem tilslagsmaterialer og cementitiske materialer være lavere desto lettere tilslagsmaterialet er. Hvor der fx anvendes ekspanderet ler som letvægtstilslagsmateriale vil vægtforholdet mellem ekspanderet ler og cementitiske materialer fortrinsvis være
25 ca. 2:1.

Cementen, der anvendes i blandingen ifølge opfindelsen er hensigtsmæssigt almindelig Portland cement, som blandes med letvægtstilslagsmaterialet, det ikke tixotropiske silacastøv og dispergeringsmidlet til dette (fortrinsvis i form af et plastifiseret, ikke tixotropisk silicastøvslam) og vand til dannelse af blandingen. Mængden af vand, som kræves for at opnå en blanding med passende konsistens, vil generelt være større, end den, som kræves i konventionelle blandinger, som
35 indeholder sand som tilslagsmateriale, på grund af den porøse karakter af de fleste letvægtstilslagsmaterialer, men behøver ikke at blive forøget i større omfang. Mængden af vand i blandingen er således for-

trinsvis fra ca. 12 til ca. 24 vægt%, fx ca. 16 til ca. 19%. Vægtforholdene mellem vand og cementitiske materialer er generelt i området fra 0,45:1 til ca. 1:1, fortrinsvis fra ca. 0,6:1 til ca. 0,8:1. Det vil
5 forstås, at mængden af vand såvel som mængderne af ikke-tixotropiske silicastøv og dispergeringsmiddel vælges således, at der frembringes en blanding med den ønskede konsistens til brug i rulle- og strygemetoden, idet sådanne blandinger ikke kan hældes og har en ringe
10 tendens til at synke efter formningen. Blandingerne, der bruges ifølge fremgangsmåden ifølge opfindelsen skal således formuleres så de giver et diametermål på ikke mindre end 10,5 cm når de evalueres ved konsistensanalysen ifølge BS 4551 som beskrevet ovenfor og skal
15 herunder have en god sammenhæng når de udsættes for konsistensanalysen, idet der ikke må være synlige revner i det formede materiale.

I blandingen kan der indføres pigmenter for at give tagstenene den ønskede farve. Blandingen ekstruderes, skæres og hærdes i henhold til den kendte rulle-
20 og strygemetode, idet hærningen hensigtsmæssigt udføres ved temperaturer på fra 35-65°C fortrinsvis omkring 50°C i det mindste 8 timer, fortrinsvis fra 12 til 24 timer under forhold med høj fugtighed.

25 Det formodes, at der under hærningen finder en yderligere kemisk reaktion sted mellem silicastøvet og kalken som følge af hydreringen af cementen og at de derved dannede calciumsilicahydrater bidrager til styrken af de fremstillede tagsten.

30 Det har ved anvendelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen været muligt at fremstille betontagsten med vægtfylder fra ca. 1,2 til 1,6 g/cm³, fx ca. 1,3 til ca. 1,5 g/cm³ og med en vægt pr. tagsten ned til ca. 55% af vægten af konventionelle betontagsten men med en sammenlignelig bøjningsstrækstyrke.
35 På grund af forbedringen i bøjningsstrækstyrken som følge

af tilstedeværelsen af reaktionsprodukterne af plastifiserede, ikke-tixotropisk silicastøv og kalk opnås den ønskede bøjningsstrækstyrke med reduceret tykkelse sammenlignet med den sædvanlige tykkelse for konventionelle tagsten, og reduktionen i tykkelse såvel som i letvægtstilslagsmaterialet bidrager i alt til op mod 45% reduktion af vægten af tagstenen. Tagstenen ifølge den foreliggende opfindelse har en minimumstykkelse (bortset fra sammenlåsninger, som generelt er tyndere end den egentlige af tagstenen) fra ca. 9 til ca. 12 mm især ca. 10 til 11 mm. Bøjningstrækstyrken (det vil sige den gennemsnitlige brudbelastning) af tagstenene ifølge opfindelsen er målt i newton (N) i overensstemmelse med britisk standard nr. 473550 fortrinsvis som følger:

- a) Plane sammenlåsende (det vil sige med enkelt overlappning) tagsten ikke mindre end 3,2 gange og fortrinsvis ikke mindre end 4 gange den effektive bredde af tagstenene i millimeter,
- b) for bølgede sammenlåste (det vil sige med enkelt overlappning) tagsten ikke mindre end 3,2 gange og fortrinsvis ikke mindre end ca. 5 gange den effektive bredde af tagstenene i millimeter,
- c) for plane tagsten i det mindste ca. 490 N og fortrinsvis i det mindste ca. 600 N og
- d) for tagsten med dobbelt overlappning ikke mindre end ca. 2,1 gange den effektive bredde af tagstenene.

Fx med sammenlåste tagsten (det vil sige med enkelt overlap) med de sædvanlige dimensioner for Amerikas Forende Stater på ca. 422 mm længde X 333 mm bredde X 11,5 til 12,5 mm tykkelse vil bøjningsstrækstyrken for plane tagsten fortrinsvis i det mindste være 1200 N og forkrummede tagsten i det mindste 1600 N.

De følgende eksempler illustrere opfindelsen:

Eksempel 1

909 kg fugtigt Ridgelite nr. 3 fint sand (vandindhold ca. 18 vægt%), 335 kg Portland cement, 82,7 kg Em-
5 sac F110 og 13 kg syntetisk, rødt oxydpigment blandes
i en blander med roterende kar med tilstrækkelig vand
til at frembringe en ekstruderbar blanding indeholdende
ca. 18 vægt% vand. Blandingen blev anvendt til ekstru-
dering af betontagsten på metalpaller ved den kendte rul-
10 le- og strygemetode, i det indstillingen på ekstruderen
(det vil sige kassen) justeres til at give en tagstens-
tykkelse på ca. 10,5 mm. Ved ekstruderingen fandt man,
at der kunne formes en god kvalitet af sammenlåste, krum-
mede tagsten med en tilfredsstillende glat overflade med
15 velformede og afgrænsede sammenlåsninger og godt udfyldt
og udformede fremspring og regntætninger på tagstens
bundflade. Af blandingen blev der fremstillet ca. 420
tagsten med dimensionerne 422 mm X 333 mm X ca. 10,5 mm.
Disse tagsten blev transporteret til hårdekabiner, hvor
20 de blev hærdet ved 50°C og 95-100% relativ fugtighed i
en periode på 10 timer. Efter hærdeningen blev tagstenene
fjernet fra metalpallerne og fik lov til at stå opstab-
let i det fri gennem en periode på 7 dage. Prøveeksem-
plare af tagstenene blev udvalgt vilkårligt, vejjet og
25 afprøvet for bøjningstrækstyrke ved fremgangsmåden spe-
cificeret ifølge britisk standard nr. 473550.

Gennemsnitlig vægt pr. tagsten 2,72 kg

Gennemsnitlig bøjningsstrækstyrke 2070 N

30 Eksempel 2 (Til sammenligning)

1227 kg fugtigt silicasand (vandindhold ca. 3 vægt%),
373 kg Portland cement og 13 kg af et syntetisk rødt oxyd-
35 pigment blev blandet i en blander med roterende kar med
tilstrækkelig vand til tilvejebringelse af en ekstruder-
bar blanding indeholdende ca. 9 vægt% vand. Blandingen
blev anvendt til ekstrudering af tagsten på metalpaller
som ifølge eksempel 1, i det indstillingen på ekstruderen

(det vil sige kassen) blev justeret til at give en tagstenstykkelse på ca. 12 mm. Ved ekstruderingen fandt man, at der blev fremstillet en god kvalitet af en bølget sammenlåsende tagsten med en tilfredsstillende glat overflade, og velformede og veldefinerede sammenlåsninger og godt udfyldte fremspring og vejrtætninger på bundfladen af tagstenene. Der blev fremstillet ca. 360 tagsten af dimensionen 422 mm X 333 mm X ca. 12 mm og med samme bølgede form som tagstenen ifølge eksempel 1 ud fra denne blanding. Disse tagsten blev transporteret til hærdekamre, hvor de blev hærdet ved 50°C og 95-100% relativ fugtighed gennem en periode på 10 timer. Efter hærdeningen blev stenene udtaget fra metalpallerne og fik lov at henstå opstablet i det fri gennem en periode på 7 dage. Prøveeksemplarer blev udvalgt vilkårligt, vejret og afprøvet for bøjningstrækstyrke i henhold til fremgangsmåden specificeret i britisk standard nr. 473550. De opnåede resultater var som følger:

15	Gennemsnitlig vægt pr. tagsten	4,60 kg
20	Gennemsnitlig bøjningstrækstyrke	2100 N

Eksempel 3 (Til sammenligning)

909 kg af fugtigt Ridgelite nr. 3 Fine Sand (vandindhold ca. 18%), 373 kg Portland cement og 13 kg syntetisk rødt oxydpigment blev blandet i en blander med roterende kar med tilstrækkelig vand til at tilvejebringe en ekstruderbar blanding indeholdende ca. 18 vægt% vand. Blandingen blev anvendt til ekstrudering af betontagsten på metalpaller ifølge eksempel 1, idet indstillingen på ekstruderen (det vil sige kassen) blev justeret til en tagstenstykkelse på ca. 10,5 mm. Ved ekstruderingen fandt man, at tagstenene ikke kunne formes tilfredsstillende, og at de havde en rå og "åben" overfladestruktur, kraftigt afskårne og brudte sammenlåsninger og ufuldstændige udfyldninger af fremspring og regntætninger på bundfladen af tagstenen. Forsøg på at gentage formningen men med forskellige niveauer af vandtilsætning

var ikke heldige, og der blev ikke fremstillet tagsten med tilstrækkelig tilfredsstillende kvalitet til styrkeafprøvninger.

5 En sammenligning af eksempel 1 ifølge den foreliggende opfindelse og eksempel 2 ifølge konventionel praksis viser, at det er muligt ved hjælp af den foreliggende opfindelse at fremstille betontagsten som har i det væsentlige samme bøjningsstyrke som tagsten produceret ved 10 en konventionel fremgangsmåde, men med en reduceret tykkelse og vægt, som kun er ca. 60% af vægten af tagstenene produceret ved den konventionelle fremgangsmåde.

En sammenligning af eksempel 1 ifølge den foreliggende opfindelse og eksempel 3, ifølge hvilken det sammen letvægtstilslagsmateriale blev anvendt uden tilstedeværelse 15 af silicastøv, viser fordelene, som opnås ved anvendelse af en cementitisk blanding indeholdende silicastøv og cement i et vægtforhold på ca. 1:9, sammenlignet med anvendelsen af cement alene som cementitisk materiale.

20 Eksempel 4

636 kg fugtigt Baypor sand (et ekspanderet skiferler med et vandindhold på ca. 11 vægt% forhandlet af Port Costa Materials Inc., Port Costa, Californien, USA), 273 25 kg Portland cement, 67 kg Emsac F110 og 10 kg af et syntetisk rødt oxydpigment blev blandet i en blander med roterende kar med tilstrækkelig vand til at frembringe en ekstruderbar blanding indeholdende ca. 15 vægt% vand. Blandingen blev anvendt til ekstrudering af betontagsten 30 på metalpaller ved den velkendte rulle- og strygemetode, i det indstillingen af ekstruderen (det vil sige kassen) blev justeret til at give en tagstenstykkelse på ca. 10,5 mm. Ved ekstruderingen fandt man at der blev formet sammenlåsende krumme tagsten af god kvalitet med en tilfredsstillende 35 glat overflade, velformede og definerede sammenlåsninger og godt udfyldt og udformede fremspring og regntætninger på bundfladen af tagstenene. Ca. 285 tagsten med dimensionerne 422 mm X 333 mm X ca. 11 mm blev frem-

stillet ud fra denne blanding. Disse tagsten blev transporteret til hærdekamre, hvor de blev hærdet ved 50°C og 95-100% relativ fugtighed gennem en periode på 12 timer. Efter hærdeningen blev tagstenene fjernet fra metalpallerne og fik lov at henstå i stabler i det fri gennem en periode på 7 døgn. Prøver på tagstenene blev udvalgt vilkårligt vejjet og afprøvet for bøjningstrækstyrke ved hjælp af metoden specificeret i britisk standard nr. 473550.

10	Gennemsnitlig vægt pr. tagsten	3,44 kg
	Gennemsnitlig bøjningstrækstyrke	2192 N

Eksempel 5

15 510 kg fugtigt Bayporsand (med et vandindhold på ca. 7 vægt%), 227 kg Portland-cement, 25 kg Korrocem (et tørt ikke-tixotropisk silicastøv, der forhandles af Scancem, Slemmestad, Norge, og indeholder et superplastifiseringsmiddel på naftalensulfonatbasis) samt 10 kg af et syntetisk rødt oxydpigment blandes i en blander med roterende blanderkar med tilstrækkelig vand til at frembringe i en ekstruderbar blanding indeholdende ca. 16 vægt% vand. Blandingen blev anvendt til ekstrudering af betontagsten på metalpaller ved rulle- og strygemetoden, idet indstillingen af ekstruderen (det vil sige kassen) blev justeret til at give en tagstenstykkelse på ca. 11 mm. Ved ekstruderingen fandt man at der blev fremstillet en god kvalitet bølgede, sammenlåste tagsten med en tilfredsstillende jævn overflade, veldefinerede sammenlåsninger og helt udfyldte og komplette ribber og vandtætninger på tagstens underflade. Ud fra blandingen blev der fremstillet ca. 250 tagsten af dimensionen 422 mm X 333 mm X ca. 11 mm. Disse tagsten blev transporteret til hærdekamre, hvor de blev hærdet ved 44°C og 95-100% relativ fugtighed gennem et tidsrum på 8 timer. Efter hærdeningen blev tagstenene fjernet fra metalpallerne og fik lov at stå i stabler i det fri gennem et tidsrum på 7 dage. Tagstensprøver blev udvalgt tilfældigt, vejjet og prøvet for

bøjningstrækstyrke ved fremgangsmåden specificeret i britisk standard nr. 473550.

Gennemsnitlig vægt pr. tagsten 3,08 kg

Gennemsnitlig bøjningstrækstyrke 1630 N

5

Eksempel 6

360 kg fugtigt Lytag fine grade tilslagsmateriale (en sintret, pulveriseret brændselsaske med et vandindhold på ca. 5 vægt%, der forhandles af Pozzolanic-Lytag Limited, Hemel Hempstead, Hertfordshire, England), 172 kg Portlandcement, 35 kg Emsac F110 og 10 kg syntetisk rødt oxydpigment blev blandet i en blander med roterende beholder med tilstrækkelig vand til at give en ekstruderbar blanding indeholdende ca. 14 vægt% vand. Blandingen blev anvendt til ekstrudering af betontagsten på metalpaller ved rulle- og strygemetoden, idet indstillingen af ekstruderen (det vil sige kassen) blev justeret til at give en tagstens-tykkelse på ca. 11 mm. Ved ekstruderingen fandt man, at der kunne frembringes en god kvalitet bølgede, sammenlås- te tagsten med en tilfredsstillende jævn overflade, vel- formede og veldefinerede sammenlåsninger og helt udformede og udfyldte, velformede ribber og vandtætninger på under- fladen af tagstenene. Ud fra blandingen blev der fremstil- let ca. 260 tagsten af dimensionen 380 mm X 230 mm X ca. 11 mm. Tagstenene blev transporteret til hærdekamre, hvor de blev hårdet ved 42°C og 95-100% relativ fugtighed gen- nem en periode på 15 timer. Efter hårdningen blev tagstenene fjernet fra metalpallerne og fik lov til at stå i stabler i det fri gennem et tidsrum på 7 dage. Tagstensprøver blev udvalgt tilfældigt, vejet og prøvet for bøjningsstyrke ved fremgangsmåden specificeret ifølge britisk standard nr. 473550.

10

15

20

25

30

Gennemsnitsvægt pr. tagsten 2,24 kg

Gennemsnitlig bøjningstrækstyrke 1248 N

35

P a t e n t k r a v

- 5 1. Fremgangsmåde til fremstilling af betontagsten i hvilke en blanding af cement/tilslagsmaterialer/vand formes ved rulle- og strygemetoden, idet det formede ekstrudat opdeles i stykker og stykkerne hærdes, hvor tilslagsmaterialet i blandingen omfatter letvægtstilslagsmaterialer, k e n d e t e g n e t ved, at blandingen yderligere indeholder et ikke-tixotropisk silicastøv i et vægtforhold 10 mellem silicastøv (beregnet som tør vægt) og cement i området fra 2:98 til 25:75 samt et dispergeringsmiddel for silicastøvet, og hvor vægtforholdet mellem vand og cementitiske materialer i blandingen er i området fra 0,45:1 til 1:1, hvorved blandingen for- 15 mes, ekstrudatet opdeles og stykkerne hærdes til dannelse af letvægtsbetontagsten.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at silicastøvet er et biprodukt fra en elektrisk lysbueovn og en proces til fremstilling af silisiummetaller 20 og ferrosilisiumlegeringer.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at silicastøvet har en gennemsnitlig partikelstørrelse i området fra 0,05 til 0,15 mikrometer og et overfladeareal i området fra 15 til 25 25 m² pr. g.
4. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at letvægts-tilslagsmaterialet omfatter ekspanderet ler i en graduering som sand eller ekspanderet skiferler i en graduering som sand med en partikelstørrelse på mindre 30 end 4,74 mm, fortrinsvis mindre end 3,35 mm.
5. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at vægtforholdet af ikke-tixotropisk silicastøv (beregnet som tør vægt) 35 i forhold til cement er fra 8:92 til 12:88.
6. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at vægtforhol-

det mellem vand og cementitiske materialer i blandingen er i området fra 0,6:1 til 0,8:1.

5 7. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at dispergeringsmidlet er et på lignosulfonat baseret disperingsmiddel idet blandingen indeholder en mængde af disperingsmiddel i området fra 2,0 til 5% baseret på den tørre vægt af silicastøvet.

10 8. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1 til 6, k e n d e t e g n e t ved at dispergeringsmidlet er et naftalensulfonat superplastifiseringsmiddel, idet indholdet af naftalensulfonat superplastifiseringsmiddel forekommer i blandingen baseret på basis af tør vægt i mængder fra 0,2 til 5,0%, fortrinsvis 0,75 til
15 3,0% baseret på vægten af cementitiske materialer i blandingen.

9. Letvægtsbetontagsten, fremstillet ved rulle- og strygemetoden ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved at indeholde reaktionsprodukterne af et ikke-tixotropisk silica-
20 støv med kalk, hvilken tagsten har en vægtfylde på fra 1,2 til 1,6, fortrinsvis 1,3 til 1,5 kg pr. cm³, hvor reaktionsprodukterne bidrager til tagstenens bøjningsstyrke.

10. Cement/tilslagsmateriale/vandblanding til brug ved produktion af betontagsten ved rulle- og strygemetoden ifølge
25 krav 1, idet blandingen omfatter letvægtstilslagsmaterialer, k e n d e t e g n e t ved, at blandingen yderligere indeholder et ikke-tixotropisk silicastøv i et vægtforhold mellem silicastøv (baseret på tør vægt) og cement inden for området 2:98 til 25:75 og et dispergeringsmiddel
30 for silicastøvet, samt at vægtforholdet mellem vand og cementitiske materialer er fra 0,45:1 til 1:1, idet blandingen er formbar ved rulle- og strygemetoden til tilvejebringelse af et ekstrudat til opdeling og hærkning til fremstilling af letvægtsbetontagsten.