



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 82154

(13) C2

(51) МПК (2006)  
B22C 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ МОДЕЛЕЙ

1

2

(21) а200612200

(22) 20.11.2006

(24) 11.03.2008

(72) ШИНСЬКИЙ ОЛЕГ ЙОСИПОВИЧ, UA,  
ДОРОШЕНКО ВОЛОДИМИР СТЕПАНОВИЧ, UA,  
КРАВЧЕНКО ВОЛОДИМИР ПАВЛОВИЧ, UA(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОПЧНИЙ ІНСТИТУТ  
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ, UA(56) Заявка UA а200608961, пріор. 11.08.2006,  
публ. 25.05.2007

SU 718215 A1, 28.02.1980

SU 1366043 A3, 07.01.1988

US 4453586 A, 12.06.1984

JP 8155584 A, 18.06.1996

JP 57146447 A, 09.09.1982

(57) 1. Спосіб виготовлення заморожених моделей, що включає заливання рідкої композиції в прес-форму, замішування газу і заморожування цієї композиції, який відрізняється тим, що замішування виконують шляхом додавання в рідку композицію замороженої вуглекислоти, що газифікується, а заморожування композиції виконують шляхом теплопередачі від цієї вуглекислоти.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що додавання вуглекислоти в рідку композицію

виконують одночасно з заливанням її в прес-форму.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в рідку композицію попередньо вводять рідке скло.

4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що вуглекислоту подають у здрібненому вигляді.

5. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що вуглекислоту подають у суміші з льодом із води.

6. Спосіб за п. 5, який відрізняється тим, що рідку композицію подають з температурою, що на 0-2 K відрізняється від температури її затвердіння, вуглекислоту і лід подають при температурі, близькій до температури сублімації вуглекислоти, а масу вуглекислоти визначають з виразу:

$$m_y[\lambda \cdot m_{ж} + c_{т}(t_{м}-273)m_{ж} - c_{л}m_{л}(t_{м}-194)]/[r + c_y(t_{м}-194)],$$

де  $\lambda$  - питома теплота заморожування рідкої композиції, Дж/кг;

$m_{ж}$  - маса рідкої композиції, кг;

$c_{т}$  - питома теплоємність затверділої композиції, Дж/(кг·K);

$t_{м}$  - температура моделі кінцева, K;

$c_{л}$  - питома теплоємність льоду, Дж/(кг·K);

$m_{л}$  - маса льоду, кг;

$r$  - питома теплота сублімації вуглекислоти, Дж/кг;

$c_y$  - питома теплоємність вуглекислоти після сублімації, Дж/(кг·K).

Винахід відноситься до ливарного виробництва, зокрема, до способів виготовлення заморожених моделей, переважно одноразових.

Відомий спосіб виготовлення заморожених моделей шляхом заливання водою прес-форми і заморожування води (Авторське свідоцтво СРСР №1514458 МПК B22 C 7/02, опубл. 1987). Однак цим способом не можна одержати пористу модель, що заощаджує матеріали і є більш технологічною, ніж цільна при подальшому використанні.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є спосіб виготовлення моделей шляхом заливання рідкої композиції в прес-форму, замішування газу і заморожування цієї композиції (Авторське свідоцтво СРСР №691236 МПК B22 C 7/02, опубл. 1976). В цьому випадку заморожують

композицію шляхом охолодження прес-форми, а також операція замішування повітря має свою тривалість, що збільшує час заморожування моделі.

Мета - підвищення продуктивності виготовлення моделей та покращення їх технологічних властивостей.

Поставлена мета досягається тим, що в способі виготовлення заморожених моделей, що включає заливання рідкої композиції в прес-форму, замішування газу і заморожування цієї композиції, згідно винаходу, замішування виконують шляхом додавання в рідку композицію замороженої вуглекислоти, що газифікується, а заморожування композиції виконують шляхом теплопередачі від цієї вуглекислоти. Крім того, додавання вуглекислоти в

(13) C2

(11) 82154

(19) UA

рідку композицію можуть робити одночасно з заливанням її в прес-форму, а також в рідку композицію попередньо можуть вводити рідке скло. Також вуглекислоту можуть подавати у здрібненому вигляді, або у суміші з льодом із води. Якщо рідку композицію подають з температурою, що на 0...2 K відрізняється від температури її затвердіння, а вуглекислоту і лід подають при температурі, близькій до температури сублімації вуглекислоти, то масу вуглекислоти можна визначити з виразу:

$$m_y = [\lambda m_{ж} + c_T (t_m - 273) m_{ж} - c_L m_L (t_m - 194)] / [\gamma + c_Y (t_m - 194)]$$

де  $\lambda$  - питома теплота заморожування рідкої композиції, Дж/кг;

$m_{ж}$  - маса рідкої композиції, кг;

$c_T$  - питома теплоємність затверділої композиції, Дж/(кг·K);

$t_m$  - температура моделі кінцева, K,

$c_L$  - питома теплоємність льоду, Дж/(кг·K);

$m_L$  - маса льоду, кг;

$\gamma$  - питома теплота сублімації вуглекислоти Дж/кг,

$c_Y$  - питома теплоємність вуглекислоти після сублімації, Дж/(кг·K).

На Фіг. у розрізі показана прес-форма 1, у якій отримана модель 2. Рідку композицію подають по каналу 3, а лід додають по каналу 4.

Здійснення способу ґрунтується на тім, що з температурою на грані замерзання або переохолоджену рідку композицію подають у прес-форму і змішують із твердою вуглекислою (сухим льодом) або із сумішшю сухого і водяного льодів з температурою ~ 194 K (або нижче). Сухий лід при нагріванні випаровується, і відбувається процес його сублімації при 194,2 K. Завдяки теплообмінові з рідиною сухий лід її заморожує одночасно з тим, що пухирці газу спрямовуються вгору до каналів 3 і 4, чи спеціально виконаних інших, і виходять через рідку композицію з прес-форми. У результаті одержують пористу крижану модель з каналами пор, спрямованих по ходу руху пухирців газу. Можлива добавка в рідку композицію поверхнево-активних та інших речовин для регулювання розмірів і кількості пор.

Пориста модель має ту перевагу, що пори послабляють тиск на стінки оснастки при розширенні замерзаючої води, рівному ~9% по об'єму, при її використанні в композиції.

Попереднє додавання в рідку композицію рідкого скла при наступному контакті його з вуглекислою викличе протікання хімічної реакції, у результаті якої рідке скло коагулює з виділенням кремнегеля, що зміцнить модель і забезпечить склеювання в поверхневому прошарку піску порожнини форми при наступному розплавленні моделі у формі.

Здрібнювання сухого льоду збільшить його контактну поверхню і швидкість теплообміну з рідкою композицією, а замішування з водним льодом - скоротить його споживання при появі можливості регулювання швидкості замерзання і ступеня пористості моделі.

Щоб визначити необхідну кількість компонентів для виготовлення моделі, склали рівняння теплового балансу для спрощення розрахунків без обліку втрат на нагрівання навколишнього середовища і при заливанні рідкої композиції при температурі її замерзання, а льоду і вуглекислоти при температурі сублімації вуглекислоти (194 K).

$-\lambda m_{ж} + c_T m_{ж} (t_m - 273) + c_L m_L (t_m - 194) + m_y + c_Y m_y (t_m - 194) = 0$ , де літерні

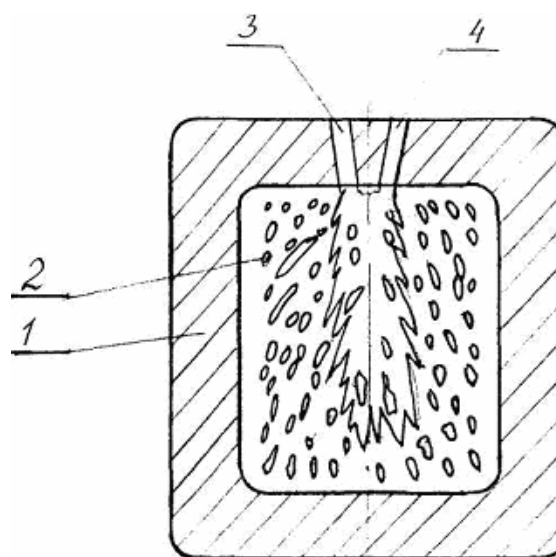
позначення зазначені вище, а перший член відповідає витратам теплоти на заморожування рідкої композиції, другий - на охолодження її до  $t_m$ , третій - на нагрівання водного льоду від 194 K до  $t_m$ , четвертий - на сублімацію вуглекислоти, п'ятий - на нагрівання вуглекислоти від 194 K до  $t_m$ . Звідки визначили

$$m_y = [\lambda m_{ж} + c_T (t_m - 273) m_{ж} - c_L m_L (t_m - 194)] / [\gamma + c_Y (t_m - 194)]$$

. Можливий на основі складення докладного рівняння теплового балансу більш точний вираз для підрахування  $m_y$ , або кількості інших компонентів, але це може ускладнити технологічний підрахунок. А похибка наведеного розрахунку сягає близько 10%, цілком прийнятно для техніки.

При використанні води як рідкої композиції  $\lambda_{ж} = 330 \text{ кДж/кг}$ ;  $c_T = c_L = 2,1 \text{ кДж/(кг·K)}$ ;  $t_m = 263 \text{ K}$ ; а при  $m_{ж} = m_L = 0,5 \text{ кг}$ ,  $\gamma = 574 \text{ кДж/кг}$ ;  $c_Y = 0,815 \text{ кДж/(кг·K)}$ ;  $m_y$  після підстановки в останній вираження буде дорівнює 0,164 кг. Тобто, при зазначених умовах на модель масою 1 кг слід затратити по масі: рідкої композиції - 0,5 кг, льоду - 0,5 кг, твердої вуглекислоти - 0,164 кг.

Таким чином, одночасне заморожування рідкої композиції із замішуванням газу при додаванні в неї сухого льоду, що при цьому сублімується, підвищить продуктивність виготовлення моделей, а наведені добавки дозволять регулювати їх пористість та міцність.



Фіг.