УДК 621.74/338.4

В. А. Гнатуш, канд. техн. наук, незалежний аналітик;
e-mail: vgnatush@gmail.com

В. С. Дорошенко, д-р техн. наук, старш. наук. співроб;
e-mail: doro55v@gmail.com

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

СВІТОВИЙ РИНОК МЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ 2018–2020: ВИРОБНИЦТВО, КРАЇНИ, ТЕХНОЛОГІЇ

Представлено аналіз світового ринку металевих виливків у 2018–2020 рр., а також прогноз виробництва на короткотермінову перспективу. Форс-мажорна ситуація внаслідок пандемії COVID–19 негативно вплинула на світове ливарне виробництво через зменшення попиту на виливки у кінцевих виробників. Проте в найближчій перспективі виробники висловлюють позитивне очікування. Розглянуто стан ливарної промисловості в країнах-лідерах світового ливарного рейтингу. Глобальним лідером світового ринку виливків є Китай з часткою 44,4 % в 2019 р., друге місце займає Індія (10,5 %), а третє – США (10,3 %). Разом ці три країни виробили за 2019 р. 65,2 % металевих виливків в світі. Всі топ-10 країн в 2019 р. отримали 95,8 млн т литва або 87,3 % загальносвітового виробництва. При цьому порівняно з 2018 р. обсяг їх виробництва виливків скоротився на 2,9 %. Виходячи з аналізу ситуації, розрахунку, світове виробництво виливків в 2020 р. може становити близько 90...94 млн т. Ринок вимагає від постачальників і, відповідно, від виробників інноваційної гнучкості та швидкості. Успішними будуть тільки такі ливарні компанії, які вироблятимуть виливки за інноваційними технологіями з високою доданою вартістю. Одночасно таким компаніям слід інвестувати в кваліфікованих фахівців, які здатні просувати компанію в перспективному напрямку. До пріоритетних напрямків діяльності ливарних підприємств та науковців, які не мають оптимального вирішення, слід віднести: екологія ливарного виробництва; виробництво більш складних і менш металоемних виливків; поверхневе зміцнення виливків; виготовлення композитних виливків. Експерти вважають, що в найближчі роки виробники виливків будуть впроваджувати промисловий інтернет речей (Internet of Things, IoT). Це обумовлено потребою підвищити ефективність виробництва шляхом комплексного контролю та управління технологічними процесами, простоями обладнання та ресурсами.

Ключові слова: ринок, виливки, тенденції, виробництво, сплави, технології, країни.

Світова ливарна промисловість є важливим компонентом світового господарства і рівень її інноваційності слугує індикатором розвитку промислового, та, зокрема, машинобудівного комплексів. Її функціонування тісно пов'язане з багатьма галузями: від авіакосмічної до трубопровідного транспорту та домашнього посуду. Тому актуальним є аналіз розвитку світового ринку металевих виливків, виявлення його трендів в розрізі сплавів, технологій та менеджменту.

Проблематика ринку металевих виливків як світу, так і окремих країн, знайшла своє відображення в роботах М. Muralidhar і G. L. Datta М. (Індія); М. Holtzer, R. Danko, S. Zymankowska-Kumon (Польща); М. S. Sołński, P. Kordas, K. Skurka (Польща); Dr. Heinz-Jürgen Büchner (Німеччина); Е. Ч. Гіні, Е. М. Буданова (РФ); О. Й. Шинського, В. А. Гнатуша, В. С. Дорошенка (Україна) та інших.

Метою статті є проведення аналізу статистичних даних, технічних та економічних оглядів стосовно виробництва металевих литва за 2019–2020 рр. в розрізі країн, технологій та сплавів, а також виявлення виробничих, споживчих та інноваційних трендів і прогнозування в короткотерміновій перспективі.

Світовий ринок виливків з металевих сплавів в 2019 р. аналітики компанії Reports and Data (США) оцінюють в 130,9 млрд. USD. Прогнозується, що до 2027 р. обсяг ринку збільшиться до 193,5 млрд USD з середнім темпом в 5,4 %. В розрізі металевих сплавів очікується збільшення попиту на автомобільні компоненти з алюмінієвих сплавів, а також на вироби з чавуну, а саме труби, посуд і автомобільні деталі. На темпи розвитку ливарної промисловості будуть впливати такі фактори, як вартість нового технологічного обладнання та екологічне регулювання. Щодо останнього, то Агентство з охорони навколишнього середовища США (Environmental Protection Agency, EPA) та Європейське агентство з охорони навколишнього середовища (European Environment Agency), найімовірніше, будуть регулювати нормативи щодо шкідливих викидів в атмосферу від ливарних процесів. Форс-мажорна ситуація внаслідок пандемії COVID–19 негативно вплинула на світове ливарне виробництво внаслідок зменшення попиту на виливки у кінцевих виробників. Проте в найближчій перспективі виробники висловлюють позитивне очікування.

А тим часом Міністерство енергетики США створило Advanced Manufacturing Office (AMO), організацію, що в форматі державно-приватного партнерства сприятиме розробці та комерціалізації розробок і тим самим задовольнить зростаючий попит на виливки в США. Розуміючи потребу в створенні нових металевих сплавів, компанія Hitachi Metals, Ltd (Японія) в 2016 р., як партнер, приєдналась до IBM Science Frontiers Institute. Сім компаній – засновників інституту планують використати такі технології, як нейроморфні технології (neuromorphic technologies) та інформатика матеріалів (Materials Informatics) для розробки нових перспективних матеріалів. Експерти також вважають, що в найближчі роки виробники виливків будуть впроваджувати промисловий інтернет речей (Internet of Things, IoT). Це обумовлено потребою підвищити ефективність виробництва шляхом комплексного контролю та управління технологічними процесами, простоями обладнання та ресурсами [1].

В січні 2021 р. журнал «Modern Casting» опублікував Перепис світового ливарного виробництва за 2019 р. Слід відзначити, що дані до Перепису надають галузеві асоціації країн, а також Всесвітня ливарна організація (World Foundry Organization) та Європейська ливарна асоціація (CAEF). Враховуючи, що як в 2018 р., так і в 2019 р. вісім (серед них і Україна) з 38 країн представили дані за попередні роки, тому до опублікованої статистики слід ставитись з обережністю.

Підсумково у 2019 р. виробництво металевих виливків в світі становило 109,8 млн т, що на 2,6 % менше ніж у 2018 р. При цьому 18 країн світу (або 47,4 %) в 2019 р. зменшили виробництво виливків порівняно з 2018 р. В той же час у світовому рейтингу топ-10 (2019) виробників виливків суттєвих змін не відбулось (табл. 1).

Глобальним лідером світового ринку литва залишається Китай з часткою 44,4 %. Друге місце займає Індія (10,5 %), а третє – США (10,3 %). Разом ці три країни виробили звітного року 65,2 % металевих виливків в світі. Всі топ-10 країн в 2019 р. випустили 95,8 млн т литва або 87,3% загальносвітового виробництва. При цьому порівнюючи з 2018 р., обсяг їх виробництва скоротився на 2,9 %. Слід відзначити, що серед десяти країн, лідерів ливарної промисловості, шість країн зменшило виробництво у 2019 р. проти попереднього року. Найбільший спад виробництва зафіксовано в Індії (14,2 %), а найменший – у Китаї (1,2 %). В той же час до найбільш динамічних країн у 2019 р. слід віднести США (+5,1 %) та Туреччину (+2,6 %).

Співставлення зміни виробництва виливків в світі та зміни реального світового ВВП (% до попереднього року) в 2017-2019 рр. свідчить про їх значну взаємозалежність. Світовий Банк [4] оцінює зменшення реального світового ВВП в 2020 р. на 4,3 % проти показника 2019 р. внаслідок «гальмування» світової економіки в результаті пандемії COVID-19. Виходячи з цього, розрахунково, світове виробництво виливків в 2020 р. може становити близько 90...94 млн т.

Таблиця 1

Рейтинги світових виробників виливків у 2018 і 2019 рр. [2, 3]

Топ – 10	2018			2019			Зміна 2019 до 2018, %
	Країна	Виробництво, млн. т	Частка, %	Країна	Виробництво, млн. т	Частка, %	
1	Китай	49,350	43,77	Китай	48,750	44,41	- 1,22
2	Індія	13,389	11,88	Індія	11,492	10,47	- 14,17
3	США	10,756	9,54	США	11,305	10,30	5,10
4	Японія	5,575	4,95	Японія	5,276	4,81	- 5,38
5	Німеччина	5,433	4,82	Німеччина	4,951	4,51	- 8,87
6	Росія	4,200	3,73	Росія, 2017	4,200	3,83	0,00
7	Мексика 2017	2,909	2,58	Мексика 2017	2,856	2,60	-1,85
8	Корея Республіка	2,517	2,23	Корея Республіка	2,380	2,17	- 5,43
9	Бразилія	2,283	2,03	Туреччина	2,314	2,11	2,61
10	Італія	2,261	2,01	Бразилія	2,288	2,08	0,22
	Разом	98,674	87,53	Разом	95,812	87,28	- 2,90
	Решта 28 країн	14,064	12,47	Решта 28 країн	13,969	12,72	- 0,68
	Всього	112,738	100,00	Всього	109,781	100,00	- 2,62

В 2021–2022 рр. очікується відновлення світової економіки, що може сприяти збільшенню виробництва литва в світі до 106 млн т (2021 р.) та до 120 млн т (2022 р.). Реальність цих прогнозів залежить від успішності подолання пандемії та спроможності економік США, Китаю, Індії та Німеччини відновити нормальне функціонування.

Китай. Пандемія COVID–19, що спалахнула в китайському місті Ухань в грудні 2019 р. призвела до гальмування економіки країни. За січень–лютий 2020 р. прибуток в промисловості зменшився на 38,3 % у річному обчисленні. Проте вже з березня 2020 р., коли епідемію в Китаї все більше брали під контроль, спостерігалось відновлення виробництва. Виробничий PMI (Manufacturing Purchasing Manager Index) зріс до 52,0 %, а невиробничий PMI – до 52,3 %, тим самим перевищивши показники лютого 2020 р. відповідно на 16,3 % та 22,7 %. Наразі 2020 р. асоціюється з 2008 р. за негативним впливом на ливарну промисловість Китаю. Проте експерти вважають, що така ситуація тимчасова, а ринок має добрі перспективи в довгостроковому вимірі [5].

В галузевому вимірі найбільший вклад у виробництво виливків у 2019 р. внесли автомобілебудування (29,1 %), виробництво литих труб і фітингів (17,0 %), промисловість інженерних та сільськогосподарських машин (10,6 %) та обладнання для ГМК (9,4 %). Однак такі галузі, як автомобілебудування, суднобудування, виробництво інженерних і сільськогосподарських машин, та верстатобудування у 2019 р. порівняно з 2018 р. скоротили споживання виливків, відповідно, на 4,1; 5,4; 5,5 та 10,0 %.

Внаслідок зменшення виробництва автомобільних виливків в Китаї виплавка високоміцного чавуну складала 13,95 млн т (– 1,4 % проти 2018 р.) Аналогічна причина призвела до зменшення на 4,2 % використання алюмінієвих та магнієвих сплавів. Виробництво виливків зі сталі збільшилось на 2,6 % з 5,75 до 5,9 млн т за рахунок залізничного транспорту, ГМК та будівельно-інженерного обладнання. В 2019 р. в металоструктурі ливарної промисловості Китаю переважають виливки з сірого чавуну (41,8 %), високоміцного чавуну (28,6 %) та алюмінієво-магнієвих сплавів (14,1 %) [5].

Індія. Пандемія COVID–19 негативно вплинула на економіку Індії. Очікується, що впродовж 2020–2021 рр. економіка країни впаде на 8...9 % в річному вимірі. Основними галузями, що формують попит на металеві виливки в Індії є автомобілебудування, тракторобудування та оборонний сектор. В той же час перспективи розвитку автомобілебудування нечіткі. Тому в 2020 р. ливарні підприємства країни працювали з середньою завантаженістю 50 %, хоча деякі з них мали цей показник на рівні 60...70 % залежно від галузевого сегменту, який вони обслуговують. В той же час очікується, що в 2019–2020 ф. р. (фінансовому році) ливарна промисловість Індії «просяде» на 10...15 % порівняно з попереднім роком [5].

В той же час аналітики висловлюють надію, що автомобіле- та тракторобудування Індії відновляться в короткотерміновій перспективі. Очікують, що в наступні три-чотири роки попит на виливки з чорних металів та алюмінію може збільшитись на 35...40 % від поточних рівнів. В той же час індійські експортери виливків відмічають зростання попиту, незважаючи на пандемію COVID–19. Так, в 2019–2020 ф. р. обсяг експорту виливків становив 3102 млн USD проти 3066 млн USD у 2018–2019 ф. р., тобто збільшився на 1,2 %. Відзначаються основні виклики для індійської ливарної промисловості: збільшення витрат на сировинні матеріали; нестача кваліфікованої робочої сили; потреба в електроенергії за конкурентними цінами; нестача якісного формувального піску; небезпека протекціонізму та торговельних воєн; відсутність чіткої політики стосовно електромобілів [5].

США. Загальна вартість продажу металевих виливків у 2019 р. зросла до 44,3 млрд USD, що на 7,1 % більше порівняно з 2018 р., в якому було 9,2 % зростання. При цьому реалізація чавунного литва у 2019 р. збільшилась на 20% і досягла 11,8 млн USD, а продажі сталевих литва зменшилось на 18 % до 8,4 млн USD. Кількість ливарних підприємств в країні в 2019 р. зменшилась на 3,1 % до 1765 одиниць проти 2019 р. Незважаючи на дефіцит робочої сили, кількість працюючих в ливарнях США в 2019 р. сягнула 162816 осіб, що на 1,2 % перевищило показник 2018 р. Операційні витрати в галузі збільшуються разом з доходами. Причому основні витрати (51,5 %) припадають на сировину, а також на оплату праці (33,6 %). Загалом операційні витрати становлять 79,1 % від доходів галузі. Встановлена потужність ливарних підприємств США становить 14 млн т, а середня їх завантаженість у 2019 р. склала 68,1 %, проти 72,4 % у 2018 р. [5].

Американське ливарне товариство (American Foundry Society) провело в 2019 р. детальне економічне дослідження Economic Impact Analysis (EIA) стосовно впливу ливарної промисловості на економічні показники. Було вперше показано, що ливарні підприємства приносять дохід штатам і місцевим територіям. Дослідження показало, що ливарна промисловість США відповідає за випуск продукції на суму 110,52 млрд USD, включаючи 32 млрд USD у вигляді заробітної плати, і 490 тис. робочих місць з урахуванням допоміжних робочих місць [5].

Японія. Найбільшим споживачем металевих виливків в країні є автомобільна промисловість. Так, в 2019 р. вона використала 71,1 % виливків з сірого чавуну, 66,2 % – з високоміцного чавуну та 90,0 % алюмінієвої продукції лиття під тиском. Другу позицію займає машинобудування: 25,8 % виливків з сірого чавуну та 27,0 % – з високоміцного чавуну. Слід відзначити, що через потепління клімату японські автовиробники скорочують виробництво авто з ДВС та переходять на комбіновані або електричні двигуни. Це зменшує металоємність автомобілів і, відповідно, потребу у виливках. Очікується, що в найближчі 10 років частка електромобілів може сягнути 50 % ринку і навіть більше. Тому менеджери ливарних компаній починають корегувати стратегії розвитку. У квітні 2020 р. через пандемію COVID–19 виробництво автомобілів в Японії зменшилось на 53,3 % порівняно з квітнем 2019 р. В результаті за період березень – травень 2020 р. ливарна промисловість Японії скоротила виробництво виливків: на 62,8 % з алюмінієвих сплавів, на 45,1 % з сірого та високоміцного чавуну, на 19,4 % з сталі та на 11,1 % з мідних сплавів. Стосовно ливарних матеріалів, то країна імпортує в середньому 1,2 млн т кварцового піску та 0,16 млн т бентоніту. Слід відзначити, що

багато ливарних компаній Японії продають виливки іншим компаніям. Так, коефіцієнт власного споживання для виливків зі сталі складає 20 %, з мідних сплавів – 25 %, з сірого чавуну – 30 %, з алюмінієвих сплавів – 60 % і з ковкого чавуну – 99 % [5].

Німеччина. Ливарна промисловість Німеччини в 2019 р. виготовила 4,951 млн. т виливків (– 8,9 % проти 2018 р.) і реалізувала їх на суму 12,429 млрд EUR (– 8,5 %). При цьому кількість працюючих в галузі зменшилась на 4,5% і становить 75,2 тис. осіб. Слід відзначити, що виливків з сплавів чорних металів звітного року було виготовлено 3,805 млн т (– 10,6 %) на суму 6,858 млрд EUR (– 8,7 %), а виливків зі сплавів кольорових металів – 1,146 млн т (– 2,6 %) на суму 5,571 млрд EUR (– 8,2 %). В 2020 р. внаслідок пандемії COVID–19 німецька промисловість вступила в фазу стагнації, що впродовж січня – травня 2020 р. призвело до зменшення виробництва в країні виливків зі сплавів чорних металів на 34 % (1,190 млн т), а із кольорових – на 37 % (324 тис. т). При цьому завантаженість ливарних потужностей зменшилась до 63 % проти середньорічної 82 % в 2014–2019 рр. Найбільшим споживачем виливків в Німеччині є автомобілебудування, яке закуповує 55 % виливків з чорних та 80% – з кольорових металів. Друге місце в сегменті виливків з чорних металів займає машинобудування (25 %), а в сегменті виливків з кольорових металів – будівництво (6 %) [5].

В другому півріччі 2020 р. економіка Німеччини почала відновлення. Завантаження потужностей зросло до 74,9 %, але відстає від середнього довгострокового показника – 83,5 % [6].

Ливарні технології. В сегменті лиття під тиском алюмінієвих сплавів в результаті зростання виробництва електромобілів очікується конструкторсько-технологічний прорив. Компанія Ілона Маска Tesla проводить на заводі в Німеччині роботи стосовно укрупнення 70 штампованих деталей кузова електромобіля моделі Y в один модуль (як один виливок), який буде серійно виготовлятися литтям під тиском з нового алюмінієвого сплаву. Зразок такого виливка вже продемонстровано, як рекордно-найбільший виливок, отриманий литтям під тиском. В перспективі навіть планується виготовляти весь кузов в форматі одного виливка. Нова технологія базується на використанні машин лиття під тиском моделі Giga Press від компанії IDRA Group (Італія) з зусиллям 5500 и 6200 тонн [7].

Тренди ливарних досліджень. В XXI столітті середовище, яке оточує людину, дуже швидко змінюється, продукуючи вироби та процеси принципово нового застосування. Ринок вимагає від постачальників і, відповідно, від виробників інноваційної гнучкості та швидкості. Успішними будуть лише такі ливарні компанії, які вироблятимуть виливки за інноваційними технологіями з високою доданою вартістю. Одночасно такі компанії повинні інвестувати в кваліфікованих фахівців, які здатні просувати компанію в перспективних напрямках. До пріоритетних напрямків діяльності ливарних підприємств та науковців, які ще не мають оптимального вирішення, відносяться [5]: екологія ливарного виробництва; виробництво більш складних і менш металоємних виливків; поверхневе зміцнення виливків; виготовлення композитних виливків.

Для вирішення цих та інших проблем ливарної промисловості рекомендовано переходити до застосування інструментів прогностичного розрахунку – предиктивної аналітики (predictive calculation tools, predictive analytics), які дозволять мінімізувати витрати на експериментальні випробування, а також зменшити час на теоретичні розрахунки, що в комплексі дозволить більш точно екстраполювати теоретико-експериментальні результати на промислові реалії. Домінування на ринку залежить від рівня показників якості продукції, а також продуктивності та ефективності виробництва. Цього можливо досягти шляхом використання інтелектуального управління технологічними процесами (Industry 4.0), яке дозволить виявляти похибки в режимі реального часу та своєчасно вносити корективи в процеси.

Надалі створюються моделі прогностуючого управління (Predictive Control Models), які дозволять прогнозувати характеристики і якість виливків до їх виготовлення та практично служать передумовами чи аналогами створення системи цифрових двійників литих деталей окремо чи у складі збірної конструкції, а також цифрових двійників

ливарних процесів [8]. Ключем до прискорення інновацій в ливарній промисловості являється запровадження комплексної співпраці над новими проектами ливарних підприємств з боку виробників промислового обладнання, постачальників витратних матеріалів та університетів (технологічних центрів, наукових інститутів). Водночас аналіз цитованості наукових публікацій дозволяє виявити, як перспективні наукові дослідження, так і актуальні інновації (табл. 2) [5].

Таблиця 2

Рейтинг цитованості статей з ливарного виробництва за період 2015-2019 рр. з ресурсу Web of Science (WoS) [5]

Топ 10	Назва статті	Середньо-річна цитованість
1	Modeling of thermal behavior and mass transport in multi-layer laser additive manufacturing of Ni-based alloy on cast iron (<i>Моделювання термічних властивостей та масопереносу при багатошаровому адитивному виробництві нікелевого чавуну</i>)	17,00
2	Braking pad-disc system: Wear mechanisms and formation of wear fragments (<i>Система гальмівних колодок-дисків: знос механізмів та утворення осколків зносу</i>)	11,30
3	Materials in machine tool structures (<i>Матеріали в конструкціях верстатів</i>)	10,30
4	Role of the friction layer in the high-temperature pin-on-disc study of a brake material (<i>Роль фрикційного шару при високотемпературних дослідженнях гальмівного матеріалу в системі штифт - диск</i>)	12,20
5	Fiber laser cladding of nickel-based alloy on cast iron (<i>Лазерна наплавка нікель-місткого сплаву на чавун</i>)	11,80
6	Micromechanisms of fracture in nodular cast iron: From experimental findings towards modeling strategies - A review (<i>Мікромеханізми руйнування чавуну з кульовим графітом: від експериментальних результатів до стратегій моделювання - Огляд</i>)	9,50
7	Effect of surface texturing on cast iron reciprocating against steel under starved lubrication conditions: A parametric study (<i>Вплив текстуровання поверхні у випадку зворотно-поступального руху чавуну по сталі в умовах дефіциту мастила: параметричне дослідження</i>)	9,30
8	Thermal Analysis - theory and applications in metal casting (<i>Теорія термічного аналізу та його застосування при виробництві виливків</i>)	8,00
9	LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting (<i>Метод LCA (life-cycle approach), як інструмент підтримки прийняття рішень для оцінки найкращих доступних технологій виробництва якісних чавунних виливків</i>)	7,50
10	An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) (<i>Дослідження стабільності аустеніту в загартованому високоміцному чавуні</i>)	6,67

Перспективи. В сегменті автомобілебудування реалізовується програма переходу на електромобілі. В результаті автомобільний комплекс ДВЗ, який використовується майже 150 років, трансформується в автомобільний комплекс електродвигуна. При цьому застосовуються нові конструктивні рішення та матеріали, а також принципово

нові деталі та прилади. Зокрема, графітізовані чавуни поступаються алюмінієвим сплавам. Це призводить до певного зменшення маси виливків на один автомобіль, проте може бути компенсовано збільшенням випуску електромобілей. Тим самим потужності ливарної промисловості будуть достатньо завантаженими. В той же час трансформація автомобілебудування світу буде супроводжуватись диверсифікацією бізнесу, консолідацією, вилученням активів, використання стратегії змін тощо [5].

Експерти вважають, що одним з наслідків подолання пандемії COVID-19 стане прискорене впровадження автоматизації технологічних процесів і принципів Industry 4.0. Як приклад, наводиться ливарне виробництво компанії Kimura Foundry America Inc (KFA), яка використовує Direct Molding Process (DMP). Цей процес передбачає застосування піщаного 3D друку для форм і стрижнів не тільки при виготовленні виливків з алюмінієвих сплавів, а також з чавуну і сталі. Крім того компанія використовує роботів на фінішних операціях обробки виливків [5].

Висновки

Ливарна промисловість світу впродовж 2019–2020 рр. переживала період спаду виробництва, що обумовлено форс-мажорними умовами внаслідок пандемії COVID-19. Розрахунково в 2020 р. світове виробництво виливків може скласти 90...94 млн т. При відновленні світової економіки в 2021 р. можливо очікувати збільшення виробництва виливків в світі до 106 млн т. В той же час очевидно, що пандемія призведе до перегляду як номенклатури продукції, так і принципів її реалізації, а також методів управління компаніями. Вочевидь новий поштовх отримає впровадження принципів Industry 4.0 не тільки в промисловий сектор, а і в методологію розробки нових сплавів, технологій та обладнання.

Список літератури

1. Metal Casting Market by Process Type, by Material, by Application, Forecasts to 2027. Reports and Data, USA. July, 2020. 165 p. URL: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/metal-casting-market/>
2. Census of World Casting Production. Total Casting Tons Hits 112 Million. Modern Casting, December 2019, p. 22–25.
3. Census of World Casting Production. Total Casting Tons Dip in 2019. Modern Casting, January 2021, p. 28–30.
4. World Bank. 2021. Global Economic Prospects, January 2021. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-1612-3. 211 p.
5. WFO Global Foundry Report 2020. The World Foundry Organization. October 2020. 180 p.
6. The European Foundry Industry in 2019. The European Foundry Association. Düsseldorf, September 2020. 112p.
7. Die - casting technology is immensely important for e-mobility. Foundry daily news. 06. November 2020. URL: <https://www.foundry-planet.com/d/tesla-e-cars-made-from-a-single-casting-aalen-university-trains-potential-engineers/>
8. Doroshenko V. S., Tokova O. V. (2020.) The Digital Twin and Optimization of Cast Metal Structures in Additive Manufacturing. *Control Systems and Computers*, no. 4. pp. 56–65.

Надійшла 26.01.2021

V. A. Gnatush, PhD (Engin.), Independent Analyst; e-mail: vgnatush@gmail.com

V. S. Doroshenko, Dr. Sci. (Engin.) Senior Research Scientist;
e-mail: doro55v@dmil.com

Phisico-Tehnological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine, Kyiv

WORLD MARKET OF METAL CASTINGS 2018–2020: PRODUCTION, COUNTRIES, TECHNOLOGIES

The analysis of the world market of metal castings in 2018–2020 is presented, as well as the forecast of production for the short term. The force majeure situation due to the COVID-19 pandemic has negatively affected global foundry production due to reduced demand for castings from end producers. However, in the near future, manufacturers express positive expectations. The state of the foundry industry in the leading countries of the world foundry rating is considered. China remains the global leader in the global castings market with a share of 44.4 % in 2019, followed by India (10.5 %) and the United States (10.3 %). Together, these three countries produced in 2019 65.2 % of metal castings in the world. All top-10 countries in 2019 received 95.8 million tons of Lithuania or 87.3 % of world production. At the same time, compared to 2018, the volume of their castings production decreased by 2.9 %. Based on the analysis of the situation, it is estimated that world production of castings in 2020 may be about 90... 94 million tons. The market requires from suppliers and, accordingly, from manufacturers innovative flexibility and speed. Only such foundries will be successful, which will produce castings using innovative technologies with high added value. At the same time, such companies should invest in qualified professionals who are able to advance the company in a promising direction. The priority areas of activity of foundry enterprises and scientists who do not have an optimal solution include: ecology of foundry production; production of more complex and less metal-intensive castings; surface hardening of castings; manufacture of composite castings. Experts believe that in the coming years, manufacturers of castings will implement the industrial Internet of Things (IoT). This is due to the need to increase production efficiency through integrated control and management of technological processes, equipment downtime and resources.

Keywords: market, castings, trends, production, alloys, technologies, countries.