

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АМОРФНОГО КВАРЦУ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ І СТРИЖНІВ**

К. М. Зубова¹

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”*

Ефективність процесу виготовлення ливарних форм за моделями, що виплавляються в значній мірі залежить від технології виготовлення оболонкової форми та її якості. Для виготовлення форми і стрижнів, у залежності від вибраного варіанту та вимог до відливок, використовують різні матеріали: кристалічний кварц, електрокорунд, плавлений кварц, дистен-силліманіт та ін. Плавлений кварц може бути вибраний як один із найкращих кандидатів для використання у майбутньому для лиття жароміцних сплавів, як формувальний матеріал.

Эффективность процесса изготовления литейных форм по моделям что выплавляются в значительной степени зависит от технологии изготовления оболочковой формы и её качества. Для изготовления формы и стержней, в зависимости от выбранного варианта и требований к отливкам, используют разные материалы: кристаллический кварц, электрокорунд, плавленый кварц, дистен-силлиманит и др. Плавленый кварц, может быть выбран как один из наилучших кандидатов для использования в будущем для литья жаропрочных сплавов. как формовочный материал.

Efficiency of investment casting largely depends on the technology of core manufacturing and its quality. This production process mainly depends on the options chosen and the requirements for final casting quality. By using different refractory compounds such as: crystalline quartz, electrolytically, fused quartz, kyanite- sillimanite, different quality of casted parts may be achieved. Among these materials fused quartz can be considered as one of the most promising candidate for future applications in superalloys casting. Its ability to be stable under elevated temperature, low cost etc. attracts researchers to apply fused

¹ Робота виконана під керівництвом член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Чернеги Д.Ф. (НТУУ „КПІ”) і кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника Сімановського В.М. (ФТІМС НАН України)

quartz for investment mold manufacturing and expansion of knowledge of fused quartz application was the topic of the study represented here.

Вступ

Газотурбінні приводи для газоперекачувального устаткування і електростанцій спроектовані на базі авіаційних газотурбінних двигунів (ГДТ) з ККД 26-36 %, і не досягають необхідного часу використання 100000 годин [1]. А із-за великих матеріальних та енергетичних витрат при виробництві ГДТ, а також високої трудомісткості виготовлення виробів їх вартість досягає значної величини.

Вирішення цих задач не можливо без підвищення якості найбільш відповідальних деталей двигуна – лопаток, які виготовляють із жароміцних сплавів методом лиття за виплавленими моделями. Але на відливках виявляється більше десятка різних дефектів. Ці дефекти можуть виникати по різних причинах. Тому, забезпечення необхідних властивостей і якості відливок являється головною задачею виробництва, що досягається правильним вибором матеріалів і ефективністю використаних технологічних процесів їх виготовлення.

Властивості плавленого кварцу

Плавлений кварц, як формувальний матеріал, займає особливе місце завдяки ряду властивостей та переваг перед іншими вогнетривкими оксидами і забезпечує виготовлення високоякісних відливок високої геометричної точності. В таблиці 1 представлено фізичні властивості аморфного кварцу та деяких матеріалів.

Аморфний кварц характеризується низьким коефіцієнтом термічного розширення, високою термостійкістю, малою питомою вагою, достатньо високою вогнетривкістю [2]. Перераховані властивості плавленого кварцу забезпечують стабільність геометричних розмірів форм на всіх стадіях технології їх виготовлення і використання, а з урахуванням відповідних методів формовки і побудови ливниково-живильної системи – велику точність крупно-габаритних відливок при достатньо високих температурах заливки.

Хоча діоксид кремнію не відносять до високовогнетривких оксидних матеріалів (температура плавлення 1713 °С), навіть при температурах 1800-2000 °С він має високу в'язкість, і щоб його деформувати, необхідно прикласти значне зусилля.

Плавлений кварц при витримці при високих температурах (1250-1600 °С) у продовж декількох годин починає кристалізуватись з утворенням кристобаліту, який при охолодженні зазнає поліморфного перетворення зі зменшенням об'єму і утворенням сітки мікротріщин. Ця властивість матеріалу значно полегшує вибивку форм і покращує очистку

відливок особливо внутрішніх порожнин, від залишків кераміки.

Таблиця 1 Фізичні властивості матеріалів

Фізичні властивості матеріалу	Одиниця виміру	Плавлений кварц	Електрокорунд	Кварцовий пісок
Щільність при 20 °С	г/см ³	2,05-2,15	3,25-4,0	1,37-2,19
Пористість	%	4,0-7,5	-	4-55
Межа міцності при (20 °С): -Вигин -Розтягнення	МПа	40-80 20-40	117-343 260	-
В'язкість при, °С: - 1200 - 1300	Пз (η, Нс/м ²)	Пз 5·10 ¹¹ 1·10 ⁴	η, Нс/м ² 1,2·10 ¹¹	η, Нс/м ² 5,63·10 ⁶
Теплопровідність при, °С: - 400 - 600 - 1000 - 1200	Вт/м·К	- 1,78 2,02 2,05	- 7,85 5,4 4,75	1,884 - 2,01 -
Теплоємність при, °С: - 25 - 600 - 1200	кДж/кг·К	- 0,236 0,270	- 0,245 0,267	0,177 - -
Коефіцієнт лінійного термічного розширення	1/град	6·10 ⁻⁷	8,6·10 ⁻⁶	13,7·10 ⁻⁶
Термостійкість з 1000 С у воді (25 °С)	теплогмін	>25	3-8 (850-20 °С)	Термічно стійкий

Великою перевагою керамічних оболонок на плавленому кварці у порівнянні з іншим керамічним матеріалом є їх висока термостійкість, що дозволяє проводити прожарювання форм з високими швидкостями нагріву. При цьому скорочується час прожарювання кожної партії оболонок, що дає пряму економію електроенергії.

Використовуючи низьку теплопровідність плавленого кварцу, як матеріалу керамічної оболонки можливо створити великий перепад температур між верхньою і нижньою частинами форми крупно-габаритних корпусних відливок з протяжними стінками. За рахунок високого градієнту температур і ефективності ливниково-живильної системи можливо забезпечити умови направленої кристалізації і отримати необхідну щільність матеріалу відливку.

Завдяки низькому коефіцієнту акумуляції теплоти формою на плавленому кварці (меншому у 2 рази, ніж у електрокорунді) вдається вирішити проблему заповнення вузьких протяжних порожнин (тонких стінок, лопаток).

Висока міцність і дуже низький коефіцієнт лінійного розширення плавленого кварцу у інтервалі температур 20-1200 °С дозволяють деяким підприємствам відмовитись від опірного наповнювача і використовувати швидкісні методи нагріву форм при підготовці їх до заливки металу. При цьому знижуються витрати електроенергії і на допоміжні матеріали.

Практично всі підприємства відмітили, що форма легко відокремлюється від відливок при вибивці, поверхня відливок чиста, без пор, раковин і пригару. Покращення чистоти поверхні виливок спостерігається як для сталі, та і для сплавів.

Використання плавленого кварцу для виготовлення стрижнів

Для виготовлення керамічних стрижнів необхідної міцності доцільним є використання суміші до складу якої входить плавлений кварц.

Суміш, яка має в складі плавлений кварц, в процесі спікання при температурах більш 1200°С розтріскується, тобто кристалізація плавленого кварцу призводить до втрати міцності. Для усунення цього недоліку в суміш додають порошок алюмінію, який зменшує здатність до кристалізації. Механічні властивості суміші залежно від температури та складу представлені у таблиці 2.

Представлена суміш дозволяє зменшити кількість браку литих лопаток з причини поломки стрижнів, а за рахунок збільшення їх міцності, можливо знизити витрати на матеріали при виготовленні стрижнів.

Таблиця 2 Залежність механічних властивостей від складу сумішей

№	Склад суміші, мас				Міцність на вигин, МПа
	Плавлений кварц	Пластифікатор ПП-10	Порошок бору	Порошок алюмінію АСД-4	Температура випробувань, 1050°C
1	82,8	17	0,2	2,0	25,2
2	84,7	15	0,3	1,5	23,6
3	81,6	18	0,4	3,0	24,6
4	83,5	16	0,5	1,0	25,3
5	80,9	19	0,1	5,0	24,5
6	85,4	14	0,6	0,5	25,0
7	81,45	18,5	0,05	4,5	21,8
8	84,8	14,5	0,7	3,5	25,1

Висновки

1. При використанні плавненого кварцу можливо знизити виробничий цикл виготовлення форм та відливок за рахунок зменшення кількості шарів, прискорення сушки та зменшення часу загартування форм.
2. Суспензії на основі плавненого кварцу мають підвищену живучість та седиментаційну стійкість (із-за малої питомої ваги), ніж у суспензії з використанням дистен-силліманіту та електрокорунду.
3. Можливо регулювати, за рахунок високої термостійкості керамічної форми на основі плавненого кварцу, температуру форми після заливки від 20 до 1000 °С, у відповідності з умовами кристалізації відливку.
4. Зниження трудомісткості видалення кераміки з залитого відливку, так як оболонка з плавненого кварцу легко відокремлюється від поверхні відливку.
5. Підвищення геометричної точності відливку.

Література

1. Внедрение прогрессивных литых заготовок в газотурбинных двигателях наземного применения / С.П. Голанов // Литейщик России. – 2007 – №6 – С. 26 – 32.
2. Опыт применения плавненого кварца в литье по выплавляемым моделям / Ю. Н. Савельев, А. С. Грибанов, В. С. Кучеренко // Литейщик России. – 2005 - № 10 – С. 15 – 21.
3. Патент України 80076 МПК В22С1/16