

лише змінює підхід до виробництва, але й сприяє формуванню інноваційних рішень, що відповідають потребам майбутнього.

Список літератури

1. Artificial Intelligence makes castings more natural. *Foundry Management & Technology*. 2025. Apr. P. 25.
2. Дорошенко В.С. Автоматизация изостатического прессования затвердевающей отливки при литье по газифицируемым моделям. *Процессы литья*. 2016. № 1. С. 33 - 37.
3. Дорошенко В.С., Кравченко В.П., Концепция диаграммы Вороного для моделирования заполнения форм тонкостенных отливок. *Литье. Металлургия*. 2016. Материалы XII Международной научно-практич. конференции. (24-26.05.2016, г. Запорожье). Ред. Пономаренко О.И. Запорожье. ЗТПП. 2016. С. 64-68.
4. Jaksic Z., Obradov M., Jaksic O. Brochosome-Inspired Metal-Containing Particles as Biomimetic Building Blocks for Nanoplasmonics: Conceptual Generalizations. *Biomimetics*. 2021, 6, 69. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6040069>.
5. Wong K. Fatigue Life of Printed Parts. 2025. April 8. URL: <https://www.digitalengineering247.com/article/fatigue-life-of-printed-parts>
6. Bashheba Sculpture. Metal Archives. Gallery. Voronoi networks. URL: <https://www.bathsheba.com/gallery/archive/vorocube/>.
7. Almonti D., Baiocco G., Mingione E. et al. Evaluation of the effects of the metal foams geometrical features on thermal and fluid-dynamical behavior in forced convection. *Int J Adv Manuf Technol* 111, 1157–1172 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06092-1>.

УДК 621.747:625.155

В. С. Дорошенко, С. І. Клименко

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

doro55v@gmail.com

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛИТИХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ВАГОНБУДУВАННЯ

Найбільшу частку вітчизняного вантажообігу забезпечує залізничний транспорт, далі трубопровідний, автомобільний і авіаційний (рис. 1) [1]. Залізничний транспорт за

показником вантажообігу зі значним відривом від всіх інших є ключовими для інфраструктури та економіки країни, належить до найбільш металоємних і потребує значних інвестицій у відновлення та модернізацію, для чого необхідна розробка та впровадження сучасних технологій одержання багатофункціональних металовиробів, здатних експлуатуватись в умовах дії корозії, абразивного зносу, високого тиску та змінних навантажень. Важливою складовою цього є застосування високоміцних залізобуглецевих сплавів у поєднанні з новими ливарними процесами для підвищення довговічності та надійності металопродукції.

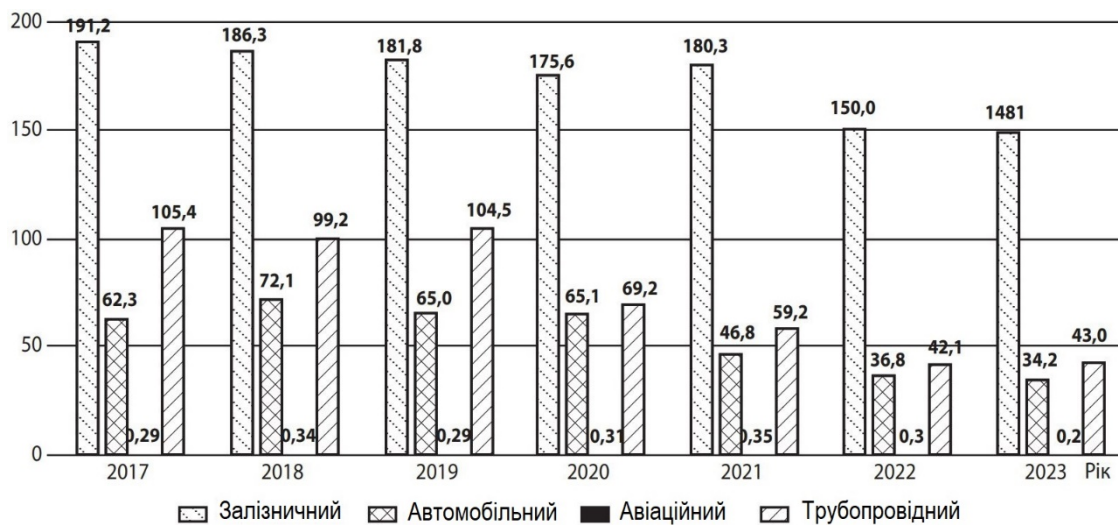


Рис. 1 - Вантажообіг чотирьох видів транспорту, млрд т-км

Однією з найбільш затребуваною позицією для вагобудування є група виливків транспортних візків рухомого складу. Основою для виробництва або капремонту вагона є вагонокомплект, до складу якого входять чотири бокові рами, дві надресорні балки, два автозчеплення, два поглинаючі апарати і два тягові хомути [2]. Середня маса одного вагонокомплекту становить близько 5 т. Основним виробником великого вагонного лиття в Україні є «Кременчуцький сталеливарний завод» (м. Кременчук), який застосовує автоматичні формувальні лінії компанії «Kunkel- Wagner».

В роботі [2] описано тенденцію використання нових прогресивних методів лиття для отримання виливків для вагонів. Лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ) для отримання крупного вагонного лиття має ряд переваг серед процесів з такими видами піщаного формування, як ПГФ (піщано-глинясті форми), ХТС (холоднотвердні суміші), ВПФ (вакуумно-плівкова формовка). На рис. 2 і 3 зображено показники 4-х технологій [2], враховуючи, що в перших трьох для виливків типу рама/балка застосовують

стрижні з ХТС, а при ЛГМ зв'язувальні компоненти застосовують лише як добавку в протипригарну фарбу.

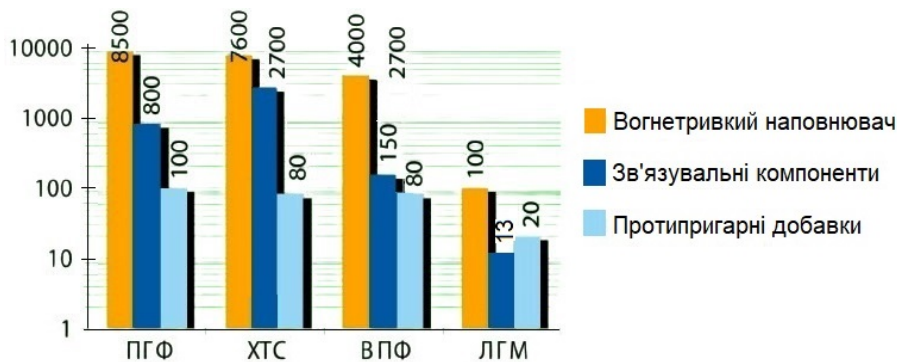


Рис. 2 - Витрати формувальних матеріалів на 1 т придатного лиття (в ум. од.): ПГФ - в піщано-глинясту форму; ХТС – по холодно-твердних сумішах; ВПФ - вакуум-плівкова формовка та ЛГМ.

Відзначимо такі переваги ЛГМ перед ВПФ-процесом, який застосовують на окремих вагонобудівних заводах РФ [2]:

- вартість виготовлення прес-форм для виробництва моделей з пінополістиролу (ППС) машинним способом порівнянна із вартістю виготовлення кокільної, стрижневої оснастки і модельної оснастки для формування, але стійкість прес-форм при ЛГМ на порядок вище, оскільки ППС не має на неї абразивного впливу, а також маса виливків при ЛГМ на 5-10 % менше;

- якість поверхні виливків наближена до рівня ЛВМ;

- гнучкість до зміни номенклатури та серійності виробництва;

- стабільність розмірів моделі;

- відсутність роз'єму форми;

- відсутність зв'язувальних у формувальній суміші та багаторазове її використання;

- трудомісткість формування при ЛГМ нижча, оскільки немає операцій складання півформ, проставлення стрижнів;

- трудомісткість фінішних операцій при ЛГМ скорочується на 10-20 % при одиничному та на 40-60 % при серійному виробництві виливків.

Виробничі площі при серійному виготовленні виливків ЛГМ скорочуються в 2-4 рази за рахунок виключення стрижневої та дільниць підготовки оборотних формувальних сумішей; удвічі зменшується площа термообрубного відділення, на 20-30 % – фор-

мувального відділення, відповідно скорочуються складські площі початкових формувальних матеріалів; у 2 рази – витрата електроенергії. Капітальні витрати при будівництві цеху ЛГМ скорочуються у 1,5-2,5 рази.

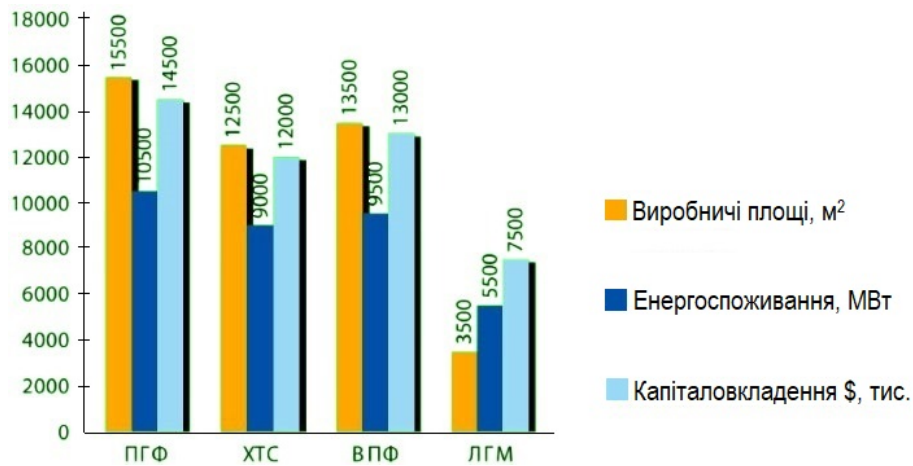


Рис. 3 - Економічні показники ливарного цеху продуктивністю 5 тис. т придатних виливків на рік (позначки, як на рис. 2)

При остаточному розрахунку економічної ефективності застосування ЛГМ замість традиційних способів лиття слід враховувати скорочення витрат на придбання та експлуатацію обладнання, зменшення витрат енергоносіїв, технологічних відходів виробництва, зниження витрат на вентиляцію, опалення та охорону навколишнього середовища [2]. Таким чином, лиття за моделями, що газифікуються, на сьогоднішній день є одним з найбільш перспективних економічно вигідних процесів виготовлення виливків транспортного візка вантажних вагонів замість відомих класичних технологій.

Список літератури

1. Пілецька С.Т., Лункіна І. Ю., Волков О. І. Сучасний стан і перспективи розвитку транспортного комплексу в Україні. *Проблеми економіки*. 2024. № 4. С. 81–88. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-4-81-88>.
2. Болюх В. А., Шинский И. О. Технологические особенности получения отливок транспортной тележки грузовых вагонов. *Металл и литье Украины*. 2010. № 3. С. 29-32.

УДК 621.643:621.643:621.74.045

В. С. Дорошенко, С. І. Клименко, Ю. А. Федюк

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

doro55v@gmail.com