



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer:

390 052 B

(12)

## PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2853/82

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : C04B 38/02  
C04B 28/20

(22) Anmeldetag: 10.10.1977

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1989

(62) Auseinandersetzung aus Anmeldung Nr.: 7208/77

(45) Ausgabetag: 12. 3.1990

(30) Priorität:

31. 8.1977 DE 2739188 beansprucht.

(73) Patentinhaber:

YTONG AKTIENGESELLSCHAFT  
D-8000 MÜNCHEN (DE).

(54) GASBETON-BAUTEIL

B

AT 390 052

AT

Gegenstand der Erfindung ist ein Gasbeton-Bauteil.

Bei der Herstellung von Gasbetonbauteilen soll der Gärprozeß langsam ablaufen, um ein gleichmäßiges rissfreies Wachsen der Masse zu erzielen. Die Viskosität der Masse soll während des Gärns derart eingestellt werden, daß die sich entwickelnden Gasblasen sich homogen verteilen können. Ferner soll die Gärgeschwindigkeit gering sein, um dem Zement zum Abbinden Zeit zu lassen und auf diese Weise die Stabilität der Masse zu gewährleisten. Darüber hinaus muß dafür gesorgt werden, daß sich in der gärenden Masse eine optimale Reaktionstemperatur einstellt. Weil die gärenden Gasbetonmassen bei Erreichen der maximalen Steighöhe sehr empfindlich gegen mechanische Erschütterungen sind, müssen die Formwagen ihren endgültigen Standplatz erreicht haben, bevor sich das Gärmaximum einstellt.

10 Diese wesentlichsten Bedingungen werden entscheidend von der Kalkhydrat-Entwicklung in der Masse beeinflußt, weshalb nicht jeder Feinkalk nach DIN 1060 in der Herstellung von Gasbeton verwendet werden kann. Zur Herstellung von Gasbeton wird daher in der Regel ein hartgebrannter Feinkalk, vorzugsweise Weiß-Feinkalk, verwendet. Solche Spezialkalke werden in Koks-Schachtöfen gebrannt. Ihre Reaktionsgeschwindigkeiten, gemessen nach der Naßlöschkurven-Methode gemäß dem Prüfverfahren des Bundes Verbandes der Deutschen Kalkindustrie, liegen bei  $t_{60}$  zwischen 10 bis 15 Minuten. Sie gewährleisten in der Regel einen langsam ablaufenden Gärprozeß und die Einstellung des Gärmaximums zu dem gewünschten Zeitpunkt sowie die erforderliche Austrocknung der Masse. Die hartgebrannten Kalke werden auch im Gemisch mit Zement verwendet. Dabei tragen sie dazu bei, daß der Zement mit Ablauf des Gärprozesses ansteift und dadurch die Masse mittragen kann.

15 20 Hartgebrannte Kalke haben den Vorteil, höhere Endtemperaturen als andere Kalke zu erreichen (Naßlöschkurve). Dies ist für die Austrocknung der Gasbetonmasse wichtig, um sie ohne Schwierigkeiten schneiden zu können. Hartgebrannte Kalke sind jedoch extrem teuer und stehen nicht überall in ausreichenden Mengen zu Verfügung. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, weiche gebrannte Kalke, z. B. aus Öl- oder Gasöfen, mit  $t_{60}$ -Werten 25 unter 10 Minuten einzusetzen. Diese relativ billigen Kalke, die in der Regel ein hohes Sedimentvolumen und eine hohe Ergiebigkeit aufweisen, weisen jedoch zu hohe Reaktionsgeschwindigkeiten auf und dicken zu schnell an, so daß der Gärprozeß gestört wird. Deshalb ist versucht worden, durch Zusatz von insbesondere organischen Stoffen, die Hydratation dieser reaktiven Kalke zu verzögern, d. h. den Löschkvorgang zeitlich zu verlängern. Dabei ändert sich jedoch die Charakteristik der Löschkurve derart, daß anfänglich eine Verzögerung der 30 35 Temperaturentwicklung und damit eine Löscherzögerung, später jedoch eine Beschleunigung auftritt. Die Naßlöschkurve wird S-förmig, was bekanntlich für die Zwecke der Gasbetonherstellung ungünstig ist. Außerdem bedingen die organischen Zusätze nicht unerhebliche Mehrkosten.

40 45 Es ist bereits versucht worden, durch einen Zusatz von Calciumsulfat zu den grünen Gasbetonmischungen die Löschkgeschwindigkeit der Kalkkomponente zu regeln. Dabei hat sich jedoch herausgestellt, daß ein Zusatz von Calciumsulfat insbesondere die Festigkeit des aus einer vorwiegend Feinkalk als Bindemittel enthaltenden Mischung hergestellten Gasbetons erheblich mindert. Aus diesem Grunde wurde bei der Herstellung von Gasbeton ohne Zement auf einen Zusatz von Calciumsulfat verzichtet und stattdessen hartgebrannter Kalk verwendet. Bei kalkreichen Mischungen mit Zement kann der Zusatz von Calciumsulfat entfallen, weil die Löschkgeschwindigkeit des Kalkes durch den Zementzusatz reduziert werden kann. Jedoch führt in diesem Fall der Zement zu Festigkeitsminderungen. In zementreichen Mischungen kann nach der DE-PS 1 646 580 ein Zusatz von Calciumsulfat zur Mörtelmischung von über 2,5 Gew.-%  $\text{SO}_3$  die Festigkeit, die - bedingt durch den Zement - gemindert ist, gesteigert werden.

50 55 In allen Fällen jedoch, in denen Kalk als Bindemittel allein oder im Gemisch mit Zement verwendet wird, ist der Zusatz von Calciumsulfat von einem Vergießungsvorgang des Kalkes begleitet, so daß ein ungestörter Hydratationsvorgang nicht gewährleistet werden kann. Es treten Fehlgüsse und schlerhafte Bauelemente auf. Die Sulfate werden bisher entweder beim Brennen oder beim Mahlen des Kalkes oder bei der Gasbetonproduktion zusammen mit den anderen Reaktionspartnern zugesetzt. Es hat sich allerdings herausgestellt, daß ein derartiger Zusatz von Sulfaten zu der starken Vergießung der sich ausbildenden Kalkhydrate führt. Wenn man das Kalkhydrat auf sein Sedimentvolumen hin untersucht, so bilden sich im sulfatfreien Löschwasser sehr große Sedimentvolumina aus, während bei Anwesenheit von Sulfaten die Sedimentvolumina klein sind und das Kalkhydrat sich als Grieß absetzt. Selbst ein Zusatz von Sulfatträgern nach dem Einführen und Ablösen des Kalkes führt zur Vergießung. Diese Grießbildung ist bei der Gasbetonproduktion extrem ungünstig, da die stabilisierende Wirkung der voluminösen Kalkhydrate in der gärenden Gasbetonmasse fehlt. Die Gasbetonmasse neigt daher, insbesondere bei Massen mit geringen Feststoffgehalten zum Zurückfallen oder zum völligen Einfallen. Die Hydratationskurve bzw. Naßlöschkurve wird durch Calciumsulfat in ähnlicher Weise beeinflußt wie bei einem Zusatz von organischen Stoffen. Ein Zusatz von Calciumsulfaten zur Gasbetonmasse konnte sich daher bislang nicht durchsetzen, weil u. a. auch die Eigenschaften der Gasbeton-Bauelemente, die unter Verwendung von hartgebrannten Kalken hergestellt werden, nicht erreicht werden konnten.

60 Ziel der Erfindung ist ein Gasbeton-Bauteil, der unter Verwendung weichgebrannter Kalke hergestellt wird, die derart verzögert werden, daß ihr Löschverhalten in der Gasbetonmasse dem der hartgebrannten Kalke entspricht und damit eine hohe Gießstabilität des Gasbeton-Bauteiles erzielen lassen, ohne den Gärprozeß ungünstig zu

beeinflussen.

Der erfundungsgemäße Gasbeton-Bauteil zeichnet sich erfundungsgemäß dadurch aus, daß er aus einer Masse aus Bindemittel - enthaltend Feinkalk oder Kalk plus Zement, wobei vorzugsweise der Kalkanteil überwiegt und 52 bis 65 Gew.-% beträgt -, sowie Quarzsand oder eine äquivalente  $\text{SiO}_2$  Komponente, 6 bis 12 Gew.%  $\text{SO}_3$  in

- 5 Form von Calciumsulfat, bezogen auf den freien  $\text{CaO}$ -Gehalt des Feinkalkes, Treibmittel, insbesondere Aluminiumpulver, und Wasser besteht, welche durch Vormischen von Feinkalk mit einem  $t_{60}$ -Wert unter 10 Minuten, vorzugsweise von 2 bis 6 Minuten, mit Wasser und danach mit Sand oder mit Wasser plus Sand und Weitermischung nach Zusatz von Calciumsulfat sowie Nachmischung nach Zusatz des Gärmittels hergestellt wurde, danach geformt und hydrothermal gehärtet wurde, sodaß sie sich maximal 0,15 mm/m, vorzugsweise 0,05 bis 0,1 mm/m, dehnt bzw. schwindet bei Zutritt bzw. Entzug von Feuchtigkeit im Bereich zwischen der Ausgleichsfeuchte von etwa 3 Gew.-% und der Autoklavfeuchte von etwa 30 Gew.-%. Solche Bauteile verhalten sich bei Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe formstabil. Durch die Vormischung ergibt sich eine überraschend günstige Ausbildung des Kalkhydrats und eine besonders homogene Verteilung des feindispersen Hydrats. Es ist von Vorteil, wenn Kalk, Wasser und Sand zusammen in einem Mischvorgang vorgemischt und das
- 10 15 Calciumsulfat anschließend gegebenenfalls zusammen mit Zement zugesetzt werden. Wenn die Menge des im Zement vorhandenen Calciumsulfats zur Löschverzögerung ausreicht, ist es vorteilhaft, den Zement nach der Vormischung des Kalkes, Sandes und Wassers zuzusetzen. Werden sulfatarme Zemente verwendet, kann allerdings der Zement bereits zur Vormischung gegeben werden, und das zur Löschverzögerung erforderliche Calciumsulfat, insbesondere in Form von Gips und/oder Anhydrit, nach der Vormischung zugesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist die erwähnte Vorgangsweise bei der Anwendung von reinen Kalkmischungen und kalkreichen Mischungen für erfundungsgemäße Gasbeton-Bauteile.

Es ist überraschend, daß das Calciumsulfat seine nachteiligen Wirkungen auf den Löschvorgang verliert, wenn man es erst zusetzt, wenn der Feinkalk mit dem Wasser zu reagieren beginnt und der Löschvorgang in Gang gesetzt ist. Offenbar ist die Affinität des Calciumhydroxids in statu nascendi zu den in der Vormischung enthaltenden Reaktionspartnern stärker als die Wirkung der anschließend zugesetzten Calciumsulfate. Vielmehr bewirken die Calciumsulfate, wenn sie zum richtigen Zeitpunkt zugesetzt werden, eine derart günstige Verzögerung, daß das Ablöschverhalten des hoch reaktiven Kalkes dem des hartgebrannten Kalkes gleicht. Während normalerweise ein Gipszusatz die Gasentwicklung derart bremst, daß der Gärprozeß gehemmt abläuft und zu Fehlgüssen führt, steigt bei der Herstellung der erfundungsgemäßen Bauteile die Masse mit einer idealen Konsistenz schnell hoch, so daß insbesondere Bewehrungen ohne "Schattenbildung" umflossen werden. Die Taktzeiten können reduziert werden. Außerdem ist weniger Aluminiumpulver erforderlich.

Bei Zusatz von Calciumsulfat bereits zu Beginn des Löschprozesses wird das Aufgären der Masse sehr stark verzögert, d. h. es sind sehr lange Zeiten nötig, bis die Masse ihre endgültige Gärhöhe erreicht hat. Dies ist naturgemäß für den Produktionstakt ungünstig. Setzt man das Calciumsulfat in dem oben beschriebenen geeigneten Zeitpunkt zu, so gärt die Masse sehr schnell auf, praktisch in der gleichen Weise, in der sie ohne Zusatz von Calciumsulfat gärt. Erst nach Erreichen der maximalen Steighöhe beginnt die Verzögerungswirkung des Calciumsulfates, die sich hauptsächlich in einem sehr langsam weiteren Temperaturanstieg äußert. Bei der Produktion von Montagebauteilen ergibt sich damit der weitere Vorteil, daß durch die schnell aufgärende, niedrig viskose Masse, die Bewehrungsseisen gut umschlossen werden, während sich durch langsam gärende, zähe Massen, die sich bei hohen Sulfatzusätzen im Kalk ergeben, Hohlstellen hinter den Bewehrungsseisen in Gärrichtung einstellen (Schattenbildung).

Dieses Verhalten des hochreaktiven Kalkes läßt sich mit der Naßlöschkurve nicht nachvollziehen, weil bei dieser Meßmethode die Reaktionspartner fehlen. Das nachträgliche Zusetzen des Calciumsulfats lag aber auch nicht nahe, weil die Zugabe sehr kleiner Mengen bei kurzen Mischzeiten mit geringen Scherkräften in allen Fällen problematisch ist und zu erwarten war, daß die konzentriert zugegebene Menge vor ihrer Verteilung durch den Mischvorgang örtlich zur Vergießung des Kalkes führt. Dies bleibt wohl aus den oben vermuteten Gründen aus.

Hinzu kommt, daß überraschenderweise die erfundungsgemäßen Gasbetonbauteile hohe Festigkeiten aufweisen, die mit Festigkeiten vergleichbar sind, die von Gasbeton-Bauteilen bekannt sind, die aus Hartbrand hergestellt wurden. Es war ferner überraschend, daß die erfundungsgemäßen Gasbeton-Bauteile eine Dimensionsstabilität in dem angeführten Bereich erreichen, der höher liegt als bei derzeit bekannten Gasbeton-Bauteilen.

Die Zugabemenge des Calciumsulfats richtet sich nach dem freien  $\text{CaO}$ -Gehalt und der Reaktivität des Kalkes. Es ist auch möglich, größere Mengen Calciumsulfat zuzusetzen, ohne daß die Dimensionsstabilität und Festigkeit der Gasbetonformteile negativ beeinflußt werden. Die Menge wird empirisch ermittelt und ist u. a. abhängig von der Wirkung der Calciumsulfationen auf die Gär- und Gießeigenschaften der Masse. Auch der Zeitpunkt der Zugabe sowie die Vor- und Weitermischdauer sind von diesen Parametern abhängig. Dennoch hat sich herausgestellt, daß es bei kalkreichen Mischungen mit über 50 Gew.-% Kalkanteil, insbesondere mit 52 bis 65 Gew.-% Feinkalk mit  $t_{60}$ -Werten unter 10 Minuten, insbesondere zwischen 2 und 6 Minuten, im Bindemittel und über 4,5 Gew.-%, vorzugsweise von 6 bis 12 Gew.-%  $\text{SO}_3$ -Gehalten in Form von Calciumsulfat bezogen auf den freien  $\text{CaO}$ -Gehalt des Kalkes besonders günstig ist, wenn zunächst Wasser in den Mischer gefüllt wird,

anschließend der Mischer in Gang gesetzt wird, dann Kalk, sulfatärmer Zement und Sand eingefüllt und 40 bis 80, insbesondere 50 bis 70 Sekunden, vorgemischt wird, danach die Calciumsulfatkomponente, vorzugsweise Anhydrit, zugesetzt, etwa 25 bis 40, vorzugsweise 30 bis 35 Sekunden, weitergemischt wird, im Anschluß daran das Gärmittel, vorzugsweise Aluminiumpulver, zugegeben, dann 20 bis 40, insbesondere 25 bis 30 Sekunden, nachgemischt wird.

5 Anhand des folgenden Beispiels wird die Erfindung näher erläutert.  
 Zur Herstellung eines Gasbeton-Bauteils der Güteklass G 25 werden 420 kg eines hochreaktiven Weiß-Feinkalks mit einem  $t_{60}$ -Wert von 5 Minuten und einem CaO-Gehalt von 96 Gew.-% und 280 kg Portlandzement PZ 350 sowie 1500 kg Sand unter Rühren in einen Mischer gefüllt, in dem sich bereits 1200 l Wasser befinden. Das Gemenge wird 60 Sekunden vorgemischt. Dann werden 60 kg Anhydrit mit einem SO<sub>3</sub>-Gehalt von 59 Gew.-% zur Vormischung gegeben und 32 Sekunden weitergemischt. Anschließend werden 1,8 kg Aluminiumpulver zugesetzt und 30 Sekunden gemischt. Danach wird die Masse vergossen und in an sich bekannter Weise weiterverarbeitet. Die Gießmasse zeigt keinerlei Anomalie. Nach der Härtung ergibt sich ein Gasbeton-Bauteil mit einer Dimensionsstabilität von 0,1 mm/m. Die Dimensionsstabilität wurde ermittelt, indem der Bauteil sofort nach der Autoklavhärtung und nach einer 28-tägigen Einwirkung einer Atmosphäre von 40 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 20 °C, bei der sich eine Ausgleichsfeuchte von etwa 3 Gew.-% eingestellt hatte, vermessen wurde. Die Druckfestigkeit des Gasbeton-Bauteils lag bei 35 bar. Die optische Qualität war hervorragend.

20 Besonders günstig ist, wenn erfundungsgemäße Gasbeton-Bauteile der Güteklass G 25 aus einer Masse mit hohen Wasser/Mehl -Werten über 0,58 hergestellt werden. Vorzugsweise werden Wasser/Mehl-Werte der Gießmasse von 0,58 bis 0,62 gewählt. Gleichzeitig ist es dabei von Vorteil, den Kalkgehalt und den Wasser/Mehl-Wert so aufeinander abzustimmen, daß sich Endtemperaturen der gärenden Masse von 75° bis 90°, vorzugsweise von 80° bis 85 °C, einstellen. Dadurch wird die Masse in üblichen Taktzeiten schneidreif und die Dimensionsstabilität des Fertigteils günstig beeinflußt. Ferner ist in diesem Zusammenhang von Vorteil, möglichst feine Aluminiumpulver zuzusetzen.

25 Wesentlich ist, daß die Gießstabilität der Masse bei Verwendung bisher unbekannter Calciumsulfat-Arten nicht gewährleistet werden kann, wenn die Verfahrensparameter nicht eingehalten werden und die Ausbildung des Kalkhydrats im Mischer durch die Anwesenheit von Sulfatkonzentrationen behindert wird.

30 Die folgende Tabelle verdeutlicht die Erfindung. Es werden Mischungen aus Hart- und Weichbrand miteinander verglichen in bezug auf maximale Gärtemperatur sowie die Festigkeit und Schwindung der autoklavgehärteten Formteile.

		Hartbrand	Weichbrand
35	Kalk (kg)	340	340
	Zement (kg)	220	220
	Sand (kg)	1790	1790
	Anhydrit (kg)	-	60
40	Gärtemperatur (°C)	80	80
	Druckfestigkeit (bar)	25	35
	Schwindung (mm/m)	0,4	0,09

45 Die Werte der Tabelle lassen erkennen, daß erfundungsgemäße Produkte herkömmlichen überlegen sind. Diese Überlegenheit betrifft auch das Verhalten der Masse während der Gärung insbesondere in bezug auf die Steighöhe, Steiggeschwindigkeit, Konsistenz, Temperaturrentwicklung und Endtemperatur sowie Stabilität der Masse nach Erreichen der maximalen Steighöhe.

50 Trotz der Calciumsulfatzugabe wird erreicht, daß die Masse schnell aufgärt und ohne Riß- und Schattenbildung stabil und sich selbsttragend ist und nicht zurück sinkt oder zusammenfällt. Es werden Standzeiten bis zur Schneidfähigkeit von 1 bis 4 Stunden erreicht, ohne daß Endtemperaturen von über 90 °C eingestellt werden müssen, wie dies beispielsweise bei normalen zementarmen Mischungen der Fall ist, die Endtemperaturen über 90 °C erfordern, um innerhalb von 4 Stunden auszutrocknen.

**PATENTANSPRUCH**

- 10 Gasbeton-Bauteil, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer Masse aus Bindemittel - enthaltend Feinkalk oder Kalk plus Zement, wobei vorzugsweise der Kalkanteil überwiegt und 52 bis 65 Gew.-% beträgt -, sowie Quarzsand oder eine äquivalente  $\text{SiO}_2$  Komponente, 6 bis 12 Gew.-%  $\text{SO}_3$  in Form von Calciumsulfat, bezogen auf den freien CaO-Gehalt des Feinkalkes, Treibmittel, insbesondere Aluminiumpulver, und Wasser besteht, welche durch Vermischen von Feinkalk mit einem  $t_{60}$ -Wert unter 10 Minuten, vorzugsweise von 2 bis
- 15 6 Minuten, mit Wasser und danach mit Sand oder mit Wasser plus Sand und Weitemischung nach Zusatz von Calciumsulfat sowie Nachmischung nach Zusatz des Gärmittels hergestellt wurde, danach geformt und hydrothermal gehärtet wurde, sodaß sie sich maximal 0,15 mm/m, vorzugsweise 0,05 bis 0,1 mm/m dehnt bzw. schwindet bei Zutritt bzw. Entzug von Feuchtigkeit im Bereich zwischen der Ausgleichsfeuchte von etwa 3 Gew.-% und der Autoklavfeuchte von etwa 30 Gew.-%.