

<https://doi.org/10.15407/plit2024.03.028>

УДК: 621.747.53

П.Б. Калюжний*, канд. техн. наук, заступник директора;

e-mail: kpb.ptima@gmail.com; ORCID 0000-0002-1111-4826

К.Г. Квасницька*, аспірант; *e-mail: katonish@gmail.com;*

ORCID 0000-0001-8712-9285

О.В. Нейма*, мол. наук. співроб.; *e-mail: neima_alex@ukr.net;*

ORCID 0000-0001-5438-7253

О.В. Михнян*, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.;

e-mail: mixnyan@ukr.net;

ORCID 0000-0003-3210-4173

Р.В. Лютий**, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри ливарного виробництва; *e-mail: rvl2005@ukr.net; ORCID 0000-0001-6655-6499*

*Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

** Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМІЧНИХ ЛИВАРНИХ ФОРМ І СУСПЕНЗІЙ ЗІ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ НА ВОДНІЙ ОСНОВІ

Процес лиття за моделями, що витоплюються, є складним технологічним циклом, який включає виготовлення форм для одержання виробів із високою точністю та якістю. Важливою частиною цього процесу є вибір відповідних матеріалів для виготовлення форм та їх параметрів, у тому числі зв'язувальних компонентів і вогнетривких наповнювачів. На українських ливарних підприємствах при виготовленні керамічних форм як зв'язувального компоненту застосовують етилсилікат, який має певні недоліки. Зважаючи на екологічні аспекти, за кордоном як зв'язувальний компонент застосовують колоїдний кремнезем на водній основі. Дана стаття присвячена визначенню властивостей керамік і суспензій, приготовлених із водних зв'язувальних компонентів, та порівняння їх властивостей із етилсилікатними кераміками й суспензіями. У роботі вивчено суспензії з наповнювачами електрокорундом, кварцом, дистен-силіманітом і зв'язувальними компонентами ЕТС, Remasol Premium Plus і кремнезольом. Визначено, що для досягнення необхідної в'язкості суспензії з водними зв'язувальними компонентами потребують введення більшої кількості вогнетривкого наповнювача. Досліджено покривну здатність керамічних суспензій на трьох типах моделей – воскових, пінополістиролових і пластикових. Суспензії з Remasol Premium Plus показали задовільну покривну здатність усіх типів моделей завдяки наявності спеціальних добавок в їх складі, тоді як суспензії з кремнезольом нерівномірно покривали воскові моделі. Виготовлено зразки з чотирьох видів кераміки з різними зв'язувальними компонентами. Визначено міцність кераміки на вигин у сирому й прожареному станах. Міцність керамік на

згин із водними зв'язувальними компонентами виявилася в більшості випадків вищою, ніж керамік із ЕТС. Загалом зв'язувальний компонент Remasol Premium Plus можна рекомендувати для впровадження в цехах точного лиття, враховуючи його хороші технологічні властивості.

Ключові слова: керамічна форма, зв'язувальний компонент, електрокорунд, кварц, дистен-силіманіт, міцність на вигин.

Вступ

У технології лиття за моделями, що витоплюються (ЛВМ), одним із найскладніших етапів є процес виготовлення керамічних ливарних форм, які значно впливають на формування властивостей, геометрії та якості виливків. Кераміка оболонкових форм зазвичай складається з вогнетривкого наповнювача та зв'язувального компонента (ЗК), основна роль якого полягає в забезпеченні достатньої міцності керамічної форми в сирому та спеченому стані.

Більшість українських підприємств як зв'язувальні компоненти для виготовлення керамічних форм використовують етилсилікат марки 40, тоді як за кордоном популярним є колоїдний кремнезем на водній основі [1]. Етилсилікат (ЕТС) у вихідному стані не має зв'язувальних властивостей. Для приготування зв'язувального розчину ЕТС піддається гідролізу та розводиться спиртом до необхідної концентрації SiO_2 . Одним із недоліків використання ЕТС є потреба в аміачному середовищі, яке застосовують для прискореного сушіння кераміки.

При виробництві керамічних оболонкових форм на основі ЕТС випаровування спирту з резервуарів із суспензією та оболонок, що висихають, змушує встановлювати обладнання для уловлювання й зниження кількості шкідливих викидів. Також необхідно дотримуватися запобіжних заходів при транспортуванні та зберіганні суспензій на спиртовій основі, впровадити систему постійного контролю температури й вологості в сушильних відділеннях, оскільки суспензія схильна перетворюватися на гель. У разі перетворення суспензії на гель вона підлягає утилізації на рівні з іншими відходами виробництва. Методи виробництва оболонкових форм із ЗК на водній основі позбавлені цих екологічних і транспортних недоліків.

Зв'язувальний компонент колоїдний кремнезем (Colloidal Silica) є водною колоїдною дисперсією частинок кремнезему, що мають високу питому поверхню. Цей ЗК має певні недоліки, наприклад, він погано змочує воскову поверхню, унаслідок чого керамічна суспензія нерівномірно покриває воскову модель. Для підвищення змочуваності ЗК на основі колоїдного кремнезему до їх складу вводять поверхнево-активні речовини, а також протипінні добавки. Через водну основу керамічні форми на колоїдному кремнеземі повільніше сохнуть. Скоротити час висихання між подальшим нанесенням шару та остаточним часом висихання, тобто збільшити швидкість гелеутворення, можна фізично — підбором температури, вологості та швидкості руху повітря, або хімічно — зміною рН ЗК.

Колоїдний кремнезем на водній основі, крім «екологічності», має й інші переваги. Однією з найважливіших його особливостей є тривалий термін служби суспензій на його основі та відсутність переходу в гелеву фазу (на відміну від ЕТС). У роботі [2] відзначається, що керамічні форми, виготовлені з використанням колоїдного кремнезему, мають вищу розмірну точність, ніж форми на етилсилікаті; також вони демонструють чудові вогнетривкі властивості, високу термостійкість, гарну стійкість до термічного удару та невелику усадку.

Сучасні комерційні водні зв'язувальні компоненти, наприклад Remasol, LUDOX та ін., позбавлені вищезгаданих технологічних недоліків, мають тривалість сушіння шарів форми на рівні з ЕТС, забезпечують високу міцність керамічних оболонок у сирому стані та після прожарювання.

Керамічні форми, виготовлені з використанням водних зв'язувальних компонентів, забезпечують хорошу газопроникність. Результати досліджень [3] показують, що кераміка, виготовлена з водного зв'язувального компонента Remasol, демонструє

вищу газопроникність у діапазоні температур від 25 °С до 950 °С порівняно з керамікою, виготовленою зі спиртово-водної системи зв'язувальних компонентів. Це пояснюється більш високим відсотком відкритої пористості в керамічних зразках, виготовлених із застосуванням Remasol.

Однак, незважаючи на очевидні переваги ЗК на водній основі, більшість українських цехів лиття за моделями, що витоплюються, з пересторогою ставляться до їх впровадження у виробництво і продовжують використовувати ЕТС. Тому метою цієї роботи було визначення властивостей керамік і суспензій, приготовлених із водних ЗК, та порівняння їх властивостей з етилсилікатними кераміками та суспензіями.

Матеріали й методи досліджень. Для досліджень обрали такі вогнетривкі наповнювачі: електрокорунд, пілоподібний кварц і дистен-силіманіт — матеріали, які найширше застосовуються при литті суперсплавів, вуглецевих і легованих сталей, відповідно. Для обсіпання моделей із суспензіями на основі кварцу використовували кварцовий пісок, а на основі електрокорунду — зернистий електрокорунд. Для обсіпання моделей із суспензіями на основі дистен-силіманіту використовували корунд нормальний і шамот через відсутність дистен-силіманітового піску з фракцією більше 0,16 мм. При обсіпанні першого шару застосовували фракції зернистих вогнетривів 0,16–0,2 мм, для другого — 0,2–0,315 мм, для 3–5-го шарів — 0,31–0,63 мм. Залишки вогнетривкового матеріалу з поверхні блоку видаляли поворотом блоку зі сторони в сторону. Як ЗК використовували гідролізований ЕТС і комерційні матеріали Remasol Premium Plus та Silica Sol JN-30. Виготовлення керамічних зразків проводили за планом, представленим у табл. 1.

Таблиця 1

Загальний склад керамік

Кераміка	Зв'язувальний компонент	Наповнювач суспензії	Обсіпка
A1	ETC	Електрокорунд білий, F400	Електрокорунд білий
A2	Remasol Premium Plus		
A3	Silica Sol JN-30		
B1	ETC	Пілоподібний кварц, ПКМ-050-80	Кварцовий пісок
B2	Remasol Premium Plus		
B3	Silica Sol JN-30		
C1	ETC	Порошкоподібний дистен-силіманіт, КДСП	Електрокорунд чорний (нормальний)
C2	Remasol Premium Plus		
C3	Silica Sol JN-30		
D1	ETC		Вогнетривкий шамот
D2	Remasol Premium Plus		
D3	Silica Sol JN-30		

Для приготування суспензій ЕТС-40 піддавали гідролізу. Розраховували необхідну кількість води та розчинника (спирту) за формулами, запропонованими Озеровим [4]. Модуль становив 0,65, що відповідало типу орг-2, вміст SiO_2 в розчині — 18 %. Сушіння проводили у вологому повітрі (при відносній вологості 75 %): 1-й шар протягом 6 год, 2–5-й — 3 год, після 6-го — 24 год.

Комерційний зв'язувальний компонент Remasol Premium Plus (виробник REMET, Великобританія) — це водна колоїдна дисперсія частинок кремнезему [5]. Частинки кремнезему в Remasol аморфні, мають високу питому поверхню (понад 300 м²/г) і є негативно зарядженими частинками, стабілізованими гідроксидом натрію. Містить добавки для покращення технологічних властивостей — агент змочування та антиспінувач. Інші характеристики Remasol Premium Plus

Проблеми технології форми

представлені в табл. 2. Приготування суспензії із ЗК Remasol та виготовлення кераміки виконували згідно з рекомендаціями виробника [6].

Таблиця 2

Склад і властивості ЗК на водній основі

Характеристика	Remasol Premium Plus	Silica Sol JN-30
SiO ₂ , %	28,0	30,5
Na ₂ O, %	–	0,22
pH	10,1	9,5
Густина, г/см ³ (при 25 °С)	1,166	1,196
Розмір частинок, нм	8–10	10–16

Іншим ЗК на водній основі, який використовували в дослідях, був Silica Sol (кремнезоль) марки JN-30 (виробник JIYIDA, Китай), характеристики якого представлені в табл. 2. Кераміки із ЗК Remasol та кремнезоль сушили в сухому повітрі (при відносній вологості повітря 50 %): 1-й шар при 20 °С без руху повітря протягом 4–5 год, опорні шари при 25 °С, рух повітря 1 м/с — 2–3 год на шар.

Методика визначення міцності. Для визначення міцності кераміки на вигин виготовляли плоскі зразки розміром 40х20х3 мм. Для цього використовували разові моделі із заглибленнями (рис. 1), які дозволяли отримувати 4 зразки. При виготовленні зразків застосовували воскові, пінополістиролові та пластикові разові моделі, поверхню яких попередньо знежирювали спиртом. На разову модель по черзі наносили шар вогнетривкої суспензії, обсипали зернистим вогнетривком і сушили. Після нанесення кожного шару зовнішню площину моделей очищали від обмазки. На моделі наносили по 5 шарів кераміки та закріплюючий шар, який виконувався без обсипання зернистим вогнетривком. Після висихання кераміки проводили видалення модельних матеріалів: віск витоплювали в ємності з гарячою водою, а пінополістирол і пластик випалювали в лабораторному сушилі. Для випробувань відбирались зразки, що не мали тріщин, вм'ятин, сколів. Частину одержаних зразків піддавали прожарюванню в муфельній печі при температурі 1050 °С.

Міцність кераміки визначали при випробуванні на статичний вигин за триточковою схемою при температурі 20 °С. Межу міцності при статичному вигині розраховували за формулою (МПа):

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

де P — навантаження, при якому зруйнувався зразок, H ; l — відстань між опорами, м; b і h — ширина та товщина зразка в місці його руйнування при випробуванні, м.



Рис. 1. Модель для виготовлення плоских зразків кераміки

Результати та їх обговорення

Для вимірювання умовної в'язкості суспензій використовували віскозиметр ВЗ-4. Результати вимірювань в'язкості різних суспензій представлені в табл. 3.

Таблиця 3

В'язкість суспензій

Кераміка	В'язкість суспензії по ВЗ-4, с		
	для 1 шару	для 2 шару	для 3–5 шарів
A1	35	24	18
A2	45	34	27
A3	38	30	25
B1	46	42	35
B2	53	50	42
B3	48	45	36
C1, D1	50	41	30
C2, D2	55	50	41
C3, D3	52	44	34

В'язкість суспензій підбиралася такою, щоб забезпечити рівномірне покриття нею моделі без утворення товстого шару чи надто тонкого шару. Як видно із отриманих результатів, в'язкість суспензій із Remasol Premium Plus є більшою на 5–10 с, порівняно з аналогічними суспензіями з ЕТС. Відмінність у в'язкості суспензій із різними зв'язувальними компонентами зумовлена тим, що сам зв'язувальний компонент Remasol Premium Plus має нижчу в'язкість, ніж гідролізований ЕТС. При цьому для приготування первинної суспензії з Remasol вводили 65 % (мас.) порошкоподібного наповнювача (пиловидного кварцу), а для приготування суспензії з ЕТС кількість наповнювача становила 55 % (мас.). Суспензії з водними зв'язувальними компонентами, хоч і мають вищу умовну в'язкість, проте введення більшої кількості наповнювача забезпечує оптимальне співвідношення змочування поверхні моделі з найкоротшим часом стікання надлишків суспензії з поверхні моделі.

Покривну здатність суспензій оцінювали візуально для трьох типів модельних матеріалів. Суспензії з ЕТС демонстрували найкращу покривну здатність для всіх видів моделей. Суспензії з Remasol Premium Plus показали задовільну покривну здатність, хоча вона й була дещо гіршою, ніж в етилсилікатних суспензій. Суспензії з кремнезолем виявили найгіршу покривну здатність. Причому ці суспензії найгірше покривали воскові моделі, у деяких випадках навіть не забезпечуючи повного їх покриття, що призводило до формування на зразках видимих меж сполучення 1-го і 2-го шарів (рис. 2). Очевидно, що кремнезоль проявляє гіршу змочуваність через те, що не містить поверхнево-активних речовин.

Показники міцності на вигин досліджуваних керамік у сирому стані та після прожарювання наведені на рис. 3.

Кераміки на основі електрокорунду А2 і А3 (із водними ЗК) продемонстрували високі показники міцності в сирому стані — 3,8–6,1 МПа та 5,3–7,5 МПа, відповідно, що в 2,5–3,5 рази вище, ніж у кераміки А1 (з ЕТС). Після прожарювання міцність кераміки А2 і А3 зросла в понад 2 рази і становила 10,1–12,0 МПа і 13,2–19,3 МПа відповідно. Міцність кераміки А1 зросла, проте залишилися на невисокому рівні 2,4–3,7 МПа.

Кераміки на основі кварцу характеризувалися невисокою міцністю в сирому стані: В1 на рівні 1,7–2,9 МПа, В2 — 2,3–3,6 МПа, В3 — 1,9–3,8 МПа. Тобто міцність керамік із водними ЗК у середньому на 20 % вища, ніж кераміки з ЕТС. Після

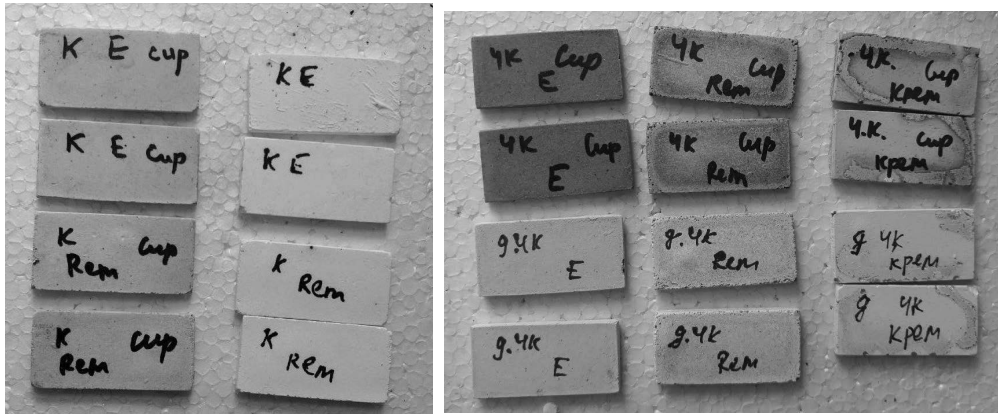


Рис. 2. Керамічні зразки, одержані за восковими моделями

прожарювання міцність керамік на основі кварцу зменшилася. Зразки В1 мали міцність 0,6–1,2 МПа, В2 — 1,4–2,5 МПа, В3 — 1,8–2,5 МПа. Зменшення міцності кераміки на основі кварцу з усіма видами ЗК після прожарювання можна пояснити поліморфними перетвореннями кварцу, які відбуваються при температурах 573 °С і 870 °С та призводять до зміни об'єму. Зміни в об'ємі можуть викликати формування мікротріщин у зразках, що, відповідно, призводить до падіння міцності кераміки на основі кварцу.

Міцність керамік із дистен-силманітовим наповнювачем відрізнялася як у залежності від ЗК, так і від зернистої обсіпки. Загалом кераміки, у яких використовувався нормальний електрокорунд, мали вищу міцність, ніж кераміки із шамотом. Так, для керамік С2 і С3 міцність у сирому стані становила 3,8–7,1 МПа і 5,1–8,1 МПа відповідно, що приблизно в 2 рази вище, ніж у кераміки з ЕТС. Після прожарювання міцність керамік С2 і С3 зросла до 6,4–11,1 МПа і 6,6–10,0 МПа відповідно, а кераміки С1 знизилася до 1,4–2,8 МПа. Кераміки D1, D2 і D3 мали міцність у сирому стані на рівні 3,1–3,1 МПа, 2,3–2,5 МПа і 2,2–3,1 МПа відповідно. Після прожарювання міцність керамік D1 і D3 дещо зменшилася, а кераміки D2 зросла до 3,3–4,7 МПа.

Загалом кераміки з ЕТС показали невисоку міцність, оскільки використовувався розчин типу орг-2, а не орг-1, який забезпечує вищу міцність [7], проте потребує аміачного середовища для сушіння. Кераміка з кремнезоєм у більшості випадків показує вищу міцність, ніж кераміка з Remasol, хоч обидва ЗК складаються з

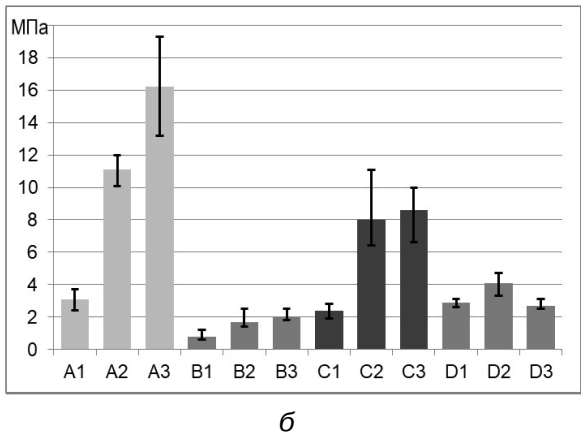
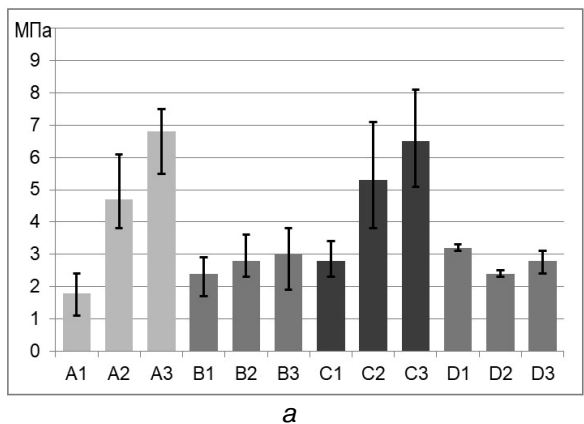


Рис. 3. Міцність керамік на вигин у сирому стані (а) та після прожарювання (б)

колоїдного кремнезему. Це пояснюється вищим вмістом кремнезему в кремнезолі та більшою його масовою часткою в суспензії. Кераміки з Remasol у більшості випадків мають вищу міцність як у сирому, так і прожареному стані, ніж кераміки з ЕТС.

Отже, для впровадження у виробництво можна рекомендувати ЗК Remasol Premium Plus, враховуючи показники міцності керамік та хорошу покривну здатність суспензій, приготовлених із його використанням. Крім того, ЗК на водній основі показали такі переваги: легке приготування суспензії, при сушінні оболонки набагато менш чутливі до умов сушіння, тривалий термін придатності готової суспензії, відсутність проблем пожежної безпеки та безпечність для працівників.

Висновки

У роботі вивчено суспензії з наповнювачами електрокорундом, кварцом, дистен-силіманітом і ЗК ЕТС, Remasol Premium Plus і кремнезолом. Визначено, що водні ЗК мають низьку в'язкість, а тому для рівномірного покриття ними моделей потребують введення більшої кількості вогнетривкого наповнювача. Суспензії з Remasol Premium Plus на водній основі показали задовільну покривну здатність моделей завдяки наявності спеціальних добавок у їх складі, на відміну від суспензій із кремнезолом, які погано покривали воскові моделі.

Міцність керамік на згин із водними ЗК виявилася в більшості випадків вищою, ніж керамік з ЕТС. Для керамік на основі електрокорунду й водних ЗК міцність у сирому стані більше в 2,5–3,5 рази, а в прожареному в 3,5–5,0 разів, ніж керамік з ЕТС.

Проведений аналіз показує, що водні зв'язувальні компоненти мають низку переваг і загалом можуть бути рекомендовані для впровадження на українських ливарних підприємствах замість етилсилікату.

Список літератури

- 1 Kanyo J. E., Schafföner S., Uwanyuze R. S., & Leary K. S. An overview of ceramic molds for investment casting of nickel superalloys. *Journal of the European Ceramic Society*. 2020. 40(15), 4955-4973. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.07.013>
- 2 Yan Q. S., Xiong X., Lu G., Wan H., Liu C. C., Wang F., & Zou X. Comparison of dimensional accuracy for different investment casting shells and binders based on selective laser sintering. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. 120, 243-247.
- 3 Wisniewski P, Sitek R, Towarek A, Choinska E, Moszczynska D, Mizera J. Molding Binder Influence on the Porosity and Gas Permeability of Ceramic Casting Molds. *Materials*. 2020. 13(12), 2735. <https://doi.org/10.3390/ma13122735>.
- 4 Шкленник Я.И., Озеров В.А. Литье по выплавляемым моделям. Москва: Машиностроение, 1984. 408 с.
- 5 Colloidal Silica. Investment Casting Binders. URL: <https://www.remet.com/en/remetproduct-category/shell-room/colloidal-silica/>
- 6 Зв'язуючі матеріали Remasol. URL: <http://www.venturanik.dp.ua/remasol.html>
- 7 Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. Днепропетровск: Лира ЛТД, 2006.

Надійшла 11.08.2024

References

- 1 Kanyo J. E., Schafföner S., Uwanyuze R. S., & Leary K. S. (2020). An overview of ceramic molds for investment casting of nickel superalloys. *Journal of the European Ceramic Society*. 40(15), 4955-4973. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.07.013>
- 2 Yan Q.S., Xiong X., Lu G., Wan H., Liu C.C., Wang F., & Zou X. (2012). Comparison of dimensional accuracy for different investment casting shells and binders based on selective laser sintering. *Applied Mechanics and Materials*. 120, 243-247.

- 3 Wisniewski P, Sitek R, Towarek A, Choinska E, Moszczynska D, Mizera J. (2020). Molding Binder Influence on the Porosity and Gas Permeability of Ceramic Casting Molds. *Materials*. 13(12), 2735. <https://doi.org/10.3390/ma13122735>
- 4 Shklennik Ya.I., Ozerov V A. (1984). Investment casting. Moscow: Mashinostroenie. 408 p. [in Russian].
- 5 Colloidal Silica. Investment Casting Binders. URL: <https://www.remet.com/en/remetproduct-category/shell-room/colloidal-silica/>
- 6 Binders Remasol. URL: <http://www.venturanik.dp.ua/rema>
- 7 Repyakh, S. I. (2006). Technological foundations of casting on molten models. Dnipropetrovsk: Lyra LTD [in Russian].

Received 11.08.2024

P.B. Kaliuzhnyi*, PhD (Engin.), Deputy Director, e-mail: kpb.ptima@gmail.com;
ORCID 0000-0002-1111-4826

K.H. Kvasnytska*, Post Graduate Student; e-mail: katonish@gmail.com;
ORCID 0000-0001-8712-9285

O.V. Neima*, Junior Researcher, e-mail: neima_alex@ukr.net;
ORCID 0000-0001-5438-7253

O.V. Mykhnian*, PhD (Engin.), Senior Researcher, PhD (Engin.);
e-mail: mixnyan@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0003-3210-4173>

R.V. Liutyi**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor
of the Department of Foundry Production; e-mail: rvi2005@ukr.net;
ORCID 0000-0001-6655-6499

* Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

** National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine)

STUDY OF THE PROPERTIES OF CERAMIC MOLDS AND SLURRIES WITH WATER-BASED BINDERS

Investment casting is a complex technological process that includes the manufacture of molds to obtain products with high precision and quality. An important part of this process is the selection of suitable materials for the manufacture of molds and their parameters, which include both binders and refractory fillers. At Ukrainian foundries ethylsilicate is used as a binder in the manufacture of ceramic molds, which has certain disadvantages. Considering the ecological aspects abroad, water-based colloidal silica is used as a binder. This article is devoted to determining the properties of ceramics and slurries prepared from aqueous binders and comparing their properties with ethyl silicate ceramics and slurries. The work studied slurries with fillers of electrocorundum, silica, disten-sillimanite and binders ethyl silicate, Remasol Premium Plus and silica sol. It was determined that in order to achieve the required viscosity of slurries with aqueous binders, a larger amount of refractory filler needs to be introduced. The covering capacity of ceramic slurries on three types of patterns - wax, polystyrene foam and plastic was studied. Slurries with Remasol Premium Plus showed satisfactory coverage of all types of patterns due to the presence of special additives in their composition, while slurries with silica sol unevenly covered wax patterns. Samples were made from four types of ceramics with different binders. The flexural strength of ceramics in the raw and fired state was determined. The flexural strength of ceramics with aqueous binders was in most cases higher than ceramics with ethyl silicate. In general, the Remasol Premium Plus binder can be recommended for use in precision casting shops, given its good technological properties.

Keywords: ceramic mold, binder, electrocorundum, silica, disten-sillimanite, flexural strength.