



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0037960

(51)^{2019.01} B22C 1/02; B22C 1/18; B22C 21/00;
B22D 29/00; B22C 5/10; B22C 7/06;
B22C 9/12; B22C 1/16; B22C 5/04

(13) B

(21) 1-2019-05975

(22) 05/04/2018

(86) PCT/EP2018/058793 05/04/2018

(87) WO2018/185251 11/10/2018

(30) 10 2017 107 531.3 07/04/2017 DE

(45) 25/12/2023 429

(43) 30/01/2020 382A

(73) HÜTTENES-ALBERTUS CHEMISCHE WERKE GESELLSCHAFT MIT
BESCHRÄNKTER HAFTUNG (DE)

Wiesenstraße 23, 40549 Düsseldorf, Germany

(72) REINOLD, Lukas Mirko (DE); SCHWEINEFUSS, Maria (DE); LUSTIG, Christian
(DE).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) QUY TRÌNH SẢN XUẤT KHUÔN ĐÚC, LỖI VÀ VẬT LIỆU NỀN KHUÔN
ĐƯỢC TẠO RA TỪ QUY TRÌNH NÀY, HỖN HỢP ĐỂ KẾT HỢP VỚI DUNG
DỊCH HOẶC THỂ PHÂN TÁN CHỨA THỦY TINH LỎNG, HỆ CHẤT KẾT
DÍNH ĐA HỢP PHẦN VÀ HỖN HỢP VẬT LIỆU TẠO KHUÔN

(57) Sáng chế mô tả quy trình sản xuất khuôn đúc, lõi và vật liệu nền khuôn được tạo ra từ đó, hỗn hợp để kết hợp với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng để sản xuất khuôn đúc và/hoặc lõi, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, hỗn hợp vật liệu nền khuôn và khuôn đúc hoặc lõi. Sáng chế cũng đề cập đến hệ chất kết dính đa hợp phần.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất khuôn đúc, lõi và vật liệu nền khuôn được tạo ra từ đó, hỗn hợp để kết hợp với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng để sản xuất khuôn đúc và/hoặc lõi, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, hỗn hợp vật liệu nền khuôn và khuôn đúc hoặc lõi. Sáng chế còn đề cập đến việc sử dụng tương ứng một lượng silicat dạng tấm chứa các hạt có d_{90} nhỏ hơn 45 μm hoặc hỗn hợp tương ứng làm phụ gia để sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa thủy tinh lỏng và silic dioxit vô định hình dạng hạt, được hóa rắn bằng phản ứng hóa học giữa các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, trong sản xuất khuôn đúc hoặc lõi, để tạo điều kiện cho sự tháo dỡ và/hoặc gia tăng khả năng tái tạo khuôn đúc hoặc lõi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đúc trong khuôn dùng một lần là phương pháp phổ biến để sản xuất các hợp phần có hình dạng gần như lưới. Sau khi đúc, khuôn được hủy bỏ, và vật đúc được lấy ra. Khuôn đúc là âm bản; chúng chứa khoang được đúc, mà tạo ra vật đúc sẽ được sản xuất. Đường viền trong của vật đúc tương lai được tạo ra bởi lõi. Trong sản xuất khuôn đúc, bằng phương pháp tạo mô hình vật đúc sẽ được sản xuất, khoang này được định hình trong vật liệu đúc. Đường viền trong được tạo ra bởi lõi mà được định hình trong hộp lõi riêng biệt.

Đối với khuôn đúc và lõi, vật liệu tạo khuôn được sử dụng chủ yếu là vật liệu hạt chịu nhiệt, ví dụ cát thạch anh đã được phân loại và rửa. Vật liệu nền khuôn chịu nhiệt tốt hơn là ở dạng chảy tự do, sao cho nó có thể được đưa vào khoang thích hợp và hóa đặc ở đó. Vật liệu tạo khuôn được hóa đặc để làm gia tăng độ bền. Để sản xuất khuôn

đúc, vật liệu tạo khuôn được kết dính với chất kết dính vô cơ hoặc hữu cơ. Chất kết dính tạo ra sự cố kết vững chắc giữa các hạt của vật liệu nền khuôn, sao cho khuôn đúc có được độ ổn bền cơ học đòi hỏi.

Khuôn đúc và lõi cần đạt được các yêu cầu khác nhau. Trong chính quá trình đúc này, chúng trước tiên cần phải có độ bền và độ ổn định nhiệt thích đáng để có thể nhận được kim loại lỏng trong khoang được tạo thành từ một hoặc nhiều (phần) khuôn đúc. Sau khi bắt đầu quá trình hóa đặc, độ bền cơ học của vật đúc được đảm bảo bởi lớp kim loại được hóa đặc mà tạo thành dọc theo thành của khuôn đúc. Sau đó, vật liệu của khuôn đúc được cho là vỡ ra dưới tác động của nhiệt được phát ra bởi kim loại, theo cách mà nó bị mất độ bền cơ học của nó, nghĩa là mất sự cố kết giữa các hạt riêng rẽ của vật liệu chịu nhiệt. Trong trường hợp lý tưởng, khuôn đúc và lõi bị phá vỡ một lần nữa để tạo thành cát mịn mà có thể được loại bỏ dễ dàng khỏi vật đúc, và có đặc tính phá vỡ có lợi tương ứng. Ngày nay, có nhu cầu đặc biệt đối với việc tái sử dụng các phần còn lại sau khi đã phá vỡ của khuôn đúc và lõi đã được sử dụng và đối với việc sử dụng các khuôn đúc và lõi đã được sử dụng này để tạo ra vật liệu nền khuôn tái sinh. Việc tái sử dụng như vậy vật liệu nền khuôn tái sinh (tái tạo) đặt ra những yêu cầu đặc biệt đối với các đặc tính phá vỡ của khuôn đúc và lõi.

Khuôn đúc có thể được sản xuất bằng cách sử dụng chất kết dính hữu cơ hoặc vô cơ, việc hóa rắn chúng có thể được thực hiện bằng phương pháp nóng hoặc lạnh trong mỗi trường hợp. Phương pháp lạnh dùng để chỉ phương pháp được tiến hành chủ yếu ở nhiệt độ trong phòng mà không gia nhiệt khuôn đúc. Việc hóa rắn ở đây thường được thực hiện bằng phản ứng hóa học mà được khởi đầu, ví dụ, bằng cách cho chất xúc tác khí đi qua khuôn đúc cần hóa rắn. Trong phương pháp nóng, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, sau khi tạo hình, được gia nhiệt đến nhiệt độ đủ cao, ví dụ, để đuổi hết dung môi có mặt trong chất kết dính hoặc để khởi đầu phản ứng hóa học mà bằng cách đó chất kết dính được hóa rắn bằng cách liên kết ngang chẳng hạn.

Bất kể là cơ chế hóa rắn nào, yếu tố chung đối với tất cả các hệ kết dính hữu cơ

là ở chỗ chúng phá vỡ nhờ nhiệt khi kim loại lỏng được đưa vào khuôn đúc và có thể giải phóng các chất có hại, ví dụ benzen, toluen, xylen, phenol, formaldehyt và các sản phẩm cracking khác, một số trong chúng chưa xác định được. Mặc dù có thể giảm thiểu hóa sự phát thải này bằng các phương pháp khác nhau, không thể ngăn ngừa hoàn toàn sự phát thải này trong trường hợp các chất kết dính hữu cơ.

Để giảm thiểu hoặc ngăn ngừa sự phát thải các sản phẩm phá vỡ trong quá trình đúc, có thể sử dụng các chất kết dính mà dựa trên các vật liệu vô cơ hoặc chứa các hợp chất hữu cơ với tỷ lệ rất nhỏ. Các hệ kết dính như vậy là đã được biết đến trước đây trong thời gian dài, ví dụ từ GB 782205 A, US 6972059 B1, US 5582232 A, US 5474606 A và US 7022178. Thuật ngữ “chất kết dính vô cơ” dưới đây trong bản mô tả này dùng để chỉ chất kết dính mà bao gồm nước và các vật liệu vô cơ với lượng lớn hơn 95% khối lượng, tốt hơn là lớn hơn 99% khối lượng, sao cho tỷ lệ của các hợp chất hữu cơ trong chất kết dính vô cơ nhỏ hơn 5% khối lượng, tốt hơn là nhỏ hơn 1% khối lượng. Cụm từ “kết dính vô cơ” có nghĩa là khuôn đúc hoặc lõi được sản xuất bằng cách sử dụng chất kết dính vô cơ.

Thủy tinh lỏng kiềm tính đặc biệt có ý nghĩa như một thành phần của các chất kết dính vô cơ. Thủy tinh lỏng kiềm tính, dưới đây trong bản mô tả này còn được gọi là thủy tinh lỏng, dùng để chỉ natri silicat, kali silicat và lithi silicat thể thủy tinh, nghĩa là vô định hình, hòa tan trong nước mà đã được hóa rắn từ dung dịch nước hoặc dung dịch nóng chảy chứa nó. Thuật ngữ “thủy tinh lỏng” trong bản mô tả này dùng để chỉ các hỗn hợp mà có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O dùng để chỉ tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit. Cụm từ “được kết dính thủy tinh lỏng” có nghĩa là khuôn đúc hoặc lõi được sản xuất bằng cách sử dụng chất kết dính chứa thủy tinh lỏng.

Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn kết dính vô cơ là đã biết trước đây. Ví dụ, US 7770629 B2 đề xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa, cũng như vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, chất kết dính trên cơ sở thủy tinh lỏng và oxit kim loại ở dạng hạt, trong đó oxit

kim loại ở dạng hạt được sử dụng tốt hơn là silic oxit kết tủa hoặc silic oxit được tạo khói.

US 4233076 bộc lộ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa cát, chất kết dính silicat kim loại kiềm, ít nhất một tác nhân đóng rắn được chọn từ nhóm gồm alkylen cacbonat, axit monocarboxylic hoặc dicarboxylic hữu cơ hoặc metyl este của nó, cacbon dioxit hoặc xỉ lò cao, và chất chứa Al_2O_3 , phân bố cỡ hạt trung bình của nó nằm trong khoảng từ 0,2 đến 5 μm .

DE 102012113073 A1 bộc lộ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để sản xuất khuôn và lõi dùng để chế tác đồ kim loại, chứa ít nhất một vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, chất kết dính vô cơ và ít nhất một oxit kim loại ở dạng hạt, trong đó oxit kim loại ở dạng hạt chứa hoặc bao gồm ít nhất một nhôm oxit ở pha alpha và/hoặc ít nhất một hỗn hợp nhôm/silic oxit, ngoại trừ hỗn hợp nhôm/silic oxit có cấu trúc silicat dạng tấm.

DE 10 2012113074 A1 bộc lộ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để sản xuất khuôn và lõi dùng để chế tác đồ kim loại, chứa ít nhất một vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, chất kết dính vô cơ và ít nhất một hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, trong đó hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt này là ít nhất một hỗn hợp oxit dạng hạt hoặc hỗn hợp dạng hạt gồm ít nhất hai oxit, hoặc ít nhất một hỗn hợp oxit dạng hạt có mặt bên cạnh ít nhất một oxit ở dạng hạt khác hoặc bên cạnh ít nhất một hỗn hợp oxit dạng hạt khác nữa, và hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt gồm ít nhất một nhôm oxit và ít nhất một zircon oxit.

Các đặc tính phá vỡ của khuôn đúc và lõi (còn được đề cập đến như là các đặc tính thiết kế), nghĩa là khả năng của khuôn đúc và lõi phá vỡ nhanh chóng sau khi đúc kim loại trong điều kiện nén cơ học thành dạng dễ rót, thường tồi hơn trong trường hợp khuôn đúc và lõi kết dính vô cơ hoàn toàn, đặc biệt là khuôn đúc và lõi kết dính thủy tinh lỏng, so với trong trường hợp khuôn đúc và lõi được sản xuất với chất kết dính hữu cơ. Các đặc tính phá vỡ bất lợi này thường được giải thích ở chỗ nhiệt độ cao trong quá trình đúc dịch nóng chảy kim loại tạo ra sự thiêu kết của chế phẩm vật liệu đúc chứa thủy tinh silicat kim loại kiềm hoặc tạo ra sự hình thành các pha nóng chảy. Điều này

dẫn đến độ bền dư cao của khuôn đúc và lõi. Ở đây, hàm lượng kim loại kiềm của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được cho là đặc biệt quan trọng, và hàm lượng kim loại kiềm cao thường được đề cập đến như là gây bất lợi.

Các đặc tính phá vỡ tồi là đặc biệt bất lợi khi các khuôn đúc có thành mỏng hoặc chạm khắc hoặc phức tạp được sử dụng, mà nó thường khó để tháo dỡ trong trường hợp bất kỳ sau quá trình đúc. Đặc biệt hơn, các đặc tính phá vỡ tồi là yếu tố gây cản trở khi tái sử dụng khuôn đúc và lõi kết dính vô cơ mà đã từng được sử dụng trong quá trình đúc, và khi sử dụng những khuôn đúc và lõi này để sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh (vật liệu tái sinh). Các đặc tính phá vỡ không thỏa đáng có thể dẫn đến vật liệu nền khuôn tái sinh thu được ở dạng tảng lớn nhón và chảy tự do không thỏa đáng để được sử dụng lại ở dạng một mình hoặc kết hợp với vật liệu nền khuôn ban đầu “mới” trong sản xuất khuôn đúc và lõi. Quy trình sản xuất chế phẩm chịu nhiệt ở dạng hạt để dùng trong sản xuất khuôn đúc và lõi từ khuôn đúc hoặc lõi đã dùng rồi mà được sản xuất từ vật liệu chịu nhiệt và chất kết dính dạng kiềm chứa các ion kim loại kiềm được bộc lộ trong EP 2692460 B1.

Một cách đã biết để giải quyết vấn đề về các đặc tính phá vỡ tồi này là bổ sung chất trợ phá vỡ hữu cơ vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, mà nhiệt phân/phản ứng dưới tác động của kim loại nóng do đó tạo điều kiện phá vỡ khuôn đúc hoặc lõi sau khi đúc bằng cách tạo ra các lỗ. Tài liệu DE 1558155 A bộc lộ, đối với lõi dính kết thủy tinh lỏng, ví dụ, việc sử dụng đường, than cám cứng hoặc dầu hắc ín ở dạng viên, DD 82809 B1 bộc lộ việc sử dụng các sản phẩm tinh bột, than cám và ri đường làm chất trợ phá vỡ hữu cơ, và DD 141118 A1 bộc lộ, ngoài những đối tượng khác, việc sử dụng than cám, hydrat cacbon, tinh bột, dẫn xuất tinh bột và đường làm chất trợ phá vỡ. Tuy nhiên, việc sử dụng các hợp phần hữu cơ trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn trong quá trình đúc thường dẫn đến sự xuất hiện của sự phát thải không mong muốn của CO₂ và các sản phẩm nhiệt phân khác. Ngoài ra, điều được coi là đặc biệt bất lợi là chất trợ phá vỡ hữu cơ thường mất hiệu lực của chúng ở nhiệt độ đúc cao, do, ở nhiệt độ cao như xảy ra trong trường hợp đúc thép, ví dụ, đã xảy ra sự cháy hoàn toàn nhanh chóng chất trợ phá

vô hữu cơ, trong khi các quá trình nóng chảy và thiêu kết vẫn tiếp tục xảy ra khi chất trợ phá vô hữu cơ đã được tiêu thụ hết. Trong trường hợp này, các đặc tính phá vỡ thường chỉ được cải thiện ở mức độ không đáng kể bằng chất trợ phá vô hữu cơ. Hơn nữa, khả năng tái sử dụng của khuôn đúc và lõi được tạo ra từ chất trợ phá vô hữu cơ thường bị hạn chế do vật liệu nền khuôn tái sinh có thể sản xuất từ các khuôn đúc và lõi này có thể bị nhiễm tạp bởi các chất còn lại hoặc các sản phẩm phá vỡ của chất trợ phá vô hữu cơ mà có tác động bất lợi đến các đặc tính của vật liệu nền khuôn tái sinh và vì vậy cần phải được loại bỏ theo cách phức tạp. Ngoài ra, trong các thử nghiệm nội bộ đã nhận thấy rằng việc sử dụng chất trợ phá vô hữu cơ có thể làm giảm độ ổn định của khuôn đúc và lõi được sản xuất đối với độ ẩm không khí và/hoặc các lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước.

Do các bất lợi của chất trợ phá vô hữu cơ đã nêu cụ thể ở trên, cần có các chất thay thế, tốt hơn là chất trợ phá vô cơ dùng cho khuôn đúc và lõi kết dính vô cơ, mà có thể có tác động tích cực đến các đặc tính phá vỡ của khuôn đúc và lõi ngay cả trong trường hợp nhiệt độ đúc cao mà không có các bất lợi của các chất trợ phá vô hữu cơ đã biết. Các chất trợ phá vô cơ được mô tả trong tình trạng kỹ thuật.

Tài liệu DE 1558155 bộc lộ rằng sự cải tiến về khả năng thiết kế một cách cụ thể của vật đúc được đúc ở nhiệt độ cao có thể đạt được khi một số chất độn trơ được thay bởi canxi cacbonat, cũng có thể sử dụng các cacbonat của các oxit kiềm thổ khác ngoài canxi cacbonat. Tuy nhiên, tác dụng trợ phá vỡ này tạo ra từ sự phá vỡ của các cacbonat, mà giải phóng CO₂. Tình huống này thường được hiểu là bất lợi. Ngoài ra, nội dung bộc lộ của DE 1558155 liên quan đến việc sử dụng trong lõi mà được sản xuất với sự trợ giúp của thủy tinh lỏng được gắn kết bằng cách bổ sung tác nhân đóng rắn ở dạng bụi mà, cũng như silic hoặc hợp kim silic, còn chứa bentonit.

DD 246488 A1 bộc lộ vật liệu tạo khuôn có các đặc tính phá vỡ thuận lợi để sản xuất khuôn và lõi trong quá trình sản xuất vật đúc, đặc biệt là đối với các sản phẩm đúc khuôn thiêu kết (già) từ quá trình đúc thép, đặc trưng ở chỗ có mặt một hoặc nhiều hợp

phần nền chịu nhiệt và chất kết dính bao gồm hỗn hợp gồm dung dịch natri silicat (mô-đun 2,2...2,6; tỷ trọng 1,46...1,55 g/cm³) và dung dịch natri silicat được cải biến hóa học với phosphat kim loại kiềm (mô-đun 2,6...3,5; tỷ trọng 1,38...1,41 g/cm³), tốt hơn là ở tỷ lệ 1:1. DD 246488 đề cập đến các vật liệu tạo khuôn mà được đông rắn bằng cách thổi khí CO₂.

DE 102013111626 A1 bộc lộ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để sản xuất khuôn hoặc lõi, chứa ít nhất một vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, thủy tinh lỏng làm chất kết dính, silic dioxit vô định hình dạng hạt và một hoặc nhiều hợp chất bo oxit ở dạng bụi. Hợp chất bo oxit được sử dụng ở đây làm chất trợ phá vỡ.

DE 1190610 và DE 1198495 bộc lộ việc sử dụng bentonit để sản xuất khuôn và lõi mà dễ dàng phá vỡ sau khi đúc theo phương pháp thủy tinh lỏng-axit cacbonic.

US 3203057 bộc lộ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa vật liệu chịu nhiệt mịn, chất kết dính dạng lỏng về cơ bản chứa dung dịch silicat kim loại kiềm, và chất trợ phá vỡ về cơ bản chứa Al₂O₃. Dung dịch silicat kim loại kiềm ở đây cần phải có độ kiềm nằm trong khoảng 18-30%.

DE 10 2005 041 863 A1 mô tả hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa thủy tinh bosilicat.

Luận án của R. Ramakrishnan (Đại học kỹ thuật Munich, được thông qua tháng 1 năm 2016) đề cập đến việc in 3D bằng hệ vật liệu tạo khuôn vô cơ.

DE 15 58 155 A mô tả quy trình sản xuất lõi.

EP 2308614 A1 mô tả cát gel khí có độ bền ướt nhờ vào việc bổ sung silicat dạng tấm và xerogel.

X. Zhang và đồng tác giả công bố, trong *Mater. Horiz.* 2014, **1**, 232-236, rằng

các gel khí thông thường, bao gồm gel khí resorcinol-formaldehyt hữu cơ, có thể khó tái sinh nhất và vì vậy thường gây khó khăn trong trường hợp xử lý chất thải.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục tiêu chính của sáng chế là định rõ quy trình sản xuất khuôn đúc và lõi, đặc biệt là khuôn đúc và lõi kết dính thủy tinh lỏng, trong đó khuôn đúc và lõi được tạo ra đặc biệt đáp ứng được các yêu cầu sau:

- dễ sản xuất bằng cách sử dụng các thiết bị và các quy trình sản xuất thường được sử dụng;
- độ bền cao sau khi sản xuất và độ bền về cơ bản rất ổn định ngay cả sau khi bảo quản trong thời gian dài;
- độ ổn định cao đối với độ ẩm không khí và lớp phủ chịu nhiệt chứa nước, sao cho sự tiếp xúc với độ ẩm không khí hoặc lớp phủ của khuôn đúc và lõi với lớp phủ chịu nhiệt chứa nước chỉ làm giảm một chút độ bền;
- chất lượng bề mặt của vật đúc được sản xuất với khuôn đúc hoặc lõi là rất tốt, đặc biệt trong trường hợp đúc đồng thau, sắt hoặc thép;
- sự phát thải CO₂ và/hoặc các sản phẩm nhiệt phân không mong muốn khác (nếu có) là thấp trong quá trình đúc kim loại, đặc biệt là trong quá trình đúc đồng thau, sắt hoặc thép;
- các đặc tính phá vỡ rất tốt, nghĩa là độ bền dư thấp, sau khi sử dụng trong quá trình đúc kim loại, đặc biệt là trong đúc đồng thau, sắt hoặc thép, sao cho khuôn đúc và lõi, sau khi sử dụng trong quá trình đúc kim loại, có thể được tách riêng một cách dễ dàng và không kèm theo phần còn lại từ vật đúc ngay cả bởi ứng suất cơ học yếu.

Một mục tiêu khác của sáng chế là định hình quy trình sao cho quy trình này có

thể sử dụng khuôn đúc và lõi được sản xuất, với mức độ phức tạp đặc biệt thấp, để thu được vật liệu nền khuôn tái sinh, các đặc tính của chúng đặc biệt giống với vật liệu nền khuôn ban đầu, nghĩa là vật liệu nền khuôn thuộc cùng loại và cùng nguồn gốc mà chưa được sử dụng trong sản xuất khuôn đúc và lõi.

Theo đó, vật liệu nền khuôn tái sinh được tạo ra như vậy (thể hệ thứ nhất) là thích hợp để sản xuất khuôn đúc và lõi, đặc biệt là để sản xuất khuôn đúc và lõi bằng quy trình đã chỉ ra. Vì vậy, vật liệu nền khuôn tái sinh được sản xuất thích hợp cho sản xuất khuôn đúc và lõi mà đáp ứng các yêu cầu được xác định trên đây và đặc biệt là có thể, ngay cả sau khi sử dụng trong đúc đồng thau, sắt hoặc thép, thể hiện các đặc tính phá vỡ tốt và có thể được chuyển hóa dễ dàng thành vật liệu nền khuôn tái sinh (thể hệ hai).

Mục tiêu ở đây là định hình cho quy trình sao cho khả năng tái chế của vật liệu nền khuôn để sử dụng trong quy trình này là đặc biệt cao, có nghĩa là một hạt vật liệu nền khuôn được xem xét một cách riêng biệt, trong quá trình được thực hiện dưới dạng chu trình, trở thành một phần của số lượng tối đa khuôn đúc hoặc lõi.

Để có thể đáp ứng được các yêu cầu trên một cách đặc biệt hữu hiệu, một đối tượng của sáng chế là nhằm thiết kế quy trình được chỉ định sao cho vật liệu nền khuôn tái sinh được sản xuất, về thành phần hóa học của nó, tương ứng rất chính xác với vật liệu nền khuôn ban đầu, nghĩa là vật liệu nền khuôn thuộc cùng loại và có cùng nguồn gốc mà chưa được sử dụng trong sản xuất khuôn đúc và lõi. Đặc biệt hơn, điều này có nghĩa là hàm lượng các ion kim loại kiềm và hàm lượng các phụ gia khác, đặc biệt là hàm lượng chất trợ phá vỡ bất kỳ có mặt trong khuôn đúc và lõi, trong vật liệu nền khuôn tái sinh cần phải ở mức tối thiểu để nồng độ của các thành phần này không tăng lên trong quy trình được chỉ định.

Ngoài ra, một mục tiêu khác là nhằm thiết kế quy trình được chỉ định sao cho nó có thể được thực hiện đặc biệt hữu hiệu trong thực tiễn bằng cách sử dụng chu trình vật liệu nền khuôn.

Một mục tiêu khác nữa của sáng chế này là nhằm đạt được khả năng thực hiện các bước của quy trình được chỉ ra ít nhất một phần bằng cách sử dụng máy in 3D hoặc phương pháp in 3D.

Một mục tiêu khác nữa của sáng chế này là đề xuất (i) hỗn hợp để kết hợp với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, (ii) hệ chất kết dính đa hợp phân và (iii) hỗn hợp vật liệu tạo khuôn mà khuôn đúc và lõi đáp ứng được các yêu cầu nêu trên có thể được sản xuất từ hỗn hợp này.

Ngoài ra, một mục tiêu của sáng chế này là đề xuất hỗn hợp vật liệu nền khuôn mà có thể sản xuất khuôn đúc và lõi đáp ứng được các yêu cầu nêu trên từ hỗn hợp này, và chứa vật liệu nền khuôn tái sinh có thể sản xuất bằng quy trình đã chỉ ra (xem phần trên).

Hơn nữa, một mục tiêu của sáng chế này là đề xuất khuôn đúc hoặc lõi đáp ứng được các yêu cầu nêu trên.

Các mục tiêu (các phần mục tiêu) khác nữa của sáng chế này là rõ ràng từ phần yêu cầu bảo hộ đính kèm và phần mô tả hiện thời.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các mục tiêu nêu trên đạt được bằng các quy trình, hỗn hợp, các hệ kết dính đa hợp phân, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, hỗn hợp vật liệu nền khuôn, việc sử dụng, khuôn đúc và lõi như được xác định trong yêu cầu bảo hộ đính kèm. Các dạng được ưu tiên theo sáng chế là rõ ràng từ yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Cụ thể hơn, các mục tiêu nêu trên đạt được bằng quy trình sản xuất khuôn đúc, lõi và vật liệu nền khuôn được tạo ra từ đó, bao gồm các bước sau để sản xuất khuôn đúc hoặc lõi:

- cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm
- vật liệu nền khuôn, tốt hơn là vật liệu nền khuôn dạng hạt,

- dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng,
- 0,1% đến 3% khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,

và, để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi,

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 0,05% đến 1,5% khối lượng, tốt hơn là từ 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn nữa là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm ,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn,

- tạo hình hỗn hợp vật liệu đổ khuôn,
- làm đông rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, để tạo ra khuôn đúc hoặc lõi.

Vật liệu nền khuôn tốt hơn là vật liệu nền khuôn chịu nhiệt. Trong sáng chế này, “chịu nhiệt”, theo cách hiểu thông thường của người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực, dùng để chỉ các khối, vật liệu và khoáng vật mà có thể ít nhất là trong thời gian ngắn chịu được các ứng suất nhiệt trong quá trình đúc hoặc hóa rắn của dịch nóng chảy chứa sắt, thường là gang. Vật liệu nền khuôn thích hợp là, ví dụ, cát thạch anh, cát ziricon hoặc cát quặng crom, olivin, vermiculit, bauxit, samôt và vật liệu nền khuôn tổng hợp.

Vật liệu nền khuôn tốt hơn là chiếm nhiều hơn 80% khối lượng, tốt hơn là lớn hơn 90% khối lượng, tốt hơn nữa là lớn hơn 95% khối lượng, của tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Vật liệu nền khuôn chịu nhiệt tốt hơn là ở trạng thái chảy

tự do. Theo đó, vật liệu nền khuôn để dùng theo sáng chế tốt hơn là – và như thường lệ (xem phần trên) – ở dạng có chứa hạt hoặc dạng hạt.

Đường kính trung bình của hạt vật liệu nền khuôn thường nằm trong khoảng từ 100 μm đến 600 μm , tốt hơn là từ 120 μm đến 550 μm và tốt hơn nữa là từ 150 μm đến 500 μm . Cỡ hạt có thể được xác định, ví dụ, bằng cách rây theo DIN ISO 3310. Tốt hơn là, trong ngữ cảnh của sáng chế này, cỡ hạt của hạt vật liệu nền khuôn hoặc đường kính trung bình của nó được xác định bằng cách rây theo VDG-Merkblatt (nghĩa là dải dữ liệu từ Verein deutscher Gießereifachleute [Society of German Foundry Specialists]) P 27 tháng 10 năm 1999, điểm 4.3, quy định việc sử dụng rây thử nghiệm theo DIN ISO 3310.

Dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng có thể được sản xuất bằng cách hòa tan lithi silicat, natri silicat và kali silicat kiểu thủy tinh trong nước. Có thể sử dụng thủy tinh lỏng chứa một, hai hoặc nhiều hơn hai ion kim loại kiềm nói trên và/hoặc chứa một hoặc còn chứa thêm một hoặc nhiều cation đa hóa trị, ví dụ nhôm.

Dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng tốt hơn là có hàm lượng chất rắn nằm trong khoảng từ 25% đến 65% khối lượng, tốt hơn là từ 30% đến 55% khối lượng, tốt hơn nữa là từ 30% đến 50% khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của dung dịch hoặc thể phân tán. Trong tính toán hàm lượng chất rắn, toàn bộ pha lỏng có mặt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, ví dụ nước hoặc rượu, được tính như là một phần của dung dịch hoặc thể phân tán.

Theo ứng dụng và mức độ bền mong muốn của khuôn và lõi được sản xuất, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa 0,5% khối lượng đến 5% khối lượng, tốt hơn là 0,75% khối lượng đến 4% khối lượng, tốt hơn nữa là 1% khối lượng đến 3,5% khối lượng, dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Theo sáng chế, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa silic dioxit vô định hình dạng hạt (" SiO_2 "); tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối, với độ tinh

khuyết thông thường, nghĩa là với các tạp chất thông thường và các thành phần thứ cấp. Thuật ngữ “hạt” dùng để chỉ bột rắn (bao gồm bụi) hoặc vật liệu dạng hạt khác mà có thể đổ được và do vậy cũng có thể rây được.

d_{90} của silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là của silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, tốt hơn là nhỏ hơn 100 μm , tốt hơn là nhỏ hơn 45 μm , tốt hơn nữa là nhỏ hơn 25 μm . Điều này có nghĩa là 90% silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, có mặt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tốt hơn là nhỏ hơn 100 μm , tốt hơn là nhỏ hơn 45 μm , tốt hơn nữa là nhỏ hơn 25 μm . d_{90} được xác định bằng cách quét hình ảnh trên kính hiển vi điện tử (JSM-6510 from Jeol).

Silic dioxit vô định hình dạng hạt được sử dụng có thể là loại được sản xuất tổng hợp hoặc có mặt trong tự nhiên. Loại có mặt trong tự nhiên là đã biết, ví dụ, từ DE 102007045649, nhưng không được ưu tiên do chúng thường không chứa các thành phần tinh thể nhỏ bé và vì vậy được phân loại là chất gây ung thư. Silic dioxit vô định hình được sản xuất tổng hợp được sản xuất bằng phản ứng hóa học được tiến hành một cách thận trọng. Ví dụ về các phản ứng này là nhiệt phân silic tetrachlorua nhờ lửa và khử cát thạch anh bằng than cốc, ví dụ, trong lò hồ quang điện trong sản xuất silic và hợp kim sắt-silic. SiO_2 (“silic dioxit”) vô định hình được sản xuất bằng hai phương pháp này còn được đề cập đến như là SiO_2 tạo khói.

Tốt hơn là, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa SiO_2 vô định hình ở dạng hạt được sản xuất tổng hợp, tốt hơn nữa là SiO_2 vô định hình ở dạng hạt được tạo khói.

Silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói được sử dụng được đặc biệt ưu tiên trong quy trình theo sáng chế (hoặc trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn của quy trình theo sáng chế), trong ngữ cảnh của sáng chế này, bao gồm các loại silic dioxit vô định hình dạng hạt (thường cũng được đề cập đến như là “các silic oxit”) mà được nhận biết bởi CAS RN 69012-64-2 và CAS RN 112945-52-5. Các loại silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói mà được sử dụng ưu tiên trong quy trình theo sáng chế có thể được sản xuất theo cách đã biết trên đây, đặc biệt là bằng cách nhiệt phân silic

tetraclorua nhờ lửa, bằng cách khử cát thạch anh với cacbon (chẳng hạn than cốc) trong lò hồ quang điện (tốt hơn là trong sản xuất hợp kim sắt-silic và silicon) hoặc từ ZrSiO_4 hoặc trong quá trình điều chế ZrO_2 từ ZrSiO_4 .

Tốt hơn là, silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối được ưu tiên sử dụng theo sáng chế bao gồm silic dioxit vô định hình dạng hạt mà được nhận biết bởi CAS RN 69012-64-2 và tốt hơn là được sản xuất bằng cách khử cát thạch anh với cacbon (chẳng hạn than cốc) trong lò hồ quang điện (trong sản xuất hợp kim sắt-silic và silicon) hoặc thu được ở dạng sản phẩm phụ trong sản xuất hợp kim sắt-silic và silic và/hoặc được điều chế từ ZrSiO_4 hoặc thu được ở dạng sản phẩm phụ trong quá trình điều chế ZrO_2 từ ZrSiO_4 . Silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối đặc trưng này còn được đề cập đến trong lĩnh vực cụ thể này là “vi silic oxit”.

“CAS RN” trong mỗi trường hợp thể hiện số đăng ký CAS (CAS = Chemical Abstracts Service). Đây là tiêu chuẩn đặt tên quốc tế đối với các hóa chất. Đối với mỗi hóa chất được đăng ký trong cơ sở dữ liệu CAS (bao gồm các trình tự sinh học, hợp kim, polyme) đều có một số CAS duy nhất.

Theo một biến thể được ưu tiên của quy trình theo sáng chế, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chỉ chứa silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối làm silic dioxit vô định hình dạng hạt.

Silicat dạng tấm là silicat và, được hiểu theo cách thông thường, muối của axit orthosilixic ($\text{Si}(\text{OH})_4$). Các muối này là các hợp chất được tạo thành từ SiO_4 bốn mặt. Các silicat dạng tấm dùng để chỉ silicat trong đó các anion silicat chứa các lớp (kép) SiO_4 bốn mặt được nối ở góc. Các lớp hoặc lớp kép này không được nối với nhau qua các liên kết Si-O khác để tạo thành bộ khung. Các silicat dạng tấm được ưu tiên là kaolinit, metakaolin, monmorilonit, haloysit, hectorit, smectit, muscovit, pyrophyllit và silicat dạng tấm tổng hợp, silicat dạng tấm tổng hợp là silicat dạng tấm mà không xuất hiện trong tự nhiên mà được sản xuất nhân tạo bằng phản ứng hóa học có điều chỉnh.

Theo sáng chế, d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm là nhỏ hơn 45 μm . Điều này

có nghĩa là 90% hạt silicat dạng tấm có mặt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn nhỏ hơn 45 μm . d_{90} được xác định bằng cách quét hình ảnh trên kính hiển vi điện tử (JSM-6510 from Jeol).

Trong quy trình theo sáng chế, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa một hoặc nhiều silicat dạng tấm để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi.

Trong quy trình theo sáng chế, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tốt hơn là chứa một hoặc nhiều silicat dạng tấm để tạo điều kiện phá vỡ và để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi.

Sự phá vỡ dễ dàng có nghĩa là khuôn và lõi được tạo ra từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, sau khi sử dụng trong quá trình đúc kim loại, nghĩa là sau khi tiếp xúc với dịch nấu chảy kim loại nóng, chẳng hạn dịch nấu chảy sắt, có độ bền dư thấp và có thể được tách khỏi vật đúc một cách nhanh chóng và không kèm theo phần dư ngay cả với ứng suất cơ học thấp. Khả năng tái tạo gia tăng của khuôn đúc hoặc lõi có nghĩa là có thể sử dụng hỗn hợp thu được từ khuôn đúc được sử dụng hoặc lõi bằng cách tháo rời khỏi vật đúc để thu được hỗn hợp tái chế mà có thể được sử dụng lại làm vật liệu nền khuôn trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để sản xuất khuôn đúc hoặc lõi, trong đó thành phần hóa học và đặc tính của hỗn hợp tái chế đặc biệt giống với thành phần hóa học và đặc tính của vật liệu nền khuôn mà đã được sử dụng để sản xuất khuôn đúc ban đầu hoặc lõi ban đầu.

Sự có mặt đồng thời của silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, và của một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sử dụng cho sản xuất tạo điều kiện thuận lợi cho sự phá vỡ khuôn đúc hoặc lõi hoặc làm gia tăng khả năng tái tạo nó so với khuôn đúc và lõi mà được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn mà không chứa đồng thời silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, và silicat dạng tấm chứa các hạt. Trong sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, quy trình này là, ví dụ, ở chỗ vật liệu nền khuôn chịu nhiệt ban đầu được nạp, thường là

trong một thiết bị trộn. Sau đó, dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, silicat dạng tấm chứa các hạt và các thành phần bất kỳ khác được bổ sung vào thiết bị này, đồng thời khuấy. Thời gian trộn tốt hơn là được chọn sao cho đạt được việc trộn các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo kinh nghiệm.

Hình dạng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm hình dạng chủ tâm và mục tiêu của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, nghĩa là sự chuyển hóa chủ tâm và mục tiêu của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn thành dạng ba chiều. Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tốt hơn là được tạo hình bằng cách đưa hỗn hợp vật liệu tạo khuôn vào một khuôn (lỗm). Theo cách khác, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn cũng có thể được tạo hình bằng các phương pháp khác đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Ví dụ, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có thể được tạo hình trong phương pháp in 3D bằng máy in 3D.

Việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm quá trình bất kỳ mà nhờ đó độ bền của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình là tăng so với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình nhưng chưa được đóng rắn. Việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn không đòi hỏi rằng việc đóng rắn này phải hoàn toàn. Việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn vì vậy còn bao gồm việc đóng rắn không hoàn toàn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Điều này tương đương với cách lý giải thuật ngữ “đóng rắn” bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, bởi vì, vì lý do động học phản ứng, không mong đợi rằng tất cả các thành phần phản ứng trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sản xuất hoặc cung cấp sẽ phản ứng trong quá trình đóng rắn. Về mặt này, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này nhận biết được, ví dụ, hiện tượng đóng rắn tiếp theo của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Theo sáng chế, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được hóa rắn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, để tạo ra khuôn đúc hoặc lõi. Nguyên nhân của việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng về cơ bản là sự hóa đặc của thủy tinh lỏng, nghĩa là việc ghép nối các đơn vị silicat của thủy tinh lỏng với nhau.

Trong ngữ cảnh của sáng chế này, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được hóa rắn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác khi không có chất nào khác mà tham gia vào phản ứng đóng rắn hoặc khởi đầu phản ứng đóng rắn ở nơi đầu tiên cần phải được cung cấp từ bên ngoài hoặc thậm chí là được cung cấp bằng các thiết bị thích hợp vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình để trợ giúp hoặc gây ra sự đóng rắn.

Ví dụ về việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác là các quá trình đã biết trước đây đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trong đó việc đóng rắn được trợ giúp hoặc gây ra bằng cách gia nhiệt hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình, và các quá trình trong đó việc đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được trợ giúp hoặc gây ra bởi sự thủy phân của este mà là một phần của hỗn hợp vật liệu nền khuôn.

Ví dụ về việc đóng rắn không theo sáng chế của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn là quy trình trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được trợ giúp hoặc gây ra trong các hệ thống thích hợp và/hoặc bằng cách sử dụng các dụng cụ thích hợp (như ống dẫn, bơm v.v.) bằng cách xử lý khí có điều khiển đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình bằng khí hoặc hỗn hợp khí chứa nhiều hơn 1 % mol CO₂. Trong các quy trình như vậy, còn được biết đến như là các quy trình CO₂, để đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn, hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được hóa rắn không chỉ bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, mà đặc biệt còn bởi phản ứng của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một chất phản ứng được cung cấp từ bên ngoài, cụ thể là CO₂. Ngược lại với khuôn đúc và lõi được tạo ra bằng quy trình theo sáng chế, khuôn đúc và lõi mà được sản xuất bằng cách đóng rắn bằng quy trình CO₂ với cấu hình quy trình tương tự theo cách khác không có những lợi thế đáng ngạc nhiên quan sát được. Cụ thể hơn, khuôn đúc và lõi tương ứng có các đặc tính phá vỡ kém và khả năng tái sinh thấp hơn rõ rệt so với khuôn đúc và lõi theo sáng chế.

Rõ ràng là quy trình theo sáng chế tốt hơn là được thực hiện trong các điều kiện môi trường xung quanh, nghĩa là với sự có mặt của không khí xung quanh. Mặc dù không khí xung quanh chứa cacbon dioxit, quy trình này không tương đương với việc đóng rắn bởi quy trình CO₂ trong phạm vi của sáng chế này, mà đòi hỏi việc xử lý khí hướng đích đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng khí giàu CO₂, đặc biệt là trong các hệ thống thích hợp và/hoặc bằng cách sử dụng các dụng cụ thích hợp (như ống dẫn, bơm v.v.). Ngược lại, khi quy trình CO₂ được sử dụng, cũng có thể có liên kết hóa học ở mức độ yếu của các thành phần thủy tinh lỏng không tham gia vào phân tử bất kỳ trong số các phân tử CO₂ được cung cấp. Tuy nhiên, điều này không được đề cập đến như là việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn này với một thành phần khác.

Do vậy, quy trình theo sáng chế là được ưu tiên (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây),

trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bị ảnh hưởng ở mức độ lớn hơn 95%, tốt hơn là lớn hơn 99%, bởi phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, dựa trên số phản ứng hóa đặc,

và/hoặc

trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn không bị ảnh hưởng bởi quy trình CO₂.

Quy trình được chỉ ra trên đây theo sáng chế là được ưu tiên (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), bao gồm các bước sau đây để sản xuất khuôn đúc hoặc lõi:

- cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm
 - vật liệu nền khuôn, tốt hơn là vật liệu nền khuôn dạng hạt,

trong đó đường kính trung bình của hạt vật liệu nền khuôn tốt hơn là nằm

trong khoảng từ 100 μm đến 600 μm , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 120 μm đến 550 μm và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 150 μm đến 500 μm , với cỡ hạt và đường kính trung bình của hạt vật liệu nền khuôn được xác định bằng cách rây theo VDG-Merkblatt P 27 tháng mười năm 1999, điểm 4.3,

- dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, trong đó thủy tinh lỏng trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tốt hơn là có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O dùng để chỉ tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit,
- 0,1% đến 3% khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,

và, để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi,

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 0,05% đến 1,5% khối lượng, tốt hơn là từ 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn nữa là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm ,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn,

- tạo hình hỗn hợp vật liệu đổ khuôn,
- làm đông rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, để tạo ra khuôn đúc hoặc lõi.

Quy trình theo sáng chế là được ưu tiên (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa một hoặc nhiều thành phần sau đây:

- 0,3% đến 3% khối lượng, tốt hơn là 0,57% đến 0,77% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm là nhỏ hơn 45 μm ,
- graphit và/hoặc molybden(IV) sulfua với tổng lượng lên tới 1% khối lượng, tốt hơn là lên tới 0,2% khối lượng, tốt hơn là với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,2% khối lượng, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,03% đến 0,08% khối lượng, trong đó tốt hơn là chỉ graphit được sử dụng,
- este với tổng lượng lên tới 0,4% khối lượng, tốt hơn là tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 0,4% khối lượng, trong đó tốt hơn là ít nhất một trong số các este được chọn từ nhóm gồm các sản phẩm phản ứng ngoại phân tử hoặc nội phân tử của rượu và axit, trong đó

rượu được chọn từ nhóm gồm rượu đơn chức C1-C8, rượu hai chức C1-C8, tốt hơn là rượu hai chức C2-C8, và rượu ba chức C1-C8, tốt hơn là rượu ba chức C3-C8, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm etylen glycol, propan-1,2-diol và glyxerol,

và

axit được chọn từ nhóm gồm axit C2-C8 monocarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 dicarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 tricarboxylic hữu cơ, tốt hơn là axit C4-C8 tricarboxylic hữu cơ, và các axit vô cơ, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit lactic, axit oxalic, axit suxinic, axit malonic, axit phosphoric, axit sulfuric, axit boric và axit cacbonic,

trong đó tốt hơn là ít nhất một trong số các este là propylen cacbonat hoặc γ -butyrolacton,

- lên tới 4% khối lượng hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, tốt hơn là chứa ít nhất một nhôm oxit và ít nhất một zircon oxit,
- một hoặc nhiều chất có hoạt tính bề mặt được chọn từ nhóm gồm chất hoạt động bề mặt anion, chất hoạt động bề mặt không ion, chất hoạt động bề mặt cation và chất hoạt động bề mặt lưỡng tính với tổng lượng 0,001 đến 1% khối lượng,
- một hoặc nhiều hợp chất bo oxit với tổng lượng 0,002% đến 1% khối lượng,

trong đó một hoặc ít nhất một trong số các hợp chất bo oxit tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm borat, axit boric, anhydrit boric, bosilicat, bophosphat, và bophosphosilicat, tốt hơn nữa là được chọn từ nhóm gồm borat kim loại kiềm và kim loại kiềm thổ, trong đó hợp chất bo oxit tốt hơn là không chứa nhóm hữu cơ bất kỳ,
- một hoặc nhiều hợp chất phospho với tổng lượng 0,05% đến 1% khối lượng,

trong đó một hoặc ít nhất một trong số các hợp chất phospho tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm phosphat hữu cơ và phosphat vô cơ, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm phosphat vô cơ kim loại kiềm,
- một hoặc nhiều hydrat cacbon với tổng lượng 0,01% đến 10% khối lượng,

trong đó một hoặc ít nhất một hydrat cacbon tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm oligosacarit và polysacarit, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm xenluloza, tinh bột và dextrin,
- 0,02 đến 5% khối lượng bari sulfat,
- một hoặc nhiều silan với tổng lượng 0,1% đến 2% khối lượng,

trong đó một hoặc ít nhất một trong số các silan tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm aminosilan, epoxysilan, mercaptosilan, hydroxysilan và ureidosilan,
- một hoặc nhiều hợp chất lithi với tổng lượng 0,01% đến 0,2% khối lượng,

trong đó một hoặc ít nhất một trong số các hợp chất lithi tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm lithi silicat vô định hình, lithi oxit và lithi hydroxit,

- hạt nhôm oxit, tốt hơn là ở pha alpha, và/hoặc nhôm/silic oxit hỗn hợp ở dạng hạt mà không có cấu trúc silicat dạng tấm với tổng lượng 0,05% đến 4% khối lượng, trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Các quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế được nhận thấy là đặc biệt có lợi trong các thí nghiệm nội bộ do chúng đã được sử dụng để sản xuất khuôn đúc và lõi có các đặc tính phá vỡ đặc biệt tốt và có thể được tái sinh đặc biệt dễ dàng theo cách mà vật liệu nền khuôn tái sinh được phục hồi có thể được sử dụng lại một cách đặc biệt dễ dàng để làm vật liệu nền khuôn, đặc biệt là đối với quy trình theo sáng chế.

Graphit và/hoặc molybden(IV) sulfua đóng vai trò làm chất làm trơn và do đó cải tiến khả năng gia công của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn; cụ thể hơn, trong các quy trình theo sáng chế, chúng tạo điều kiện thuận lợi cho bước tạo hình hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Bất ngờ là, sự có mặt của các chất này trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn không có ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính phá vỡ của khuôn và lõi được sản xuất. Đã phát hiện ra rằng graphit được ưu tiên hơn so với molybden(IV) sulfua do khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi được sản xuất trong trường hợp này là cao hơn.

Một thành phần khác có mặt với sự ưu tiên trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn là este. Este là sản phẩm phản ứng của một rượu và axit trong phản ứng este hóa, trong đó trong phản ứng este hóa này có thể bị ảnh hưởng không chỉ theo cách nội phân tử mà còn theo cách ngoại phân tử, nghĩa là gây ra sự đóng vòng trong một phân tử đơn mà có cả nhóm chức axit và nhóm OH. Một ví dụ về este mà là sản phẩm phản ứng ngoại phân tử của một rượu và axit là γ -butyrolacton. Các este được ưu tiên làm một thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn do chúng có thể gây ra hoặc trợ giúp việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn; các quy trình đóng rắn tương ứng cũng được người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này biết đến như là “quy trình este”.

Một cách có lợi, đã nhận thấy trong các thí nghiệm nội bộ rằng hỗn hợp vật liệu

tạo khuôn được cung cấp hoặc được sản xuất trong quy trình theo sáng chế cũng có thể chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, chất có hoạt tính bề mặt, hợp chất bo oxit, hợp chất phospho, hydrat cacbon, bari sulfat, silan, hợp chất lithi và hạt nhôm oxit (tốt hơn là như được chỉ ra trên đây là được ưu tiên) với lượng đã chỉ ra mà không làm giảm nhưng lợi ích của quy trình theo sáng chế, đặc biệt là các đặc tính phá vỡ được cải thiện và nâng cao khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế. Điều này là đặc biệt có lợi do có thể sử dụng các thành phần cụ thể trên đây để điều chỉnh các đặc tính gia công của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn và/hoặc các đặc tính của khuôn đúc và lõi được sản xuất (ví dụ độ bền của khuôn đúc và lõi hoặc chất lượng bề mặt của vật đúc có thể sản xuất được) theo yêu cầu tương ứng mà không làm mất đi những lợi thế của quy trình theo sáng chế.

Bari sulfat có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cải thiện hơn nữa chất lượng bề mặt của vật đúc, đặc biệt là trong đúc nhôm. Bari sulfat tốt hơn là được bổ sung với lượng 0,05% đến 3,0% khối lượng, tốt hơn nữa là 0,1% đến 2,0% khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Silan tốt hơn là được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cải thiện khả năng thấm ướt của vật liệu nền khuôn hoặc khả năng chảy của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Nhôm oxit ở dạng hạt, tốt hơn là ở pha alpha, và/hoặc hỗn hợp nhôm/silic oxit ở dạng hạt mà không có cấu trúc silicat dạng tấm và/hoặc hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cải thiện hơn nữa chất lượng bề mặt của vật đúc, đặc biệt là trong đúc thép và sắt, sao cho, sau khi dỡ bỏ khuôn đúc khỏi vật đúc, chỉ cần xử lý lại một chút, nếu có đi chăng nữa, bề mặt của vật đúc. Ưu tiên đối với những nồng độ nằm trong khoảng từ 0,1% khối lượng đến 2,0% khối lượng, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,1% khối lượng đến 1,5% khối lượng, đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,2% khối lượng đến 1,2% khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Hợp chất phospho có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cho phép sản xuất khuôn đúc và lõi có thành đặc biệt mỏng tuy nhiên có độ bền cao và có độ ổn định cao khi được sử dụng trong đúc kim loại. Nhôm phosphat có thể cũng được sử dụng làm thành phần làm cứng cho chất kết dính thủy tinh lỏng.

Chất có hoạt tính bề mặt, đặc biệt là chất hoạt động bề mặt, có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cải thiện khả năng chảy của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Đại diện thích hợp của các hợp chất này được mô tả, ví dụ, trong WO 2009/056320 (= US 2010/0326620 A1).

Hợp chất bo oxit có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cho phép tạo ra khuôn đúc và lõi đặc biệt chịu ẩm.

Hydrat cacbon có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cho phép tạo ra khuôn đúc và lõi đặc biệt rắn chắc có độ bền cao khi bảo quản.

Hợp chất lithi có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để cho phép tạo ra khuôn đúc và lõi đặc biệt bền khi bảo quản có độ ổn định cao đối với độ ẩm.

Hàm lượng ưu tiên được xác định trên đây của silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là của silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, và tổng lượng silicat dạng tấm chứa hạt đã được tìm thấy trong thí nghiệm nội bộ thuộc khoảng mà trong đó các tác dụng bất ngờ về các đặc tính phá vỡ được cải thiện và khả năng tái sinh gia tăng của khuôn đúc và lõi được sản xuất bằng quy trình theo sáng chế được biểu hiện đặc biệt rõ ràng. Các tác dụng này là đặc biệt rõ rệt khi hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa tất cả các thành phần với lượng ưu tiên như đã chỉ ra, tốt hơn là với lượng được đặc biệt ưu tiên như đã chỉ ra.

Điều này có nghĩa là quy trình được cực kỳ ưu tiên theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như được xác định trên đây) là quy trình trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa

- 0,3% đến 3% khối lượng, tốt hơn là 0,57% đến 0,77% khối lượng, silic dioxit vô

định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,

và

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm .

Khi tính đến các lợi ích đã nêu ở trên, đặc biệt ưu tiên cho quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định ở trên) bao gồm bước cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa

- vật liệu nền khuôn,
- dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm là nhỏ hơn 45 μm ,
- 0,3% đến 3% khối lượng, tốt hơn là 0,57% đến 0,77% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, và
- 0,01 đến 1% khối lượng graphit,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Đặc biệt ưu tiên là quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) bao gồm bước cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa

- vật liệu nền khuôn,
- dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là 0,1% đến 0,3% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat

dạng tấm là nhỏ hơn 45 μm ,

- 0,3% đến 3% khối lượng, tốt hơn là 0,57% đến 0,77% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối,
- 0,01 đến 1% khối lượng graphit, và
- một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, chất có hoạt tính bề mặt, hợp chất bo oxit, hợp chất phospho, hydrat cacbon, bari sulfat, silan, hợp chất lithi và nhôm oxit ở dạng hạt (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây),

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Quy trình theo sáng chế (được ưu tiên như được xác định trên đây) trong đó thủy tinh lỏng trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit cũng được ưu tiên.

Quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do quy trình này có thể được sử dụng để sản xuất khuôn đúc và lõi đặc biệt rắn chắc có các đặc tính phá vỡ tuyệt vời mà có thể dễ dàng được tái tạo.

Trong trường hợp mô-đun phân tử gam của thủy tinh lỏng cao hơn giá trị đã chỉ ra ở trên, độ bền ban đầu của khuôn đúc hoặc lõi được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn trong một số trường hợp là không đủ để sử dụng chúng trong đúc kim loại, đặc biệt là trong đúc thép, sắt hoặc đồng thau.

Trong trường hợp mô-đun phân tử gam thấp hơn, việc gia nhiệt khuôn đúc hoặc lõi được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn trong quá trình đúc trong một số trường hợp chỉ dẫn đến độ bền dư tương đối cao, tới mức các đặc tính phá vỡ có phần ít thuận lợi hơn so với trong trường hợp khuôn đúc và lõi được tạo ra bởi quy trình được ưu tiên theo sáng chế. Ngoài ra, trong trường hợp nồng độ M_2O cao hơn, nghĩa là trong trường

hợp mô-đun phân tử gam thấp hơn, nhận thấy khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có phần kém thuận lợi hơn, đặc biệt là khả năng tái sinh lặp lại là kém thuận lợi hơn. Việc kém thuận lợi này có nghĩa là khả năng tái sinh của khuôn đúc hoặc lõi mà được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã chứa vật liệu nền khuôn tái sinh là giảm trong trường hợp này. Đặc tính kém thuận lợi này so với quy trình được ưu tiên theo sáng chế chắc chắn có liên quan đến sự làm giàu oxit kim loại kiềm trong vật liệu nền khuôn tái sinh.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó vật liệu nền khuôn chứa cát thạch anh, tốt hơn là ít nhất 50% khối lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 80% khối lượng, cát thạch anh, dựa trên tổng khối lượng của vật liệu nền khuôn, là được ưu tiên.

Đã nhận thấy rằng quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là đặc biệt có lợi trên thực tiễn do, khi cát thạch anh được sử dụng làm vật liệu nền khuôn, nhận thấy sự phá hủy tốt và do đó khả năng tái sinh tốt của khuôn đúc và lõi có thể sản xuất được từ hỗn hợp vật liệu làm khuôn, và vì vậy vật liệu nền khuôn này là được ưu tiên trong công nghệ. Lý do có thể là ở chỗ cát thạch anh, chứa silic dioxit, thể hiện khả năng tương thích hóa học đặc biệt cao với thủy tinh lỏng cũng trên cơ sở silic được dùng làm chất kết dính và silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối. Do sự kết hợp của các thành phần này bao gồm hầu như là silic và oxy, hầu như không có thành phần ngoại lai nào tích lũy trong vật liệu nền khuôn tái sinh, chẳng hạn, ví dụ, không có các oxit của các nguyên tố khác.

Vật liệu nền khuôn tái sinh, cũng như cát thạch anh được sử dụng, cũng bao gồm các lượng nhỏ của thủy tinh lỏng đã được đóng rắn và phần còn lại gồm silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối, chỉ bị nhiễm tạp không đáng kể về mặt hóa học, nếu có, bởi các hợp phần này do các hợp phần này có cùng thành phần hóa học hoặc ít nhất là có cấu tạo hóa học rất giống nhau. Ngược lại, vật liệu nền khuôn khác ngoài cát thạch anh bị nhiễm tạp đặc biệt là với những lượng nhỏ silic dioxit với mỗi quy trình tái sinh, do đó có sự thay đổi về các đặc

tính và thành phần hóa học của vật liệu nền khuôn so với vật liệu nền khuôn chưa tái sinh.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi bước gia nhiệt hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình, tốt hơn là bằng cách gia nhiệt trong khuôn tạo hình đã được gia nhiệt, tốt hơn là trong khuôn tạo hình đã được gia nhiệt với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 300°C, và/hoặc bằng cách thổi bằng không khí nóng, ở đó việc gia nhiệt và/hoặc thổi khí tốt hơn là thiết lập nhiệt độ nằm trong khoảng từ 120 đến 180°C ít nhất trong khu vực hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình,
- được trợ giúp hoặc gây ra bởi sự thủy phân của este, trong đó ít nhất một trong số các este tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm sản phẩm phản ứng ngoại phân tử hoặc nội phân tử của rượu và axit, trong đó

rượu được chọn từ nhóm gồm rượu đơn chức C1-C8, rượu hai chức C1-C8, tốt hơn là rượu hai chức C2-C8, và rượu ba chức C1-C8, tốt hơn là rượu ba chức C3-C8, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm etylen glycol, propan-1,2-diol và glyxerol,

và

axit được chọn từ nhóm gồm axit C2-C8 monocarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 dicarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 tricarboxylic hữu cơ, tốt hơn là axit C4-C8 tricarboxylic hữu cơ, và các axit vô cơ, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit lactic, axit oxalic, axit suxinic, axit malonic, axit phosphoric, axit sulfuric, axit boric và axit cacbonic,

trong đó ít nhất một trong số các este tốt hơn là propylen cacbonat hoặc y-butyrolacton,

hoặc

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi việc thổi khí hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình với khí hoặc hỗn hợp khí chứa nhỏ hơn 1 % mol CO_2 .

Quy trình được ưu tiên tương ứng của sáng chế có thể được thực hiện một cách đặc biệt dễ dàng, chính xác và bằng cách sử dụng các phương pháp đã được thiết lập, và ngoài ra cho phép sản xuất khuôn đúc và lõi với các đặc tính phá vỡ đặc biệt có lợi và khả năng tái sinh cực kỳ thuận lợi.

Việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có thể được trợ giúp hoặc gây ra bởi việc gia nhiệt hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình do nhiệt độ gia tăng và tùy ý dòng khí nóng loại bỏ nước từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Do nước là một trong các sản phẩm của phản ứng liên kết của thủy tinh lỏng, cân bằng hóa học của phản ứng liên kết này, theo nguyên lý Le Chatelier, là dịch chuyển về phía thủy tinh lỏng đã được ngưng tụ, nghĩa là thủy tinh lỏng đã đóng rắn, vì vậy trợ giúp hoặc gây ra sự đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

Việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn cũng có thể được trợ giúp hoặc gây ra bởi sự thủy phân của este. Phản ứng thủy phân cũng loại bỏ sản phẩm phụ của phản ứng ngưng tụ của thủy tinh lỏng khỏi cân bằng hóa học, vì vậy cân bằng này dịch chuyển, theo nguyên lý Le Chatelier, về hướng thủy tinh lỏng được ngưng tụ, nghĩa là thủy tinh lỏng được đóng rắn.

Ngoài ra, nước có mặt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn hoặc nước được tạo thành trong quá trình ngưng tụ của thủy tinh lỏng cũng có thể được đuổi ra bằng cách thổi khí vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình với khí hoặc hỗn hợp khí, mà trợ giúp hoặc gây ra sự đóng rắn như đã mô tả trên đây. Tuy nhiên, trong trường hợp này cần đảm bảo rằng khí hoặc hỗn hợp khí được sử dụng chứa nhỏ hơn 1 % mol CO_2 , có nghĩa là việc đóng rắn không bị ảnh hưởng bởi quá trình CO_2 mà theo cách sáng tạo.

Lợi ích của quy trình được ưu tiên theo sáng chế là ở chỗ chúng có thể trợ giúp hoặc gây ra việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo cách đặc biệt hữu hiệu mà không làm giảm các đặc tính phá vỡ và đặc biệt là khả năng tái sinh của khuôn đúc

và lõi được sản xuất theo quy trình này. Lợi ích của quy trình theo sáng chế được biểu thị một cách rõ rệt so với các quy trình trong đó quy trình CO₂ được sử dụng để đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn. Khuôn đúc và lõi mà được sản xuất bằng cách đóng rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng quy trình CO₂ thể hiện khả năng tái sinh tốt hơn đáng kể, mà nó chắc hẳn được gây ra bởi sự hình thành của cacbonat kim loại kiềm trong quá trình đóng rắn, sau đó khiến cho không thể thu được hoặc khó hơn đáng kể để thu được vật liệu nền khuôn tái sinh có lợi, nghĩa là vật liệu nền khuôn tái sinh that có thể được sử dụng lại trong sản xuất khuôn đúc và lõi.

Nói cách khác, quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn

- không được trợ giúp hoặc gây ra bởi việc thổi khí vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình bằng cách sử dụng thiết bị thổi khí với khí hoặc hỗn hợp khí chứa nhiều hơn 1 % mol CO₂

và/hoặc

- không được trợ giúp hoặc gây ra bởi quá trình CO₂ là được ưu tiên.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng đến nhiệt độ > 900°C nhờ đó tạo điều kiện phá vỡ sau đó, tốt hơn là với bước gia nhiệt đến nhiệt độ < 1600°C, tốt hơn nữa là đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900°C đến 1600°C.

Quy trình tương ứng theo sáng chế được ưu tiên do các đặc tính phá vỡ được cải thiện của khuôn và lõi có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế được biểu thị một cách đặc biệt rõ rệt khi chúng được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng trong quá trình đúc đến nhiệt độ > 900°C, nhiệt độ này tốt hơn là nhỏ hơn 1600°C. Điều này có nghĩa là khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi tốt hơn là được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900°C và 1600°C.

Mặc dù hiệu lực về mặt kỹ thuật của sáng chế này cũng được biểu hiện ở ngoài khoảng nhiệt độ đã chỉ ra, khoảng nhiệt độ đã chỉ ra là được ưu tiên do các đặc tính phá vỡ của khuôn đúc và lõi, khi chúng không được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng đến nhiệt độ $> 900^{\circ}\text{C}$ trong quá trình tiến hành đúc, trong mọi trường hợp trên thực tế đôi khi được coi là ít có vấn đề hơn do mức độ thiêu kết và hình thành các pha nóng chảy trong khuôn đúc hoặc lõi ở các nhiệt độ thấp hơn là ít hơn mà chúng thường được đề cập đến như là nguyên nhân gây ra các đặc tính phá vỡ bất lợi. Ở nhiệt độ trên 1600°C , mà điều này chỉ có nghĩa rất nhỏ trong thực hành đúc, đôi khi cũng nhận thấy rằng sự phá vỡ của khuôn đúc và lõi ít có vấn đề hơn, và vì vậy sự cải thiện tuyệt đối các đặc tính phá vỡ là kém hơn. Theo đó, lợi ích của quy trình theo sáng chế đặc biệt dễ nhận thấy trong khoảng nhiệt độ chỉ ra.

Lý do tại sao lợi ích của quy trình theo sáng chế là đặc biệt rõ rệt đối với sự cải thiện đặc tính phá vỡ ở nhiệt độ $> 900^{\circ}\text{C}$ chắc chắn có thể được giải thích bởi quá trình gây ra nhiệt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn mà được sản xuất ở các nhiệt độ tương ứng.

Khuôn đúc hoặc lõi được sản xuất bởi quy trình theo sáng chế thường được gia nhiệt tạm thời đến nhiệt độ đã chỉ ra trên đây ($> 900^{\circ}\text{C}$; $< 1600^{\circ}\text{C}$) bằng cách cho tiếp xúc với kim loại nóng chảy trong quá trình đúc. Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng đến nhiệt độ $> 900^{\circ}\text{C}$ bằng cách cho tiếp xúc với kim loại nóng chảy trong quá trình đúc nhờ đó tạo điều kiện phá vỡ sau đó, tốt hơn là với bước gia nhiệt đến nhiệt độ $< 1600^{\circ}\text{C}$, tốt hơn nữa là đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900°C đến 1600°C .

Bước gia nhiệt khuôn đúc hoặc lõi bằng kim loại nóng chảy đòi hỏi nhiệt độ của kim loại nóng chảy đủ cao. Kim loại nóng chảy điển hình mà được xử lý ở nhiệt độ cao tương ứng là kim loại nóng chảy gồm có sắt, hợp kim sắt, thép, hợp kim thép, đồng thau hoặc hợp kim đồng thau.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong

đó kim loại nóng chảy gồm có sắt, hợp kim sắt, thép, hợp kim thép, đồng thau hoặc hợp kim đồng thau được sử dụng là được ưu tiên.

Quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là đặc biệt có lợi do việc sử dụng kim loại nóng chảy mà đã được chỉ ra trên thực tế từ trước đến nay thường dẫn đến các đặc tính phá vỡ đặc biệt tồi của khuôn đúc hoặc lõi được sử dụng, đặc biệt là trong trường hợp sử dụng hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa thủy tinh lỏng, do vậy quy trình theo sáng chế trong các trường hợp này dẫn đến sự cải thiện tuyệt đối cực kỳ nổi trội về các đặc tính phá vỡ và trong một số trường hợp ngay từ đầu khiến cho nó có thể sử dụng khuôn đúc và lõi liên kết thủy tinh lỏng trong quá trình đúc này.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được định hình và đóng rắn được tạo ra hoàn toàn hoặc một phần với lớp phủ chứa chế phẩm phủ chịu nhiệt, trong đó d_{90} của tổng lượng các hạt rắn có mặt trong chế phẩm phủ chịu nhiệt tốt hơn là nhỏ hơn 200 μm , trong đó chế phẩm phủ chịu nhiệt tốt hơn là chế phẩm phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước hoặc chế phẩm phủ chịu nhiệt trên cơ sở rượu, tốt hơn nữa là chế phẩm phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước, là được ưu tiên.

Quy trình tương ứng theo sáng chế được ưu tiên do việc sử dụng khuôn đúc và lõi khi đúc sắt thường đòi hỏi khuôn đúc hoặc lõi được tạo ra hoàn toàn hoặc ít nhất một phần với lớp phủ chứa chế phẩm phủ chịu nhiệt. Một cách có lợi, khuôn đúc và lõi được phủ tương ứng có thể được sản xuất bằng quy trình theo sáng chế mà không gây ảnh hưởng bất lợi đến hiệu lực và lợi ích có liên quan đến sáng chế.

Lớp phủ chịu nhiệt là huyền phù chứa các vật liệu vô cơ dạng hạt mịn từ chịu nhiệt đến cực kỳ chịu nhiệt trong chất mang lỏng, ví dụ nước hoặc rượu. Trường hợp thứ nhất được đề cập đến bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này như là lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước, trong khi trường hợp thứ hai được đề cập đến như là lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở rượu. Lớp phủ chịu nhiệt được đưa lên khuôn đúc hoặc lõi bằng phương pháp đưa lên thích hợp, ví dụ phun, nhúng, phủ chảy hoặc sơn, và được làm khô trên đó, do đó tạo thành lớp phủ với chế phẩm phủ chịu nhiệt.

Tốt hơn là khuôn đúc và lõi vẫn chưa được phủ và được sản xuất bởi quy trình theo sáng chế đặc biệt chịu nước và độ ẩm không khí, do đó việc phủ các khuôn đúc và lõi này cũng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước mà không làm mất đi tính bền cơ bản có lợi và các đặc tính phá vỡ tốt của khuôn đúc và lõi. Việc sử dụng các lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở nước đặc biệt có lợi do chúng tương thích với môi trường hơn so với lớp phủ chịu nhiệt trên cơ sở rượu và dẫn đến sự ô nhiễm môi trường làm việc do phát thải là ít hơn.

Sự cần thiết phải phủ khuôn đúc và lõi cho các mục đích sử dụng cụ thể thường được xem là bất lợi đối với khả năng tái sinh của khuôn và lõi do lớp phủ chịu nhiệt có thành phần vật lý của nó khác với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được đóng rắn, nó khó có thể được tách ra từ đó sau khi phá vỡ khuôn đúc hoặc lõi, và vì vậy vật liệu nền khuôn tái sinh có thể bị nhiễm tạp bởi các thành phần của chế phẩm phủ chịu nhiệt. Vật liệu nền khuôn càng thường xuyên được tái sinh, ảnh hưởng này càng trở nên rõ rệt.

Đã nhận ra rằng khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi đã được phủ được sản xuất trong quy trình theo sáng chế được cải thiện khi d_{90} của tổng lượng các hạt rắn có mặt trong chế phẩm phủ chịu nhiệt nhỏ hơn 200 μm . Đã nhận ra rằng đặc biệt là vật liệu nền khuôn có cỡ hạt $> 200 \mu\text{m}$ thường xuyên có mặt trong khuôn đúc “được phủ” và được sản xuất bởi quy trình theo sáng chế có thể được tách ra một cách cực kỳ dễ dàng khỏi các thành phần của chế phẩm phủ chịu nhiệt trong quá trình tái sinh, và có thể có lợi khi sử dụng quy trình loại bỏ tương tự mà cũng được áp dụng để loại bỏ các thành phần khác của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sử dụng để sản xuất, đặc biệt là silicat dạng tấm chứa hạt được sử dụng, ra khỏi vật liệu nền khuôn được tái sinh. Các thành phần của chế phẩm phủ chịu nhiệt tốt hơn là được loại bỏ bằng cách loại bỏ vật lý, tốt hơn nữa là bằng cách loại bỏ bụi vật lý.

Quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) để sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh từ khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất sau khi gia nhiệt, còn bao gồm các bước bổ sung sau đây:

- tác động cơ học lên khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất, sao cho

khuôn đúc hoặc lõi này bị phá vỡ,

- sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh từ khuôn đúc đã phá vỡ hoặc lõi đã phá vỡ, tốt hơn là bao gồm bước tách riêng và loại bỏ bụi, trong đó bước tách riêng tốt hơn là bao gồm bước tách vật lý là được ưu tiên.

Quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do quy trình này sử dụng khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất, theo cách đặc biệt đơn giản và theo quy trình dễ dàng tự động hóa, để sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh.

Vật liệu nền khuôn tái sinh với chất lượng đặc biệt có lợi, nghĩa là với chất lượng đặc biệt thích hợp để sử dụng lại trong quy trình sản xuất khuôn đúc và lõi, thu được khi quá trình sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh bao gồm bước tách riêng và loại bỏ bụi. Thuật ngữ "bụi" dùng để chỉ tất cả các hạt có đường kính $< 200 \mu\text{m}$. Cụ thể hơn, điều này có nghĩa là, không chỉ các phân đoạn silicat dạng tấm chứa hạt được sử dụng theo sáng chế trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được loại bỏ, mà các thành phần bất kỳ khác có mặt trong bụi có đường kính hạt $< 200 \mu\text{m}$, ví dụ các hạt rắn của chế phẩm phủ chịu nhiệt cũng được loại bỏ.

Việc tách và loại bỏ bụi tốt hơn là bao gồm việc tách bụi theo phương pháp vật lý. Điều này có thể được thực hiện, ví dụ, bằng cách rửa trôi bụi. Tuy nhiên, đặc biệt ưu tiên đối với các phương pháp tách vật lý bằng cách rây nhờ gió, có nghĩa là bụi được tách khỏi các thành phần khác trong dòng khí. Quy trình tương ứng được ưu tiên do việc rây nhờ gió có thể được hợp nhất một cách đặc biệt dễ dàng vào hệ thống tái chế vật liệu nền khuôn và dẫn đến sự tách bụi đặc biệt kỹ. Quy trình này cũng có lợi ở chỗ vật liệu nền khuôn tái sinh thu được không bị nhiễm tạp bởi quy trình này và, chẳng hạn, không cần bước làm khô.

Được ưu tiên đối với quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sản xuất hoặc được cung cấp chứa vật liệu nền khuôn tái sinh mà được sản xuất bởi quy trình được chỉ ra trên đây với tỷ lệ được ưu tiên.

Quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là đặc biệt có lợi do độ bền cao và các đặc tính phá vỡ tuyệt vời cũng được biểu hiện một cách bất ngờ đối với các khuôn đúc và lõi được sản xuất trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được cung cấp hoặc được sản xuất bởi quy trình theo sáng chế đã chứa tỷ lệ vật liệu nền khuôn được tái sinh theo cách sáng tạo. Theo các quy trình khác đã biết trước đây, việc sử dụng vật liệu nền khuôn tái sinh được nhận thấy là bất lợi trong một số trường hợp, và cần phải chấp nhận sự giảm độ bền và các đặc tính phá vỡ của khuôn đúc và lõi khi xét đến các lợi ích về mặt môi trường và kinh tế của việc sử dụng vật liệu nền khuôn tái sinh.

Cụ thể hơn, quy trình được ưu tiên theo sáng chế có lợi ở chỗ khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi được sản xuất chỉ bị giảm một chút, nếu có, bởi việc sử dụng vật liệu nền khuôn tái sinh so với các quy trình đã biết trước đây, do vậy quy trình theo sáng chế có thể được định hình một cách đặc biệt dễ dàng theo cách mà nó bao gồm bước tái chế vật liệu nền khuôn, nghĩa là hệ thống tái chế vật liệu nền khuôn. Điều này có nghĩa là sự giảm chất lượng của vật liệu nền khuôn mà xảy ra với mỗi lần sử dụng lại là đặc biệt nhỏ theo cách có lợi. Cụ thể hơn, có thể có lợi khi bằng quy trình theo sáng chế thu được vật liệu nền khuôn tái sinh, mà thành phần hóa học của nó là đặc biệt giống với thành phần hóa học của vật liệu nền khuôn chưa được tiêu thụ tương ứng.

Đặc biệt ưu tiên đối với quy trình theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây),

trong đó việc tạo hình đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn và/hoặc việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện bằng máy in 3D

và/hoặc

trong đó việc tạo hình hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện theo phương pháp in 3D và việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện trong quá trình in 3D và/hoặc sau quá trình in 3D.

Quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do việc sản xuất khuôn đúc và lõi bằng máy in 3D và/hoặc theo phương pháp in 3D cho phép sản xuất khuôn

đúc và lõi có hình phức tạp và đồng thời có sự xây dựng cấu trúc đặc biệt đồng nhất và sự phân bố đặc biệt đồng đều của các thành phần trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình.

Có lợi là, khuôn đúc và lõi được sản xuất bằng quy trình được ưu tiên tương ứng theo sáng chế chỉ thể hiện tính không đồng nhất một chút hoặc gradient nồng độ, nếu có, trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình và/hoặc đóng rắn mà có thể dẫn đến sự vón cục không mong muốn hoặc dẫn đến sự giảm một cách cục bộ các đặc tính phá vỡ.

Vì vậy, các đặc tính phá vỡ của các khuôn đúc và lõi tương ứng không liên quan đến mức độ phức tạp của hình dạng của chúng, đặc biệt là tính đồng đều, bất biến và có thể tái chế, mà có nghĩa là đạt được độ tin cậy quá trình là cao một cách thuận lợi trong sản xuất khuôn đúc và lõi.

Ngoài ra, khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi tương ứng là đặc biệt cao do các khuôn đúc và lõi này, do kết cấu đồng nhất của chúng, ngay cả trong điều kiện ứng suất cơ học yếu, tạo ra sản phẩm đã được phá vỡ ở dạng hạt đặc biệt mịn mà chứa hạt vật liệu nền khuôn đã kết tụ ở tỷ lệ rất nhỏ, theo cách khác có thể tạo thành, ví dụ, do nồng độ cục bộ đặc biệt cao của chất kết dính hoặc mô-đun phân tử gam cục bộ đặc biệt thấp của thủy tinh lỏng.

Sáng chế còn đề cập đến hỗn hợp để kết hợp với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng để sản xuất khuôn đúc và/hoặc lõi, bao gồm

- 10% đến 98% khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,
- 0% đến 15% khối lượng graphit,
- một hoặc nhiều hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, mỗi hỗn hợp gồm ít nhất một nhôm oxit và/hoặc ít nhất một ziricon oxit với tổng lượng từ 0% đến 80% khối lượng,

và, để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi,

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 2% đến 80% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm ,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp.

Hỗn hợp tương ứng là có lợi do hỗn hợp vật liệu tạo khuôn này được sản xuất hoặc cung cấp bởi quy trình theo sáng chế có thể được sản xuất theo cách đặc biệt đơn giản nhờ sự kết hợp của hỗn hợp theo sáng chế với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng và vật liệu nền khuôn. Bất ngờ là, hỗn hợp tương ứng theo sáng chế cũng đặc biệt ổn định trong quá trình bảo quản.

Được ưu tiên là hỗn hợp theo sáng chế bao gồm

- 25% đến 95% khối lượng, tốt hơn là 40% đến 95% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối,
- 1,5% đến 12,5% khối lượng, tốt hơn là 1,5% đến 6% khối lượng, graphit,
- một hoặc nhiều hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, mỗi hỗn hợp gồm ít nhất một nhôm oxit và/hoặc ít nhất một zircon oxit, với tổng lượng từ 0% đến 65,5% khối lượng, tốt hơn là từ 0% đến 45% khối lượng,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 5% đến 50% khối lượng, tốt hơn là từ 15% đến 50% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm ,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp.

Hỗn hợp được ưu tiên như vậy theo sáng chế là có lợi do khả năng chảy của hỗn hợp và khả năng gia công của nó là đặc biệt cao. Hỗn hợp tương ứng theo sáng chế có thể được vận chuyển một cách dễ dàng qua đường ống, đặc biệt là trong các thiết bị được vận hành liên tục.

Được ưu tiên là hỗn hợp theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) còn bao gồm một hoặc nhiều hợp chất được chọn từ nhóm gồm chất có hoạt tính bề mặt, hợp chất bo oxit, hợp chất phospho, hydrat cacbon, silanes, hợp chất lithi, hạt nhôm oxit, hạt hỗn hợp nhôm/silic oxit khoogn kèm theo cấu trúc silicat dạng tấm và bari sulfat,

trong đó chất có hoạt tính bề mặt tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm chất có hoạt tính bề mặt anion, chất có hoạt tính bề mặt không ion, chất có hoạt tính bề mặt cation, chất có hoạt tính bề mặt lưỡng tính và hỗn hợp của nó,

trong đó hợp chất bo oxit tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm borat, axit boric, anhydrit boric, bosilicat, bophosphat, bophosphosilicat và hỗn hợp của chúng,

trong đó hợp chất phospho tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm phosphat hữu cơ, phosphat vô cơ và hỗn hợp của chúng,

trong đó hydrat cacbon tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm oligosacarit, polysacarit và hỗn hợp của chúng, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm xenluloza, tinh bột, dextrin và hỗn hợp của chúng,

trong đó silan tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm aminosilan, epoxysilan, mercaptosilan, hydroxysilan, ureidosilan và hỗn hợp của chúng,

trong đó hợp chất lithi tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm lithi silicat vô định hình, lithi oxit, lithi hydroxit và hỗn hợp của chúng.

Hỗn hợp được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do các hỗn hợp này có thể được sử dụng đặc biệt dễ dàng để sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được ưu tiên theo sáng chế dùng cho quy trình theo sáng chế, và sự có mặt của các hợp chất đã nêu không làm ảnh hưởng bất lợi đến thời hạn sử dụng và khả năng gia công của hỗn hợp. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến các thành phần được ưu tiên của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng theo sáng chế và liên quan đến các lợi ích tương ứng của nó có thể được áp dụng theo đó với những thay đổi nếu cần.

Trong khía cạnh này, đặc biệt có lợi là khi các hỗn hợp tương ứng được sử dụng, không cần bảo quản riêng rẽ và xử lý các thành phần riêng rẽ; thay vào đó, chúng có thể được bổ sung vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sản xuất theo sáng chế ở dạng hợp phần duy nhất cụ thể là ở dạng hỗn hợp được ưu tiên theo sáng chế.

Được ưu tiên là hỗn hợp theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó hỗn hợp này là hỗn hợp ở trạng thái rắn hoặc thể phân tán bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai pha.

Được đặc biệt ưu tiên là hỗn hợp theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây) trong đó hỗn hợp này là thể phân tán bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai pha.

Trong hỗn hợp tương ứng theo sáng chế, ít nhất một pha là pha lỏng. Theo cách này, có thể tác động có lợi đến các đặc tính gia công của hỗn hợp được ưu tiên tương ứng theo sáng chế do hỗn hợp này có thể được dẫn đặc biệt dễ dàng qua các đường ống với sự trợ giúp của hệ thống bơm và vì vậy đặc biệt có lợi đối với các thiết bị lớn và có thể vận hành liên tục. Ngoài ra, hỗn hợp tương ứng là đặc biệt có lợi đối với sự an toàn của người lao động và sức khỏe của người lao động, do hỗn hợp tương ứng không gây bụi và do đó không dẫn đến sự phiền toái do bụi mịn và bụi cực mịn trong môi trường làm việc khi xử lý, và do vậy nguy cơ các bệnh về đường hô hấp có thể được giảm thiểu theo cách có lợi.

Ngoài ra, hỗn hợp được ưu tiên tương ứng theo sáng chế có thể được kết hợp đặc biệt dễ dàng, nhanh chóng và hoàn toàn với các thành phần khác của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng trong quy trình theo sáng chế, để thu được hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đặc biệt đồng đều không chứa các gradient nồng độ. Đặc biệt có lợi là các thành phần hòa tan trong nước của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có thể được bổ sung một cách dễ dàng ở dạng hòa tan khi các hỗn hợp tương ứng được sử dụng, điều này ngăn ngừa các gradient nồng độ cục bộ trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn mà có thể được gây ra bởi sự hòa tan chậm và/hoặc không hoàn toàn.

Sáng chế còn đề cập đến hệ chất kết dính đa hợp phần chứa, ở dạng các hợp phần riêng biệt về mặt không gian hoặc kết hợp lẫn nhau,

- (A) hỗn hợp theo sáng chế như đã xác định trên đây, tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây,
- (B) dung dịch hoặc thể phân tán chứa

thủy tinh lỏng, tốt hơn là thủy tinh lỏng có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O dùng để chỉ tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit.

Các hệ kết dính đa hợp phần theo sáng chế là có lợi do các hệ này có thể được sử dụng đặc biệt dễ dàng để sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sản xuất trong quy trình theo sáng chế, đặc biệt là hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được ưu tiên. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến các thành phần được ưu tiên của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng theo sáng chế và liên quan đến các lợi ích tương ứng của nó có thể được áp dụng theo đó với những thay đổi nếu cần. Các hệ kết dính đa hợp phần tương ứng là đặc biệt có lợi khi được sử dụng bởi người sử dụng cuối, nghĩa là ở các quá trình đúc mà sử dụng quy trình theo sáng chế, do việc xử lý và gia công để thu được hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng trong quy trình theo sáng chế có thể được thực hiện đặc biệt dễ dàng và an toàn, và đồng thời đặc biệt không dễ bị hư hỏng, ví dụ trong quá trình bảo quản. Tốt hơn là, hệ chất kết dính đa hợp phần theo sáng chế, vì lý do này, chứa các hợp phần ở dạng các hợp phần được trộn lẫn, mà nó cũng giảm thiểu hóa tính nhạy đối với những hư hỏng trong quá trình sử dụng đối với người sử dụng cuối cùng

Tốt hơn là hệ chất kết dính đa hợp phần theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), chứa một hoặc nhiều hợp chất được chọn từ nhóm gồm chất có hoạt tính bề mặt, hợp chất bo oxit, hợp chất phospho, hydrat cacbon, silan và hợp chất lithi trong hợp phần (B) và/hoặc một hợp phần (C) khác,

trong đó chất có hoạt tính bề mặt tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm chất hoạt động bề mặt anion, chất hoạt động bề mặt không ion, chất hoạt động bề mặt cation,

chất hoạt động bề mặt lưỡng tính và hỗn hợp của nó,

trong đó các hợp chất bo oxit tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm borat, axit boric, anhydrit boric, bosilicat, bophosphat, bophosphosilicat và hỗn hợp của nó, tốt hơn nữa là được chọn từ nhóm gồm borat kim loại kiềm và kim loại kiềm thổ, trong đó hợp chất bo oxit tốt hơn là không chứa nhóm hữu cơ bất kỳ,

trong đó hợp chất phospho tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm phosphat hữu cơ, phosphat vô cơ và hỗn hợp của chúng, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm phosphat vô cơ kim loại kiềm,

trong đó hydrat cacbon tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm oligosacarit, polysacarit và hỗn hợp của chúng, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm xenluloza, tinh bột và dextrin,

trong đó silan tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm aminosilan, epoxysilan, mercaptosilan, hydroxysilan, ureidosilan và hỗn hợp của chúng,

trong đó hợp chất lithi tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm lithi silicat vô định hình, lithi oxit, lithi hydroxit và hỗn hợp của chúng.

Các hệ kết dính đa hợp phân được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do chúng có thể được sử dụng theo cách đặc biệt đơn giản và xác thực để thu được hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được ưu tiên hoặc hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng cho quá trình được ưu tiên theo sáng chế. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến các thành phần được ưu tiên của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng theo sáng chế và liên quan đến các lợi ích tương ứng của nó có thể được áp dụng theo đó với những thay đổi nếu cần.

Sáng chế còn đề cập đến hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm

- ít nhất các hợp phần (A) và (B) như đã xác định trên đây

và

- vật liệu nền khuôn chịu nhiệt làm hợp phần (D).

Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tương ứng theo sáng chế là được ưu tiên do chúng có thể được sử dụng trực tiếp và không cần các bước xử lý tiếp theo trong quy trình theo sáng chế và có thể được gia công để tạo ra khuôn đúc và lõi với các đặc tính phá vỡ tuyệt vời và khả năng tái sinh rất tốt.

Đặc biệt ưu tiên đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), bao gồm

vật liệu nền khuôn tái sinh như vật liệu nền khuôn chịu nhiệt làm một thành phần của vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, trong đó vật liệu nền khuôn tái sinh này tốt hơn là có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế.

Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi vì lý do bền vững, bảo tồn tài nguyên và tránh lãng phí, và dựa trên quan điểm kinh tế.

Cấu hình được đặc biệt ưu tiên trong đó vật liệu nền khuôn tái sinh có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế là đặc biệt có lợi do vật liệu nền khuôn tái sinh tương ứng có thể có được những lợi thế của quy trình theo sáng chế ngay cả trong trường hợp tái sinh lặp lại vật liệu nền khuôn từ khuôn đúc và được sản xuất, chẳng hạn ngay cả trong trường hợp sử dụng hệ tái chế vật liệu nền khuôn.

Đặc biệt ưu tiên đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó

- thủy tinh lỏng có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, kali oxit và natri oxit,

và/hoặc

- vật liệu nền khuôn được sử dụng chứa cát thạch anh, tốt hơn là ít nhất 50% khối

lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 80% khối lượng, cát thạch anh, dựa trên tổng khối lượng của vật liệu nền khuôn, là được ưu tiên.

Được ưu tiên đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tương ứng theo sáng chế do chúng có thể được sử dụng trực tiếp và không cần các bước tinh chế tiếp trong các quá trình được ưu tiên theo sáng chế. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến các thành phần được ưu tiên của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn để dùng theo sáng chế và liên quan đến các lợi ích tương ứng của nó có thể được áp dụng theo đó với những thay đổi nếu cần.

Sáng chế còn đề cập đến hỗn hợp vật liệu nền khuôn bao gồm

(X) 0% đến 99% khối lượng, tốt hơn là 0% đến 90% khối lượng, vật liệu nền khuôn mới

và

(Y) 1% đến 100% khối lượng, tốt hơn là 10% đến 100% khối lượng, vật liệu nền khuôn tái sinh,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu nền khuôn,

và

trong đó vật liệu nền khuôn tái sinh (Y)

- có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế.

Hỗn hợp vật liệu nền khuôn tương ứng theo sáng chế là có lợi do nó có thể được sử dụng làm vật liệu nền khuôn trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế và các quá trình theo sáng chế và đồng thời chứa ít nhất 1% khối lượng, tốt hơn là ít nhất 50% khối lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 70% khối lượng, vật liệu nền khuôn tái sinh, mà có lợi dựa trên các khía cạnh môi trường và kinh tế nêu trên.

Vật liệu nền khuôn tương ứng theo sáng chế có thể được sử dụng trong quy trình

theo sáng chế để sản xuất khuôn đúc và lõi mà có các đặc tính phá vỡ cực tốt và khả năng tái sinh cao. Trong ngữ cảnh này, thực tế là khuôn đúc và lõi được sản xuất từ vật liệu nền khuôn mà theo sáng chế, đã chứa ít nhất một phần vật liệu nền khuôn tái sinh có lợi là chỉ có ảnh hưởng không đáng kể, nếu có, đến độ bền, các đặc tính phá vỡ và khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi được sản xuất.

Sáng chế còn đề cập đến khuôn đúc hoặc lõi,

- có thể sản xuất được bằng quy trình theo sáng chế như đã xác định trên đây

và/hoặc

- chứa hỗn hợp theo sáng chế như đã xác định trên đây

và/hoặc

- chứa hệ chất kết dính đa hợp phần đã đông rắn theo sáng chế như đã xác định trên đây

và/hoặc

- chứa hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế như đã xác định trên đây

và/hoặc

- chứa hỗn hợp vật liệu nền khuôn theo sáng chế như đã xác định trên đây.

Khuôn đúc hoặc lõi tương ứng theo sáng chế, như được giải thích trên đây đối với quy trình theo sáng chế, có độ bền tốt và các đặc tính phá vỡ đặc biệt có lợi, và khả năng tái sinh cao. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến các thành phần được ưu tiên của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế được sử dụng và liên quan đến các lợi ích tương ứng của chúng có thể được áp dụng theo đó với những thay đổi nếu cần.

Sáng chế còn đề cập đến việc sử dụng một lượng silicat dạng tấm chứa các hạt

có d_{90} nhỏ hơn 45 μm hoặc hỗn hợp theo sáng chế như đã xác định trên đây làm phụ gia để sản xuất hoặc làm phụ gia cho hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa thủy tinh lỏng và silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối, mà được hóa rắn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác,

trong sản xuất khuôn đúc hoặc lõi,

để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi. Theo khía cạnh này, các nhận xét trên liên quan đến hỗn hợp được ưu tiên theo sáng chế và liên quan đến các lợi ích tương ứng của chúng có thể được áp dụng theo đó, *có thể thay đổi nếu cần*. Do sử dụng sáng chế, có thể, như được giải thích trên đây đối với quy trình theo sáng chế, thu được khuôn đúc và lõi có độ bền cao và các đặc tính phá vỡ đặc biệt có lợi, và khả năng tái sinh cao.

Đặc biệt ưu tiên đối với việc sử dụng theo sáng chế (tốt hơn là được ưu tiên như đã xác định trên đây), trong đó

- thủy tinh lỏng có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit,

và/hoặc

- vật liệu nền khuôn được sử dụng trong sản xuất khuôn đúc hoặc lõi chứa cát thạch anh, tốt hơn là ít nhất 50% khối lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 80% khối lượng cát thạch anh, dựa trên tổng khối lượng của vật liệu nền khuôn,

và/hoặc

- trong sản xuất khuôn đúc hoặc lõi, việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn
 - được trợ giúp hoặc gây ra bởi bước gia nhiệt hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình, tốt hơn là bằng cách gia nhiệt trong khuôn đã được gia

nhật và/hoặc bằng cách thổi bằng không khí nóng, tốt hơn là thiết lập nhiệt độ nằm trong khoảng từ 120 đến 180°C bằng cách gia nhiệt ít nhất ở các vùng chứa hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình,

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi sự thủy phân của este, trong đó este này tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm etylen glycol diacetat, diacetin, triacetin, propylen cacbonat và γ -butyrolacton,

hoặc

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi việc thổi khí vào hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình với khí chứa nhỏ hơn 1 % mol CO₂.

Việc sử dụng được ưu tiên tương ứng theo sáng chế là có lợi do sự cải thiện bất ngờ về các đặc tính phá vỡ và sự cải thiện về khả năng tái sinh của khuôn đúc và lõi được sản xuất được biểu thị đặc biệt rõ rệt trong trường hợp sử dụng tương ứng như được giải thích trên đây đối với quy trình theo sáng chế. Đối với các lợi ích của các dạng sử dụng theo sáng chế mà được chỉ rõ là được ưu tiên ở đây, các nhận xét trên liên quan đến các quy trình được ưu tiên và các lợi ích tương ứng của chúng có thể được áp dụng theo đó, với những thay đổi nếu cần.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phần mô tả chi tiết sáng chế được theo sau bởi ví dụ thực hiện sáng chế.

Các ví dụ C1 – C5 và I1 – I5:

1. Thành phần và sản xuất mẫu:

Trước tiên, tổng số 5 lõi theo sáng chế được sản xuất bởi quy trình theo sáng chế từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế (I1 đến I5) được kiểm tra, giống như năm ví dụ so sánh không theo sáng chế (C1 đến C5). Thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn tương ứng mà từ đó lõi tương ứng được sản xuất được tóm tắt trong bảng 1.

Bảng 1: Thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sử dụng. Tất cả các giá trị được báo cáo theo phần khối lượng.

Ví dụ	Vật liệu nền khuôn ^{a)}	Chất kết dính ^{b)}	Phụ gia ^{c)}	Silicat ^{d)}
C1	100	2,2	-	-
C2	100	2,2	1,0	-
C3	100	2,2	-	0,3 (silicat-1)
C4	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-X)
C5	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-Y)
I1	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-2)
I2	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-3)
I3	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-4)
I4	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-5)
I5	100	2,2	1,0	0,3 (silicat-1)

- a) Vật liệu nền khuôn được sử dụng trong mỗi trường hợp là cát thạch anh (cát silic dioxit đúc thô 1K 0,20/0,315/0,40) từ Grudzen Las.
- b) Chất kết dính được sử dụng trong mỗi trường hợp là thủy tinh lỏng kiềm tính có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2:\text{M}_2\text{O}$ (M_2O = tổng lượng Na_2O và Li_2O) là 1,95 và hàm lượng chất rắn là 35% khối lượng.
- c) Phụ gia được sử dụng trong mỗi trường hợp là hỗn hợp gồm 95,625 phần khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói (CAS RN 69012-64-2) và 4,375 phần khối lượng graphit.
- d) Silicat được sử dụng trong các ví dụ theo bảng 1 là:

Silicat-1: Silicat dạng tấm chứa hạt đã được nung có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do Werba-

Chem GmbH cung cấp dưới tên thương mại Werbalink® MK-I);

Silicat-2: Silicat dạng tấm chứa hạt có trong tự nhiên (halloysit) có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do Osthoff Omega Group cung cấp dưới tên thương mại các chất màu vô cơ halloysit JM1);

Silicat-3: Silicat dạng tấm chứa hạt tổng hợp có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do BYK Additives & Instruments GmbH cung cấp dưới tên thương mại Laponite® RDS);

Silicat-4: Silicat dạng tấm chứa hạt đã được hoạt hóa bởi nhiệt (metakaolin) có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do BASF SE cung cấp dưới tên thương mại MetaMax®);

Silicat-5: Silicat dạng tấm chứa hạt có trong tự nhiên (monmorilonit) có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do Alfa Aesar / Thermo Fischer (Kandel) GmbH cung cấp dưới tên thương mại monmorilonit K10).

Silicat-X: Silicat tách từ tự nhiên (andalusite) có $d_{90} < 45 \mu\text{m}$ (do Eggerding B.V. Industrial Minerals cung cấp dưới tên thương mại Andalusite cỡ rây 200); (N.B.: không phải là silicat dạng tấm chứa hạt)

Silicat-Y: Silicat dạng tấm có trong tự nhiên (monmorilonit) có $d_{90} > 45 \mu\text{m}$ (do Damolin GmbH cung cấp dưới tên thương mại SorbixUS Premium (0,3-0,7 mm)). (N.B.: d_{90} không nhỏ hơn $45 \mu\text{m}$)

Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được chỉ ra trong bảng 1 được sử dụng, với sự trợ giúp của khuôn có thể gia nhiệt để sản xuất các mẫu xét nghiệm độ uốn như được bộc lộ trong tài liệu VDG-Merkblatt M11 vào tháng 3 năm 1974, để sản xuất các mẫu thử nghiệm bằng cách bơm. Trước tiên, các mẫu xét nghiệm độ uốn có kích thước 22,4 mm x 22,4 mm x 165 mm được sản xuất, mà nó tạo cơ sở cho các nghiên cứu sau đó về độ bền uốn, và sau đó các mẫu thử nghiệm hình trụ có chiều cao 50 mm và đường kính 50 mm mà được sử dụng trong việc xác định các đặc tính phá vỡ.

Nhằm mục đích này, các hợp phần được liệt kê trong bảng 1 mỗi hợp phần được

trộn trong thiết bị trộn cánh khuấy trong phòng thí nghiệm (do Multiserw cung cấp). Nhằm mục đích này, cát thạch anh ban đầu được nạp vào và chất phụ gia ở dạng bụi và silicat bất kỳ được trộn vào. Sau đó, chất kết dính được bổ sung. Hỗn hợp sau đó được khuấy trong tổng cộng hai phút. Mỗi hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được đưa bằng khí nén (400 kPa (4 bar)) vào khuôn, nhiệt độ hộp lõi của nó là 180°C. Thời gian bơm là 3 giây, sau đó thời gian làm cứng là 30 giây (thời gian trễ 3 giây). Việc đóng rắn của hỗn hợp được thúc đẩy bằng cách cho khí nóng (áp suất thổi khí 200 kPa (2 bar), nhiệt độ thổi khí và vòi thổi khí 150°C) đi qua khuôn khuôn trong thời gian đóng rắn là 30 giây.

2. Xác định độ bền uốn:

Độ bền uốn được xác định bằng cách đặt các thanh thử nghiệm được sản xuất vào máy thử độ bền Georg Fischer, được lắp với thiết bị uốn 3 điểm (của Multiserw), và lực mà dẫn đến sự gãy các thanh thử nghiệm được xác định. Độ bền uốn được xác định 1 giờ sau khi tháo ra từ khuôn (được gọi là “độ bền nguội”). Số đo thu được được báo cáo trong bảng 2 trong mục “khả năng chịu uốn” ở dạng giá trị trung bình của 3 số đo.

3. Kiểm tra các đặc tính phá vỡ:

Để kiểm tra các đặc tính phá vỡ, các mẫu thử nghiệm hình trụ được sản xuất với chiều cao 50 mm và đường kính 50 mm được cho chịu ứng suất nhiệt trong lò nung (do Nabetherm cung cấp) ở nhiệt độ 900°C trong 10 phút. Sau khi các mẫu đã được lấy ra khỏi lò nung và được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng, các mẫu thử nghiệm được đưa lên sàng rung (sàng được đặt trên thiết bị lắc rung, LPzE-3e, do Multiserw cung cấp) có cỡ lỗ 1,40 mm và sau đó được rung ở biên độ lớn nhất có thể (cài đặt thiết bị ở 100% mức tối đa có thể) trong 60 giây. Trong mỗi trường hợp, khối lượng của cả phần còn lại trên sàng và lượng nhiễm tạp trên khay thu nhận (phân đoạn đã bị phá vỡ) được xác định bằng cách cân. Thương giữa khối lượng của phần đã bị phá vỡ với tổng khối lượng của hai phần này được đề cập đến như là tỷ lệ đi qua sàng và được báo cáo trong bảng 2 trong mục “tỷ lệ đi qua sàng” dưới dạng giá trị trung bình của 4 số đo trong mỗi trường hợp. Các đặc tính phá vỡ được cải thiện được biểu thị đặc biệt ở các giá trị tỷ lệ

đi qua sàng là cao.

4. Xác định chất lượng của vật liệu nền khuôn tái sinh:

Chất lượng của vật liệu nền khuôn tái sinh và khả năng thích hợp của nó để dùng trong sản xuất khuôn đúc và lõi liên kết thủy tinh lỏng có các đặc tính phá vỡ tốt có thể được mô tả là đặc biệt tốt khi nồng độ của muối và oxit hòa tan trong nước, đặc biệt là của muối kim loại kiềm và oxit kim loại kiềm hòa tan trong nước, trong vật liệu nền khuôn tái sinh là đặc biệt thấp. Đặc tính này có thể được kiểm tra với sự trợ giúp của phương pháp đo độ dẫn.

4.1 Đối với mỗi lần đo, trước tiên, dung dịch ban đầu được sản xuất bằng cách đưa 100 mL nước siêu tinh khiết vào một cốc có mỏ và bổ sung 0,05 mL dung dịch KCl 1 M. Độ dẫn của dung dịch ban đầu thu được được xác định với dụng cụ đo độ pH/độ dẫn SevenMulti từ Mettler Toledo; nó tương đương với giá trị mẫu trắng.

4.2 Vật liệu nền khuôn tái sinh được sản xuất trong mỗi trường hợp bằng cách cho các mẫu kiểm tra độ uốn tương ứng có kích thước 22,4 mm x 22,4 mm x 165 mm chịu ứng suất nhiệt trong lò nung (từ Nabertherm) ở nhiệt độ 900°C trong 5 phút. Sau khi các mẫu thử nghiệm đã được lấy ra khỏi lò nung và được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng, các mẫu thử nghiệm được chuyển hóa thành trạng thái chảy tự do bởi tác động cơ học thủ công. 50 g vật liệu nền khuôn tái sinh được sản xuất trong mỗi trường hợp, mà không cần xử lý tiếp, được đưa vào cốc có mỏ chứa dung dịch ban đầu (xem phần 4.1 ở trên), mà sau đó được thu hồi bằng kính đồng hồ. Huyền phù tạo thành được gia nhiệt đến 100°C trên đĩa nóng, để ở nhiệt độ đó trong 5 phút và sau đó làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Phân đoạn rắn của huyền phù được tách ra bằng cách lọc và độ dẫn của dịch lọc thu được được xác định như đã mô tả ở phần 4.1 nêu trên. Trong bảng 2, ở mục “độ dẫn”, giá trị được tìm thấy ở dạng giá trị trung bình của 4 số đo trong mỗi trường hợp đối với chênh lệch giữa độ dẫn xác định được và giá trị mẫu trắng được xác định trước đó trong mỗi trường hợp được báo cáo.

4.3 Chất lượng của vật liệu nền khuôn tái sinh cũng có thể được đánh giá bằng cách

xác định lượng axit cần thiết (liên quan đến vấn đề này, xem tài liệu VDG-Merkblatt P26 of October 1999). Theo tài liệu VDG-Merkblatt P26 of October 1999, lượng axit cần thiết được xác định đối với các mẫu được lựa chọn, với việc sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh được sử dụng như được giải thích trong phần 4.2. Trong bảng 2, ở mục “lượng axit cần thiết”, giá trị được tìm thấy ở dạng giá trị giá trị trung bình từ 4 số đo trong mỗi trường hợp được báo cáo.

4.4 Các số đo và kết luận:

Bảng 2: Phép xác định

Ví dụ	Độ bền uốn / (N/cm ²)	Tỷ lệ đi qua sàng / (%)	Độ dẫn / (μS/cm)	Lượng axit cần thiết / (mg HCl/100 g)
C1	300	8	2730	-
C2	470	52	3340	213
C3	340	25	1870	-
C4	460	76	2830	176
C5	440	73	2100	-
I1	520	95	1130	75
I2	450	100	1370	-
I3	390	100	790	-
I4	400	99	1070	-
I5	450	99	1420	-

4.4.1 Từ bảng 2 thấy rõ rằng quy trình theo sáng chế có thể tạo ra khuôn đúc và lõi có độ bền uốn cao.

4.4.2 Bảng 2 chỉ ra rõ ràng rằng, tất cả các ví dụ được sản xuất bằng quy trình theo sáng chế, đo được tỷ lệ đi qua sàng vượt trội (như thước đo cho các đặc tính phá vỡ) bằng từ 95% đến 100%, tất cả chúng đều cao hơn đáng kể so với tỷ lệ đi qua sàng bằng từ 8% đến 76% mà đã được xác định đối với các mẫu so sánh.

Cụ thể hơn, đã nhận thấy rằng cả sự sử dụng riêng biệt silicat dạng tấm chứa hạt (ví dụ C3, không có mặt hạt silic dioxide vô định hình (được tạo khói)) cũng như sử dụng silic dioxide vô định hình dạng hạt (được tạo khói) (ví dụ C2, không có mặt silicat dạng tấm chứa hạt) đều không dẫn đến sự gia tăng đáng kể tỷ lệ đi qua sàng như vậy như đối với tổ hợp theo sáng chế (các ví dụ I1 đến I5). Có tác dụng hiệp đồng trong các ví dụ theo sáng chế mà nó trở nên đặc biệt rõ ràng ở chỗ ngay cả khi kết hợp tỷ lệ đi qua sàng ở các ví dụ C2 và C3 cũng chỉ đạt 77% và vì vậy thấp hơn nhiều so với giá trị thấp nhất mà đã được xác định trong các ví dụ từ I1 đến I5.

Hơn nữa, việc so sánh các ví dụ từ I1 đến I5 với ví dụ C4 đã chỉ ra rõ ràng rằng hiệu quả kỹ thuật có lợi chỉ xảy ra đối với silicat dạng tấm chứa các hạt, và chỉ ra rằng, ví dụ, việc sử dụng silicat riêng rẽ như andalusite (silicat X) dẫn đến tỷ lệ đi qua sàng tồi hơn đáng kể.

Ngoài ra, so sánh cụ thể ví dụ I4 với ví dụ C5 chỉ ra rằng hiệu quả kỹ thuật chỉ xảy ra đối với silicat dạng tấm chứa các hạt có d₉₀ theo sáng chế, trong đó kiểu hạt thô hơn của silicat dạng tấm giống hệt về mặt hóa học (silicat Y trong ví dụ C5) tạo ra tỷ lệ đi qua sàng tồi hơn nhiều.

Ngoài ra, rõ ràng là hiệu quả kỹ thuật của tỷ lệ đi qua sàng được cải thiện được bộc lộ đối với tất cả các silicat dạng tấm chứa các hạt được kiểm tra (các ví dụ I1 đến I5), bất kể sự khác biệt về mặt hóa học tồn tại giữa các silicat dạng tấm chứa các hạt được sử dụng.

4.4.3 Chất lượng của vật liệu nền khuôn đã được tái sinh thu được có thể được đánh giá tiếp với sự trợ giúp của các giá trị độ dẫn, các độ dẫn thấp là có lợi.

Bảng 2 chỉ ra rõ ràng rằng độ dẫn thấp bằng từ 790 đến 1420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ đã được đo đối với tất cả các ví dụ được sản xuất bằng quy trình theo sáng chế, tất cả các độ dẫn này đều thấp hơn đáng kể các độ dẫn cao từ 1870 đến 3340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ đã được xác định đối với các mẫu so sánh.

Đã nhận thấy rằng cả việc sử dụng riêng biệt silicat dạng tấm chứa hạt (ví dụ C3,

không có mặt silic dioxit dạng hạt vô định hình (được tạo khói)) và việc sử dụng silic dioxit vô định hình dạng hạt (được tạo khói) (ví dụ C2, không có mặt silicat dạng tấm chứa hạt) đều không dẫn đến sự giảm rõ rệt độ dẫn như đối với tổ hợp theo sáng chế (các ví dụ từ I1 đến I5). Cụ thể hơn, việc sử dụng riêng biệt silic dioxit vô định hình dạng hạt (được tạo khói) (ví dụ C2), khi so với ví dụ C1 (không chứa silic dioxit vô định hình; không chứa silicat), thực sự dẫn đến sự gia tăng độ dẫn, mà nó tạo ra tác động hiệp đồng của tổ hợp theo sáng chế (ví dụ I1 – I5) đặc biệt rõ ràng.

Ngoài ra, so sánh các ví dụ I1 đến I5 với các ví dụ C4 và C5 chỉ ra rõ ràng rằng hiệu quả kỹ thuật có lợi này cũng chỉ xảy ra đối với silicat dạng tấm chứa các hạt, đặc biệt là silicat dạng tấm chứa các hạt có d₉₀ theo sáng chế, trong đó sử dụng silicat tách biệt (C4; silicat-X), giống hệt như việc sử dụng kiểu hạt thô hơn của silicat dạng tấm (C5, silicat-Y), dẫn đến các giá trị độ dẫn cao không có lợi.

Ngoài ra, rõ ràng là hiệu quả kỹ thuật của tỷ lệ đi qua sàng được cải thiện được bộc lộ đối với tất cả các silicat dạng tấm chứa các hạt được kiểm tra (I1 đến I5), bất kể sự khác biệt về mặt hóa học tồn tại giữa các hợp chất được sử dụng.

4.4.4 Khi xem xét các số đo về lượng axit cần thiết được đưa ra trong bảng 2 nhận thấy rõ ràng rằng lượng axit cần thiết có thể có tương quan trực tiếp với các độ dẫn được thảo luận trên đây trong phần 4.4.3, và độ dẫn này cũng giảm với lượng axit cần thiết.

4.4.5 Ngoài các số đo được đưa ra trong bảng 2, đã nhận thấy trong các nghiên cứu nội bộ rằng việc loại bỏ các phân đoạn bụi < 125 µm bằng cách vật lý (qua sàng) của vật liệu nền khuôn đã được tái sinh, trong trường hợp hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế (các ví dụ I2 và I3), dẫn đến sự giảm hơn nữa độ dẫn từ 10% đến nhiều hơn 20%. Ngược lại, trong trường hợp hỗn hợp không theo sáng chế (ví dụ C2), nhận thấy sự giảm độ dẫn chỉ khoảng 5% sau khi loại bỏ.

5. Các nghiên cứu khác:

Các nghiên cứu được đã được tiến hành thêm trên lõi mà đã được sản xuất bằng cách sử dụng hỗn hợp vật liệu tạo khuôn theo sáng chế hoặc hỗn hợp vật liệu tạo khuôn

so sánh. Các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn là các chữ viết tắt được chỉ ra đầu tiên trong bảng 3. Theo bảng 4, lõi được kiểm tra được phân loại thành các nhóm theo các thành phần của chúng và được đánh giá chất lượng về độ bền, các đặc tính phá vỡ và khả năng tái sinh của chúng.

Bảng 3: Các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sử dụng trong quy trình.

Chữ viết tắt	Thành phần
A	Vật liệu nền khuôn
B	Dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng
C	0,1% đến 3% khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt (được tạo khói)
D	0,05 đến 1,5% khối lượng silicat tách biệt
E	0,05 đến 1,5% khối lượng silicat dạng tấm, $d_{90} > 45 \mu\text{m}$
F	0,05 đến 1,5% khối lượng silicat dạng tấm chứa các hạt, $d_{90} < 45 \mu\text{m}$

Bảng 4: Đánh giá chất lượng của lõi được sản xuất từ hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được sử dụng về độ bền, các đặc tính phá vỡ và khả năng tái sinh. Các ký hiệu có nghĩa như sau: (- -) = rất tồi, (-) = tương đối tồi, (+) = tốt và (+ +) = rất tốt.

Không.	Các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn	Độ bền	Phá vỡ	Khả năng tái sinh
1	A + B	- -	- -	- -
2	A + B + C	+ +	-	- -
3	A + B + F	-	- -	+
4	A + B + C + D	+ +	+	- -
5	A + B + C + E	+	+	-
6	A + B + C + F	+	+ +	+ +

Đánh giá chất lượng trong bảng 4 chứng tỏ rằng các đặc tính phá vỡ rất tốt và khả năng tái sinh rất tốt được quan sát chỉ đối với các hỗn hợp vật liệu tạo khuôn hoặc lõi theo sáng chế (số F) và độ bền tốt đồng thời cũng được quan sát đối với các hỗn hợp này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình sản xuất khuôn đúc, lõi và vật liệu nền khuôn được tạo ra từ đó, bao gồm các bước sau để sản xuất khuôn đúc hoặc lõi:

- cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm
 - vật liệu nền khuôn
 - dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng
 - 0,1% đến 3% khối lượng của silic dioxit vô định hình dạng hạt

và, để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi,

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 0,05% đến 0,4% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm , nghĩa là 90% silicat dạng tấm chứa các hạt được chứa trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn nhỏ hơn 45 μm , trong đó d_{90} được xác định bằng cách quét hình ảnh trên kính hiển vi điện tử,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn,

- tạo hình hỗn hợp vật liệu tạo khuôn,
- làm đông rắn hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bằng phản ứng hóa học của các thành phần của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với một thành phần khác, để tạo ra khuôn đúc hoặc lõi.

2. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thủy tinh lỏng trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn có mô-đun phân tử gam $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit.

3. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó đường kính trung bình của hạt vật liệu nền khuôn nằm trong khoảng từ 100 μm đến 600 μm .

4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói và/hoặc silic dioxit vô định hình dạng hạt là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói.

5. Quy trình theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt có mặt trong hỗn hợp vật liệu tạo khuôn với tổng lượng từ 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là từ 0,1% đến 0,3% khối lượng.

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, bao gồm bước cung cấp hoặc sản xuất hỗn hợp vật liệu tạo khuôn chứa:

- vật liệu nền khuôn,
- dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng 0,1% đến 0,4% khối lượng, tốt hơn là 0,1% đến 0,3% khối lượng,
- 0,3% đến 3% khối lượng, tốt hơn là 0,57% đến 0,77% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói, và
- 0,01% đến 1% khối lượng graphit,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn.

7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên,

trong đó vật liệu nền khuôn chứa cát thạch anh, tốt hơn là ít nhất 50% khối lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 80% khối lượng, cát thạch anh, dựa trên tổng khối lượng của vật liệu nền khuôn,

và/hoặc

trong đó việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi bước gia nhiệt hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình, tốt hơn là bằng cách gia nhiệt trong khuôn tạo hình đã

được gia nhiệt, tốt hơn là trong khuôn tạo hình đã được gia nhiệt với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 300°C, và/hoặc bằng cách thổi bằng không khí nóng, ở đó việc gia nhiệt và/hoặc thổi khí tốt hơn là thiết lập nhiệt độ nằm trong khoảng từ 120 đến 180°C ít nhất trong khu vực hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình,

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi sự thủy phân của este, trong đó ít nhất một trong số các este tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm sản phẩm phản ứng ngoại phân tử hoặc nội phân tử của rượu và axit, trong đó

rượu được chọn từ nhóm gồm rượu đơn chức C1-C8, rượu hai chức C1-C8, tốt hơn là rượu hai chức C2-C8, và rượu ba chức C1-C8, tốt hơn là rượu ba chức C3-C8, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm etylen glycol, propan-1,2-diol và glyxerol,

và

axit được chọn từ nhóm gồm axit C2-C8 monocarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 dicarboxylic hữu cơ, axit C2-C8 tricarboxylic hữu cơ, tốt hơn là axit C4-C8 tricarboxylic hữu cơ, và các axit vô cơ, tốt hơn là được chọn từ nhóm gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit lactic, axit oxalic, axit suxinic, axit malonic, axit phosphoric, axit sulfuric, axit boric và axit cacbonic,

trong đó ít nhất một trong số các este tốt hơn là propylen cacbonat hoặc γ -butyrolacton,

hoặc

- được trợ giúp hoặc gây ra bởi việc xử lý khí đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn đã được tạo hình bằng khí hoặc hỗn hợp khí chứa nhỏ hơn 1 % mol CO₂.

8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số những điểm nêu trên, trong đó khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng đến nhiệt độ > 900°C nhờ đó tạo điều kiện phá vỡ sau đó, tốt hơn là với bước gia nhiệt đến

nhệt độ < 1600°C, tốt hơn nữa là đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900°C đến 1600°C, và/hoặc

trong đó khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất được gia nhiệt tạm thời ít nhất ở các vùng, bằng cách cho tiếp xúc với kim loại nóng chảy trong quá trình đúc, đến nhiệt độ > 900°C nhờ đó tạo điều kiện phá vỡ sau đó, tốt hơn là với bước gia nhiệt đến nhiệt độ < 1600°C, tốt hơn nữa là đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900°C và 1600°C, tốt hơn là bằng cách sử dụng kim loại nóng chảy chứa sắt, hợp kim sắt, thép, hợp kim thép, đồng thau hoặc hợp kim đồng thau.

9. Quy trình theo điểm 8 để sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh từ khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất sau khi gia nhiệt, bao gồm các bước bổ sung sau đây:

- tác động cơ học lên khuôn đúc được sản xuất hoặc lõi được sản xuất, sao cho khuôn đúc hoặc lõi này bị phá vỡ,
- sản xuất vật liệu nền khuôn tái sinh từ khuôn đúc đã phá vỡ hoặc lõi đã phá vỡ, tốt hơn là bao gồm bước tách riêng và loại bỏ bụi, trong đó bước tách riêng tốt hơn là bao gồm bước tách vật lý.

10. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số những điểm nêu trên, trong đó hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được cung cấp hoặc được sản xuất chứa một phần vật liệu nền khuôn tái sinh được sản xuất theo điểm 9

và/hoặc

trong đó việc tạo hình đối với hỗn hợp vật liệu tạo khuôn và/hoặc việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện bằng máy in 3D

và/hoặc

trong đó việc tạo hình hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện theo phương pháp in 3D và việc đóng rắn của hỗn hợp vật liệu tạo khuôn được thực hiện trong quá trình in 3D và/hoặc sau quá trình in 3D.

11. Hỗn hợp để kết hợp với dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng để sản xuất khuôn đúc và/hoặc lõi, bao gồm:

- 10% đến 98% khối lượng silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,
- 0% đến 15% khối lượng graphit,
- một hoặc nhiều hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, mỗi hỗn hợp này gồm ít nhất một nhôm oxit và/hoặc ít nhất một ziricon oxit, với tổng lượng từ 0% đến 80% khối lượng,

và, để tạo điều kiện phá vỡ và/hoặc để gia tăng khả năng tái tạo của khuôn đúc hoặc lõi,

- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 2% đến 80% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng silicat dạng tấm nhỏ hơn 45 μm , nghĩa là 90% silicat dạng tấm chứa các hạt nhỏ hơn 45 μm , trong đó d_{90} được xác định bằng cách quét hình ảnh trên kính hiển vi điện tử,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp

trong đó hỗn hợp này tốt hơn là hỗn hợp ở trạng thái rắn hoặc thể phân tán bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai pha.

12. Hỗn hợp theo điểm 11, bao gồm:

- 25% đến 95% khối lượng, tốt hơn là 40% đến 95% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khói,
- 1,5% đến 12,5% khối lượng, tốt hơn là 1,5% đến 6% khối lượng, graphit,
- một hoặc nhiều hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, mỗi hỗn hợp bao gồm ít nhất một nhôm oxit và/hoặc ít nhất một ziricon oxit, với tổng lượng từ 0% đến 65,5% khối lượng, tốt hơn là 0% đến 45% khối lượng,
- một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 5% đến 50% khối lượng, tốt hơn là từ 15% đến 50% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng này nhỏ hơn 45 μm , như được xác định trong điểm 11,

trong đó tỷ lệ phần trăm là dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp,

trong đó hỗn hợp này tốt hơn nữa là hỗn hợp ở trạng thái rắn hoặc thể phân tán bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai pha.

13. Hệ chất kết dính đa hợp phân chứa, ở dạng các hợp phần riêng biệt về mặt không gian,

- (A) hỗn hợp theo điểm 11 hoặc 12,
- (B) dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, tốt hơn là thủy tinh lỏng có mô-đun $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit.

14. Hỗn hợp vật liệu tạo khuôn bao gồm:

- ít nhất hợp phần (A), hỗn hợp bao gồm:
 - 25% đến 95% khối lượng, tốt hơn là 40% đến 95% khối lượng, silic dioxit vô định hình dạng hạt, tốt hơn là silic dioxit vô định hình dạng hạt được tạo khối,
 - 1,5% đến 12,5% khối lượng, tốt hơn là 1,5% đến 6% khối lượng, graphit,
 - một hoặc nhiều hỗn hợp oxit kim loại ở dạng hạt, mỗi hỗn hợp bao gồm ít nhất một nhôm oxit và/hoặc ít nhất một zircon oxit, với tổng lượng từ 0% đến 65,5% khối lượng, tốt hơn là 0% đến 45% khối lượng,
 - một hoặc nhiều silicat dạng tấm chứa các hạt với tổng lượng từ 5% đến 50% khối lượng, tốt hơn là từ 15% đến 50% khối lượng, trong đó d_{90} của tổng lượng này nhỏ hơn 45 μm , trong đó d_{90} được xác định bằng cách quét hình ảnh trên kính hiển vi điện tử;

và hợp phần (B):

dung dịch hoặc thể phân tán chứa thủy tinh lỏng, tốt hơn là thủy tinh lỏng có mô-đun $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 4,0, tốt hơn là 1,8 đến 2,5, trong đó M_2O biểu thị tổng lượng lithi oxit, natri oxit và kali oxit;

và

- vật liệu nền khuôn chịu nhiệt làm hợp phần (D),

tốt hơn là chứa vật liệu nền khuôn tái sinh làm vật liệu nền khuôn chịu nhiệt hoặc làm thành phần của vật liệu nền khuôn chịu nhiệt, vật liệu nền khuôn tái sinh này tốt hơn nữa là có thể sản xuất được bằng quy trình theo điểm 9.