

*Світлої пам'яті Алли Журило — ливарниці
та дослідниці історії чавуну присвячую*

<https://doi.org/10.15407/sofs2021.03.103>

УДК 54 (093)+669.1(091)

Д.Ю. ЖУРИЛО, кандидат технічних наук, доцент
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна
e-mail: zhurilo.dm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0015-9412>

ВНЕСОК НАУКОВИХ ШКІЛ ПРОФЕСОРІВ В.Т. СЛАДКОШТЕЄВА ТА О.О. ШАТАГІНА В РОЗВИТОК ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ В УКРАЇНІ В 1960—2000 рр.

Процес безперервного розливання сталі є найбільш поширеним у світі при гарячій обробці металу завдяки низці притаманних йому корисних властивостей: більш високий вихід придатного металу, достатня якість отриманої продукції, можливість автоматизації процесу, зниження капітальних витрат при виробництві та ін.

Встановлено, що історія різних видів безперервного лиття не отримала належного висвітлення, тому метою дослідження є визначення внеску харківських металургів, конструкторів і винахідників у становлення та розвиток процесу горизонтального безперервного лиття. Доведено, що на теренах колишнього СРСР процес горизонтального безперервного лиття досліджувався та запроваджувався у виробництво в Українському науково-дослідному інституті металів (м. Харків).

В ході дослідження виявлено, що батьками нового процесу були відомі вчені у галузі металургії та ливарництва Володимир Тимофійович Сладкоштеєв та Олег Олександрович Шатагін. Підтверджено безпосередню участь О.О. Шатагіна у запровадженні машин горизонтального безперервного лиття не лише для лиття сталі, а й для лиття кольорових металів і сплавів на їх основі. Вперше наведено відомості про співробітників відділу безперервного лиття, які працювали в Українському науково-дослідному інституті металів з 1960 р. і до розпаду колишнього СРСР. Вказано список підприємств, на яких було запроваджено процес горизонтального безперервного лиття.

Цитування: Журило Д.Ю. Внесок наукових шкіл професорів В.Т. Сладкоштеєва та О.О. Шатагіна в розвиток горизонтального безперервного лиття в Україні в 1960—2000 рр. *Наука та наукознавство*. 2021. № 3 (113). С. 103—120. <https://doi.org/10.15407/sofs2021.03.103>

Досліджено причини продовження робіт зі створення машин горизонтального безперервного лиття у Харківському політехнічному інституті.

Вказано на взаємозв'язок робіт, здійснених під керівництвом О.О. Шатагіна, з роботами з дистанційного керування та забезпечення стабільності процесу лиття. Наведено короткі відомості про фундаментальні праці з неперервного лиття, виконані провідними українськими вченими та педагогами — Р.Я. Якобше, Ю.В. Мойсеєвим, Є.І. Соколом, А.В. Кіпенським, О.М. Хорошиловим, їхніми учнями та співробітниками.

Ключові слова: горизонтальне безперервне лиття, сталь, кольорові метали, кристалізатор, автоматизація, ливарництво, Український науково-дослідний інститут металів.

Вступ. Друга половина ХХ століття була не просто продовженням Другої промислової революції. Це була ще й війна систем — капіталістичної та соціалістичної. Розвиваючи економіку своїх країн і готуючи її до вступу в активну фазу війни, інженери всіх розвинених країн світу прагнули отримати максимум ліквідної продукції з мінімумом матеріальних витрат. Металургія була і залишається однією з найбільш розвинених галузей світової промисловості. Це й не дивно: без металу і виробів з нього всі досягнення людської цивілізації зникнуть. Саме з появою металургії людство перейшло від варварства до цивілізації.

Одним із найвищих досягнень світової металургії ХХ століття було запровадження у виробництво безперервного розливання сталі та безперервного лиття. Величезні переваги в порівнянні з розливанням сталі у виливниці або в «канаву» зумовили поширення цього технологічного процесу у світі.

На жаль, об'єктивна історія безперервного лиття, яка ґрунтується на архівних матеріалах, на сьогодні відсутня. Внаслідок закритості військового машинобудування і відсутності відповідних публікацій у пресі чимало вітчизняних розробок у цьому напрямі залишаються досі невідомими не тільки історикам, а й металургам.

Аналіз досліджень і публікацій. З історії безперервного лиття було опубліковано кілька оглядових робіт. Але вони не інформативні, зазвичай не повністю розкривають історичні аспекти розвитку цього технологічного процесу, не висвітлюють діяльність інженерів, які стояли біля його витоків, і нерідко навіть спотворюють історичну правду. Наприклад, автори однієї з робіт зазначають: «У 1956 році, за наказом Міністра чорної металургії СРСР І.Ф. Тевосяна, в інституті створено лабораторію безперервного розливання сталі...» [1, с. 1]. Але з біографії Івана Тевосяна відомо, що він не обіймав посаду міністра чорної металургії з 1953 р. А з 1956 р. Тевосян був послом СРСР в Японії [2, с. 29]. Далі ці ж автори пишуть: «З метою запобігання утворенню тріщин на слябах УкрНДІМетом¹ вперше було запропоновано здійснювати розливання сталі на УБРС² в кристалізатори з хвилястою поверхнею» [1, с. 1]. На жаль, в авторських свідоцтвах на згаданий кристалізатор,

¹ Український науково-дослідний інститут металів.

² Установа безперервної розливки сталі.

які відтворюються в деяких літературних джерелах, помилково вказано дані про його розробників; згідно з ними це Рішард Якубович Якобше — кадровий співробітник київського Інституту проблем лиття з колегами і співробітниками Донецького металургійного заводу [3, 4]).

Згадані автори наводять і такі відомості: «За освоєння металургійних комплексів 350-тонних конвертерів з високопродуктивними криволінійними МБЛЗ³ авторському колективу Новолипецького меткомбінату і МК «Азовсталь» в 1979 році була присуджена Державна премія СРСР» [1, с. 4]. Однак у числі лауреатів були: Микола Іванович Рижков, колишній директор Уралмашу, співробітники московських ЦНДІТМашу⁴, ЦНДІЧормету⁵ та інших організацій. А премію було присуджено «за створення слябових машин безперервного лиття заготовок криволінійного типу для металургійних комплексів великої потужності» [5, с. 940].

І далі: «За створення і широке запровадження технології і установок горизонтального безперервного лиття кольорових металів колектив УкрНДІМету в 1985 р. нагороджений Премією Ради Міністрів СРСР» [1, с. 5]. Але насправді відзначено було не весь колектив інституту, а деяких співробітників відділу безперервного лиття. З 25 лауреатів премії дві третини були виробничниками і співробітниками інших організацій [6, с. 368].

Деякі роботи з історії безперервного лиття (див., наприклад, [7]) присвячені проектуванню найбільшої на той час установки безперервного розливання сталі, але документальні відомості з цього питання практично відсутні.

Новизна отриманих результатів. На основі комплексного дослідження складових науково-технічного потенціалу окремої підгалузі машинобудування України — металургії та ливарництва впродовж другої половини ХХ ст. доведено, що стаття є першою науковою працею історичного характеру, присвяченою організації науково-дослідної роботи в Українському науково-дослідному інституті металів (УкрНДІМет) у 1960—1980-х роках з погляду її впливу на технологічні перетворення у безперервному литті.

Дослідженням підтверджено, що УкрНДІМет протягом окресленого періоду не лише був осередком науково-дослідної роботи на Східній Україні, а й плідно співпрацював з іншими науковими установами та металургійними підприємствами колишнього СРСР.

На основі джерел, насамперед архівних, розкрито основні напрями науково-дослідної роботи УкрНДІМету в галузі горизонтального безперервного лиття в окреслений період, доведено, що науково-технологічні результати УкрНДІМету успішно впроваджувались у виробництво.

До наукового обігу введено нові раніше не використовувані джерельні матеріали, що ґрунтуються на документах із різноманітних фондів низки архівних установ України.

³ Машина безперервного лиття заготовок.

⁴ Центральний науково-дослідний інститут технології машинобудування.

⁵ Центральний науково-дослідний інститут чорної металургії.

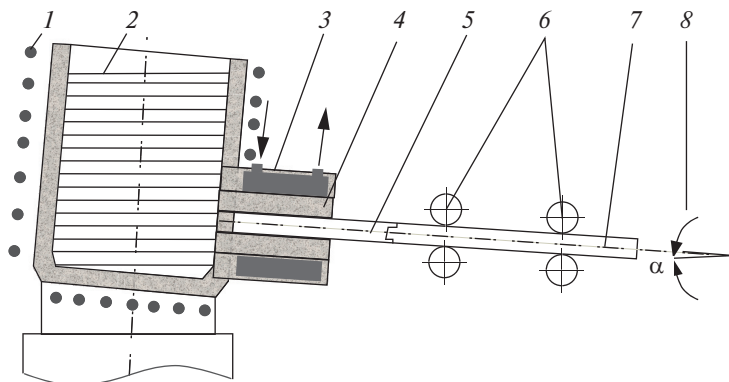


Рис. 1. Схема однорівнякової установки горизонтального безперервного лиття

Примітка: 1 — нагрівач; 2 — металоприймач; 3 — водяна рубашка; 4 — водоохолоджуваний графітовий кристалізатор; 5 — заготовка; 6 — тягнуча клітина; 7 — затравка; 8 — кут нахилу кристалізатору до горизонту.

Джерело: відтворено з кресленника, що зберігається в особистому архіві автора.

Мета статті — оприлюднення результатів комплексного дослідження основних етапів розвитку та становлення горизонтального безперервного лиття, спроба зробити об'єктивну оцінку впливу вказаного прогресивного способу гарячої обробки металів і сплавів на розвиток науково-технічного прогресу.

Методи дослідження та джерельна база. При написанні статті застосовано спеціальні методи: історико-біографічний, історико-хронологічний, ретроспективний та методи джерелознавчого аналізу. Джерельну базу дослідження склали матеріали фондів Центрального державного науково-технічного архіву України (ЦДНТАУ) (фонд 1—22, комплекс 3—5), архівів ГП УкрНТЦ «Енергосталь», УкрНДІМету та Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Викладення основного матеріалу та обговорення результатів. У світі наразі використовуються три найбільш поширені схеми безперервного лиття: вертикальна, радіальна і горизонтальна. Перша схема була реалізована ще в першій половині ХХ сторіччя при безперервному розливанні сталі. Друга схема стала логічним продовженням першої схеми при спробі зменшити висоту і металоємність установки у 1960-х рр. ХХ сторіччя. Третя схема вперше була апробована в лабораторних умовах у 1959 р. в Українському науково-дослідному інституті металів (УкрНДІМет) [8, с. 21]. Схему установки, що стала класичною, наведено на рис. 1.

А починалося все це так. У 1956 році, відповідно до наказу міністра чорної металургії СРСР Олександра Григоровича Шереметьєва, в УкрНДІМеті (м. Харків) було створено лабораторію безперервного розливання сталі, керівником якої призначено В.Т. Сладкоштеєва. Згодом, у зв'язку зі збільшенням обсягу робіт на базі лабораторії організовано відділ безперервного лиття заготовок. Відповідно до затвердженого Положення про спеціалізацію нау-

ково-дослідних інститутів чорної металургії та координації їх діяльності, УкрНДІМет було визначено провідним виконавцем за науково-технічним напрямом «Безперервне розливання сталі». Він співпрацював із іншими установами аналогічного профілю, наприклад з відділом безперервного лиття Центрального науково-дослідного інституту чорної металургії (м. Москва), який очолював М.С. Бойченко.

Дослідно-промислову машину безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) горизонтального типу побудовано в УкрНДІМеті в 1962 році. На ній вперше в СРСР під керівництвом Володимира Сладкоштьєєва і Олега Шатагіна було відлито бронзові заготовки діаметром 53 мм [9, с. 22]. Слід зазначити, що основним напрямом наукових інтересів В.Т. Сладкоштьєєва все ж таки залишалися машини радіального типу, а ось О.О. Шатагін у своїй діяльності робив упор саме на машини горизонтального типу [10, с. 138].

Відтоді й починається застосування горизонтального безперервного лиття для розливання не тільки сталі, а й кольорових металів і сплавів. Отже, з 1960 року горизонтальне безперервне лиття знаходить широке застосування в ливарництві, а не тільки в металургії⁶.

Способи безперервного розливання стали виявилися найбільш затребуваними в світі, оскільки вони дозволяли з мінімальними втратами отримувати якісні заготовки, придатні для безпосереднього використання і для подальшої обробки їх тиском та різанням. При цьому використовувалась безліч переваг безперервного розливання в порівнянні з литтям злитків «у канаву» або у виливницю: висока температура заготовки (що не вимагало додаткового нагріву перед обробкою тиском); можливість отримання необхідної форми заготовки — від блюмів і слябів до сотень усіляких різ-



Лауреат Державної премії СРСР Володимир Тимофійович Сладкоштьєєв

Джерело: фото з архіву УкрНДІМету. Сладкоштьєєв В.Т. 1952—1982 гг. 159 с.



Лауреат Премії Ради Міністрів СРСР Олег Олександрович Шатагін

Джерело: фото з архіву УкрНДІМету. Шатагін О.А. 1960—1984 гг. 109 с.

⁶Центральний державний науково-технічний архів України (ЦДНТА України), ф. 1—22, комплекс 3—5, оп. 1, звіт за темою 518/59 «Разработка процесса непрерывной разливки стали на горизонтальной машине (поисковая)». 80 с.

новидів поперечних перерізів (що зменшувало потребу в обробці різанням і навіть не вимагало її взагалі); скорочення викидів у навколишнє середовище і більш високий вихід придатної продукції (що знижувало собівартість продукції); відсутність (або мінімізація) дефектів у одержуваній заготовці; більш високі механічні властивості продукції завдяки спрямованому охолодженню; можливість різкого збільшення культури виробництва в результаті механізації та автоматизації.

Установка горизонтального типу різаче відрізнялася від радіальної, а тим більше від вертикальної установки. Якщо згадати, що деякі вертикальні установки мали висоту понад 30 м [7, с. 76] (це приблизно висота десятиповерхового будинку), то установка горизонтального безперервного лиття з висотою в 1,5—3 м явно була більш вдалою. А найменші установки цілком розміщувалися на площі письмового столу і були незамінними для отримання заготовок у невеликих обсягах, для переробки металобрухту і відходів. При цьому зникала необхідність закупівлі заготовок на стороні, вивезення металобрухту і відходів власного виробництва (стружки, висічки, обрізків, облою), істотно здешевлювалася сировина. При раціонально розробленому технологічному процесі вже не була потрібна низка технологічних операцій, нерідко енергоємних і дорогих.

Наприклад, технологія виробництва мідного дроту традиційно вимагала застосування первинної міді високої чистоти, з якої відливали вайербарси квадратного перетину у відкриті виливниці, внутрішня поверхня яких була пофарбована спеціальною вогнетривкою фарбою або закопчена. Внаслідок окислення в процесі кристалізації та подальшого охолодження зливки мали так звану «складчасту поверхню». Потім верхню частину вайербарсів необхідно було видаляти фрезеруванням, що зменшувало вихід придатного лиття і збільшувало вартість заготовок. Після фрезерування заготовку прокатували на круглий перетин з нагріванням до високих температур перед прокаткою. Потім виконувалися такі операції:

- нагрівання перед прокаткою до 900 °С протягом 1,0—1,3 год.;
- прокатка вайербарсів на коло діаметром 20—30 мм;
- травлення міді в кислотних розчинах для видалення окалини;
- волочіння кола діаметром 20—30 мм на діаметр 10—15 мм (2,5—5,0 мм за один прохід);
- відпал при температурі 750 °С протягом 2,0—2,5 год. після одного-двох проходів;
- волочіння заготовок діаметром 10—15 мм до діаметра 0,1—1,5 мм.

Установка горизонтального безперервного лиття дозволяла відразу отримувати 6—15 заготовок діаметром 12—14 мм. Отже, зникла потреба у низці енергоємних операцій. Отримання нагрітих заготовок при поєднанні установки безперервного лиття з прокаткою дозволяло зменшити кількість нагрівів заготовок. Це суттєво здешевлювало виробництво [9, с. 21—22].

Якщо згадати про високу потребу високотемпературних виробництв у мідних шайбах, прокладках, гайках, стає зрозумілим, що мініатюрна уста-

новка горизонтального безперервного лиття була здатна забезпечити ділянку або цех необхідними йому мідними прутками найрізноманітніших розмірів із відходів і брухту власного виробництва.

Конструктивно установка горизонтального безперервного лиття була набагато простіше, ніж установка вертикального типу: в ній, крім значно менших габаритів, був відсутній механізм гойдання кристалізатора [9, с. 41], який є досить складною конструкцією з високими вимогами до нього стосовно точності виготовлення.

При розливанні з горизонтальною віссю розливки істотно зменшувався контакт металу з киснем. А використання захисних газів, наприклад аргону, ще більше підвищувало ймовірність отримання якісних литих заготовок. Було розроблено основні схеми подачі аргону в метал: через керамічні стрижні та через пористі пробки в дні металоприймача. Проходячи через розплав, аргон сприяв видаленню розчинених газів з металу і, маючи щільність вище, ніж у повітря, забезпечував захист дзеркала металу від окислення киснем повітря.

Якщо перші установки горизонтального безперервного лиття були призначені для сталі, то згодом вони блискуче показали себе при отриманні литих заготовок із різноманітних металів і сплавів: чавуну, олова, бронзи, латуні, магнію, алюмінію, міді, срібла, золота. Особливою гордістю безперервників було те, що вихід придатного лиття в цьому технологічному процесі перевищував 99 %. Це було істотним досягненням зважаючи на те, що при будь-яких інших видах лиття цей показник складав 65—70 %.

Якщо на початку освоєння безперервного лиття застосовувалися тільки заготовки круглого, квадратного і прямокутного перетинів, то сьогодні кількість перетинів заготовок (як суцільних, так і пустотілих) сягає кількох десятків. Безперервно литі заготовки мають щільну будову без дефектів, чисту поверхню, досить високу точність розмірів. Процеси безперервного лиття легко автоматизуються, оскільки ідея потоку закладена вже в принципі роботи машини безперервного лиття. Ці основні переваги створювали передумови для подальшого розвитку способу безперервного лиття.

Звичайно, установки горизонтального безперервного лиття мали і низку недоліків. Головний з них полягав у періодичності витягування заготовки за схемою «витягування — пауза — витягування». Під час паузи у водоохолоджуваному кристалізаторі формувалася заготовка, яка під час витягування видалялася з нього. Оскільки час паузи прагнули мінімізувати, швидкість протікання і витрати охолоджуючої води у водяній сорочці кристалізатора установки горизонтального безперервного лиття мали більш високі значення, ніж при інших видах безперервного лиття. Час роботи машини визначався часом роботи графітового кристалізатора до стирання. Він становив у середньому 85—100 годин [8, с. 100—102].

Іншою особливістю установок горизонтального безперервного лиття було те, що теплові потоки у верхній частині кристалізатора завдяки зміщенню початку кристалізації та дії сили тяжіння на заготовку були значно

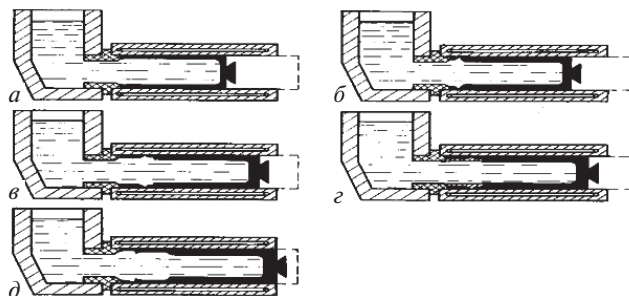


Рис. 2. Модель процесу кристалізації при горизонтальному безперервному литті заготовок круглого перерізу: *а* — початок формування заготовки; *б, в* — розрив оболонки при переміщенні заготовки; *г* — утворення «моста» під час паузи у витягуванні; *д* — стягування заготовки з поверхні кристалізатора і утворення нового розриву в зоні формування нової оболонки.

Джерело: [11, с. 56].

вище, ніж у його нижній частині. Різниця перевищувала 10 %. Цікаво, що на якість заготовок це практично не впливало.

Найбільш цікаві дослідження закономірності кристалізації безперервнолитих заготовок було виконано під керівництвом проф. О.О. Шатагіна. Їх можна вважати найбільш достовірними, оскільки при їх виконанні застосовувався не лише математичний апарат, а й ціла низка інших методів — металографічний, виливання рідкої фази, кінозйомка через кварцове скло, яке замінило стінку кристалізатора при литті заготовок середнього діаметру (більше 30 мм) [11, с. 65].

Перша машина горизонтального безперервного лиття успішно працює з 1962 року (і по сьогоднішній день) на Харківському заводі алюмінієво-бронзових сплавів (нині ПАТ «УкрГермет»). З ініціативи заводу тигельний металоприймач у процесі експлуатації машини було замінено на стаціонарний індукційний каналний міксер, виконаний на базі печі «Аякс». Протягом 1965—1966 рр. на заводі побудували комплекс із шести таких машин для лиття олов'яно-свинцевистих бронз⁷.

Другий комплекс машин цього типу з 1976 р. було пущено в експлуатацію і освоєно на виробничому об'єднанні «Пролетарський завод» у Ленінграді (нині Санкт-Петербург), третій комплекс машин з 1978 року працює на державному підшипниковому заводі (м. Вологда), а четвертий — на виробничому об'єднанні «Донвторцвітмет» [11, с. 146].

Паралельно було побудовано аналогічні машини на Верх-Нейвінському, Сухо-Ложському та Кольчугинському заводах з обробки вторинних кольорових металів, на Токмацькому дизелебудівному заводі ім. Кірова [12, с. 15].

⁷ ЦГНТА України, ф. Р-108, оп. 1. Особистий фонд колишнього директора УкрНДІМету І.С. Тришевського.

У 1961 році М.В. Чухров і І.П. Вяткін на машині горизонтального безперервного лиття провели дослід з розливання алюмінієвих і магнієвих сплавів діаметром до 100 мм у кристалізатор довжиною 110 мм при швидкості лиття 0,2—0,6 м/хв [8, с. 16].

У 1961 році на машині горизонтального безперервного лиття відливають заготовки з кадмію діаметром 8,5 мм у сталевий 300 мм кристалізатор при швидкості лиття 13,8 м/хв [8, с. 15].

У 1966—1967 рр. починають лиття олов'яно-свинцевистих сплавів (припоїв) на двохривчаків машині горизонтального безперервного лиття конструкції УкрНДІМету на Рязанському заводі кольорових сплавів. Особливістю цієї установки було її конструктивне виконання: машина мала два водоохолодних кристалізатора, розташованих симетрично один одному щодо вертикальної осі установки. Відповідно, і витягування заготовок виконували в протилежних напрямках [8, с. 42]. Низька температура плавлення припоїв дозволяла виробляти такі установки. Навіть для лиття вже мідних сплавів така конструкція була неможливою. Високі температури процесу сприяли б швидкому окисленню металоприймача в місці контакту з кристалізатором, і тривалість процесу визначалася б не часом роботи кристалізатора, а часом прогорання вузла контакту кристалізатора і металоприймача. Завдяки дуже високому виходу придатної продукції (більше 99 %) і високій якості отримуваних заготовок двохривчаків машина горизонтального безперервного лиття окупилася менш ніж за рік.

З 1965 р. почалось безперервне розливання на японських міні-заводах [8, с. 128]. В 1967 р. впроваджено горизонтальні вісьмиривчаків машини для лиття бронзи на Балхашському гірничо-металургійному комбінаті (Казахстан) [12, с. 34]. В 1968 р. створено похилі машини горизонтального лиття, машини з вигином злитка після кристалізатора. У 1978 р. прийнято до серійного виробництва на Липецькому ливарному заводі «Центроліт» нову модель ЛБЛЧ-3 (лінія безперервного лиття чавуну третього покоління) з горизонтальною лінією розливання. Вона забезпечувала витягування чавунної виливки, наприклад, на 50 мм вперед і одразу ж на 10—15 мм назад. Поворотний рух профілю в кристалізаторі дозволяв ліквідувати щілини в скоринці затверділого чавунного профілю і відтак запобігти прориву розплаву з кристалізатора, а крім того завдяки вирівнюванню температури виливки унеможлилювався вибіл чавуну [13, с. 18].

Першу в СРСР дослідно-промислову двохривчаків сортову МБЛЗ горизонтального типу для лиття сталі побудовано в НВО «Тулачермет» спільно з УкрНДІМетом у 1974 році [8, с. 46].

Необхідно згадати добрим словом тодішнього директора НВО «Тулачермет» академіка А.І. Манохіна, який всіляко сприяв апробації не тільки машин безперервного лиття, а й інших перспективних нововведень металургії на керованому ним підприємстві з подальшим їх впровадженням у промисловості. Цьому пробивному, наполегливому вченому, грамотному вироб-

ничнику і вмілому організатору, культурній людині з енциклопедичними знаннями вдалося за короткий час перетворити НВО «Тулачормет» на справжній полігон з обкатки новітньої металургійної технології в СРСР. Саме там у 1974 р. було апробовано машини горизонтального безперервного лиття для розливання сталі [8, с. 28]. Установка показала себе непогано і на неї та її конструкцію було отримано більше 40 авторських свідоцтв (№№ 227585, 338047, 339106, 339098, 506985, 596360, 606679 і багато інших).

На превеликий жаль, рання смерть (у 1992 році) перервала багато починань цього видатного металурга.

У 1983 році горизонтальні машини було побудовано на Торезькому заводі наплавочних твердих сплавів для присадних прутків для зварювання і наплавлення зі сплавів типу сормайт і стелліт із продуктивністю до 1000 т/рік [8, с. 28].

У 1986 році горизонтальну машину було встановлено на київському заводі «Ленінська кузня» для виливки алюмінієвих бронз. На заводі «Ленінська кузня» побудовано і другу горизонтальну машину для відливання алюмінієвих бронз, що дозволило одночасно отримувати вісім заготовок діаметром 8 мм і відливати до 2 тис. т на рік безперервно литих заготовок з алюмінієвих бронз. Причому явною новизною було те, що відливалися заготовки не тільки суцільного перетину, а і порожнисті (труба). У 1988 році на Карагандинському металургійному комбінаті було побудовано горизонтальну машину для відливання сталі, на якій випробувано кристалізатор з нової марки бронзи [8, с. 38].

Отже, безперервне лиття вперше було застосовано в кольоровій металургії в кінці XIX — початку XX ст., потім у середині XX ст. — при розливанні сталі; в 60-х рр. XX ст. починається застосування безперервного лиття не тільки для розливання сталі, а й для розливання кольорових сплавів. З 70-х рр. XX ст. починається застосування безперервного лиття для отримання чавунних виливків. Безумовно, починаючи займатися машинами горизонтального безперервного лиття більше 60 років тому, О.О. Шатагін (як і будь-хто інший) навіть уявити собі не міг, до чого призведе розвиток технічного прогресу в цій галузі знання. Але не викликає сумніву те, що саме він зі співробітниками УкрНДІМету, (серед яких були В.А. Радзіховський, С.М. Козаченко, М.О. Вартазаров, Ф.П. Ізюмський, В.М. Терехов, В.С. Патрікеєв, Г.О. Герасименко, І.Г. Панченко, І.А. Свистунов, А.Ф. Долгополов, Л.І. Белякова, О.Я. Глазков, В.Б. Добровольський та інші) стояв біля витоків цього процесу, який підкорив весь світ; що саме ці вчені зуміли створити наукові основи технологічних параметрів розливань, режимів охолодження, технології складання МБЛЗ горизонтального типу; що саме вони досліджували параметри стійкості кристалізаторів і стабільності нового процесу, захистивши 19 кандидатських і одну докторську дисертацію. Так з'явилися наукові школи в безперервному литті.

На жаль, розвиток теорії та практики МБЛЗ в Харкові було порушено раннім уходом із життя Володимира Тимофійовича Сладкоштеєва в 1982 р.

Керівництво УкрНДІМету розвивало інший напрям — гнуті профілі [13, с. 35]. Зрозумівши, що він досяг усього, на що був здатен, О.О. Шатагін в листопаді 1984 р. пише заяву про звільнення⁸. Він подав документи і був обраний за конкурсом на посаду завідувача кафедри ливарного виробництва Харківського політехнічного інституту⁹.

На новому місці роботи вченому і педагогу вдалося продовжити проекти, розпочаті ще в УкрНДІМеті. Їх результатом стали нові розробки, впроваджені у виробництво, чотири кандидатських і одна докторська дисертація, захищені за темою проведених досліджень. Ще три захищених кандидатських і одна докторська дисертація стосувалися прикладних питань безперервного лиття — теплових параметрів, автоматизації, допоміжного обладнання. Це не дивно, адже лише кількість авторських свідоцтв, отриманих О.О. Шатагіним, перевищує 1100. У 1985 р. він за впровадження у промисловість машин горизонтального безперервного лиття у складі творчого колективу став лауреатом Премії Ради Міністрів СРСР.

Цікаві цифри наводить Міжнародний інститут чавуну і сталі. За його оцінками, енергетичні витрати при виробництві заготовок способом безперервного розливання знижуються приблизно на 15 % [14, с. 60].

Зниження витрат частково пояснюється відмовою від механізму гойдання кристалізатора в машинах горизонтального безперервного лиття через такі причини:

1. При зворотно-поступальному русі кристалізатора важко забезпечити спільний поступальний рух кристалізатора і виливка. В результаті цього при більш високій швидкості руху кристалізатора щодо злитка відбувається руйнування з'єднання кристалізатора і вогнетривкого тору або захисного покриття графітового кристалізатора. При більш низькій швидкості руху кристалізатора щодо виливка виникає зависання заготовки і припинення процесу лиття.

2. Механізм гойдання кристалізатора є досить складним вузлом, і його ліквідація значно спрощує конструкцію машини.

3. Усунення механізму гойдання кристалізатора істотно знижує енергетичні витрати при отриманні виливків на машинах горизонтального безперервного лиття.

Відмова від механізму гойдання на машинах вертикального і радіального типів неможлива через значні інерційні зусилля, які розвиваються при періодичному витягуванні зливка. З огляду на те, що при горизонтальному литті інерційні зусилля значно менше через малу масу виливка, при режимі витягування із зупинками (паузами) механізм гойдання кристалізатора не потрібен.

Машина безперервного лиття — досить складний механізм, і для її стабільної роботи необхідно виконання багатьох умов, пов'язаних з якістю ви-

⁸ Архів УкрНДІМету. Шатагін О.А. 1960—1984 гг. 109 с.

⁹ Архів НТУ «ХПІ», спр. 143725. Шатагін О.О. 1984—2000 pp. 89 с.

плавленого металу (металургійні особливості), якістю матеріалу кристалізатора (хімічні властивості), жорсткими температурними умовами (автоматизація), характером і швидкістю протікання охолоджуючої рідини у водяній сорочці (гідравліка), параметрами витягаючої клітини (електросилові умови), особливостями теплопередачі та ін.

Але не тільки фахівці у зазначених галузях знання зробили внесок у розвиток процесу безперервного лиття.

При горизонтальному безперервному литті процес лиття проводиться з періодичним вмиканням-вимиканням витягаючої клітини. Час витягування і зупинки (паузи) в залежності від виду і типу металу або сплаву (в такий спосіб розливають дорогоцінні метали — золото, срібло, паладій; кольорові метали — мідь, алюміній, магній (а також сплави на основі зазначених металів) і сплави заліза — сталь і чавун) можуть становити 1—10 секунд.

Можна собі уявити надто складні умови роботи електродвигуна, який протягом 80—150 годин (стільки зазвичай працює кристалізатор і, відповідно, триває процес безперервного розливання) вмикають і вимикають кожні 3—5 секунд. Крокові двигуни, що забезпечують чіткий поворот на визначений кут, навіть у середині 80-х років ХХ сторіччя ще не набули поширення, а сервоприводи в умовах підвищених температур (через розплавлений метал) не завжди працювали стійко. З цієї ж причини нестійко працювали зубчасті та рейкові передачі, на яких пузирилося та вигорало мастило. Крім того, при безперервному литті в зв'язку з наявністю підвищених температур нерідко виходили з ладу контактори, вимикачі та інша електрична апаратура.

Тому особливу цінність у розвитку управління машинами безперервного лиття мали роботи кафедри промислової електроніки Харківського політехнічного інституту, виконані у 1980-х роках під керівництвом професора (а нині члена-кореспондента НАН України) Євгена Івановича Сокола. Йому зі співробітниками вдалося, наприклад, використовуючи логічні елементи, мікроЕОМ, програмований таймер, забезпечити стабільне управління режимом витягування безперервно литої заготовки.

На той час це була піонерська розробка, що випереджала світові схеми керування мінімум на 5—10 років. Слід нагадати, що персональні комп'ютери (малопотужні машини типу 286, так звані «двійки») тоді були малодоступні та коштували в колишньому СРСР недешево — приблизно як новенький легковий автомобіль.

Є.І. Соколу вдалося залучити до роботи викладачів кафедри — Андрія Володимировича Кіпенського, нині професора, і Людмилу Вікторівну Фетюхіну, нині доцента. Їм вдалося забезпечити управління машиною по температурі заготовки з урахуванням стабілізації рівня металу в металоприймачі та впливати на швидкість розливання за рахунок формування тимчасових інтервалів витягування і пауз [15].

Проста до геніальності схема (адже все геніальне є простим) дозволяла контролювати рівень металу в металоприймачі, а відтак забезпечувати фор-

мування заготовки, вимикати витягування заготовки при відсутності металу, що унеможливило відрив або перемерзання виливку. А постійний контроль температури заготовки забезпечував стабільність процесу витягування і високу якість заготовки, запобігаючи появі слабкого місця горизонтального безперервного лиття — осьової пористості.

Крім того, Є.І. Соколом зі співробітниками було запропоновано використання цифрового пристрою для формування перехідних режимів у вентильному електроприводі машини безперервного лиття. Це дозволило забезпечувати високу якість безперервно литих заготовок і стабільність процесу лиття.

Цей пристрій дозволяв швидше виходити на стабільні процеси лиття і відтак економити відрізок початкової частини заготовки, який зазвичай доводилося переробляти як брак.

Цікаво, що при формуванні перехідного процесу тривалістю 0,5—5 хв. дискретність рахунку, а отже і точність завдання часових інтервалів досягали 0,00046—0,0046 секунд. А отримати таку точність при використанні, наприклад, магнітних пускачів або звичайної кнопки типу «пуск — стоп» було практично неможливо.

Ще однією серйозною роботою, виконаною під керівництвом Євгена Івановича, було створення методу управління стабільністю технологічного процесу при виробництві порожнистих заготовок на дорнових машинах вертикального типу. Метод полягав у завданні величини кроку і швидкості витягування, вимірюванні зусилля окова дорна, порівнянні його із заданим за технологією значенням і при зміні останнього — коригуванні швидкості розливання [16].

Результати цієї роботи також було впроваджено в промислове виробництво в Києві на виробничому об'єднанні (ВО) «Ленінська кузня». Зазначені роботи політехніків продовжили тенденцію автоматизації установок безперервного лиття і, врешті-решт, призвели до того, що сьогодні машини безперервного лиття при виході на стабільний режим роботи не вимагають присутності людини, перетворивши її на оператора процесу і залишивши в минулому важку нервову роботу з управління машиною безперервного лиття. Запровадження у виробництво мікросхем, схем тригерів, логічних елементів стало можливим не в останню чергу завдяки зусиллям головного металурга ВО «Ленінська кузня» В.К. Рижко.

Сьогодні подібні схеми управління викликають посмішку, адже контролюючо-вимірювальні прилади вже давно стали малогабаритними, більш точними, дистанційно керованими. Але для того часу це було краще рішення проблеми управління машин безперервного лиття.

Для вимірювання теплових потоків у кристалізаторі із середини 1960-х рр. використовувалися лампові самописні потенціометри типу ЕПП-09, які вимагали частой повірки, строгого вертикального розташування і мали високу інерційність (шкалу температур бігунок проходив повністю за 9—10 секунд).

З кінця 1970-х рр. їх змінили напівпровідникові прилади КСП-4, які мали від 1 до 12 каналів і могли знімати температурні показання для кожного каналу. Саме за допомогою таких примітивних приладів дослідники визначали теплові потоки в кристалізаторах машин безперервного лиття і теплові опори в системі «розплавлений метал — стінка кристалізатора — охолоджуюча вода». Потім на їх основі визначалися параметри стабільного лиття, обиралися параметри витягування заготовки і теплофізичні параметри процесу.

Піонерські роботи В.Т. Сладкоштеєва та О.О. Шатагіна стали фундаментом для подальших досліджень різноманітних параметрів безперервного лиття, виконаних співробітниками УкрНДІМету, Харківського політехнічного інституту, Київського інституту проблем лиття, Харківської інженерно-педагогічної академії.

Серйозні роботи з автоматизації установок безперервного лиття було виконано в кінці 1970-х рр. в київському Інституті проблем лиття під керівництвом старшого наукового співробітника, доктора технічних наук Ю.В. Моїсєєва. Запропонована система автоматичного управління забезпечувала управління послідовно розташованими агрегатами машини безперервного лиття і складалася з декількох локальних систем регулювання і управління параметрами процесу і технологічними операціями, які забезпечували: стабілізацію рівня металу в проміжному ковші; стабілізацію рівня металу в кристалізаторі; управління тепловим режимом роботи кристалізатора і системи вторинного охолодження; управління енергосиловими агрегатами тягнучої кліті, процесами різання заготовок, кантування, транспортування і видачі готових зливків [17, с. 39].

У 1994—1995 рр. в умовах НТУ «ХПІ» було розроблено та апробовано процес горизонтального безперервного лиття мідних заготовок малого перетину. Роботи виконано під керівництвом О.О. Шатагіна. У них взяли участь: О.М. Хорошилов, А.Г. Журило, Д.Ю. Журило, В.П. Бут.

За результатами проведених досліджень було захищено дві кандидатських та одна докторська дисертація. В ході виконання робіт вдалося розробити технологію плавки і обробки розплавленої міді з метою отримання високої електропровідності, визначити основні параметри лиття, фізико-технологічні параметри процесу [8]. Результати робіт впроваджено у виробництво на ТОВ «Апостолівагромаш».

Наразі і, безумовно, в найближчій перспективі очікується підвищений інтерес до можливості спорудження малих металургійних і ливарних підприємств продуктивністю менше 100 тис. тон продукції на рік. Основна концепція при створенні таких виробництв — зменшення питомих капітальних витрат при скороченні обсягів випуску. Вона може бути реалізована тільки із застосуванням нестандартних технічних рішень у технологічних схемах. Найпростішим із них може бути застосування горизонтальних машин безперервного лиття заготовок (ГМБЛЗ) для розливання сталі та

кольорових сплавів. Це дозволить вирішувати локальні завдання на існуючих металургійних і машинобудівних підприємствах. ГМБЛЗ, завдяки їх компактності, можна застосовувати не тільки при зведенні нових металургійних заводів, а й на вже існуючих машинобудівних підприємствах, що мають ливарні дільниці, для випуску продукції невеликих розмірів. Ливарні цехи, жорстко прив'язані до замовлень від основних цехів підприємства, часто мають завантаження лише на 40—50 % і навіть менше. У деяких випадках частина плавильних агрегатів взагалі не використовується. На такому підприємстві можна встановити ГМБЛЗ, що працює в комплексі з однією або декількома печами і випускає, наприклад, товарні безперервно литі заготовки з будь-якого сплаву. Капітальні витрати в цьому випадку значно знижуються, оскільки плавильне виробництво вже існує і потрібна тільки деяка його модернізація. А наявне допоміжне виробництво (енергетичний, ремонтний та інші цехи) легко забезпечує стабільну роботу ГМБЛЗ.

Кажучи про переваги, не можна не сказати про недоліки. Порівняно з радіальними машинами, ГМБЛЗ мають два найбільш значущі недоліки: більш низька стійкість кристалізаторів і необхідність використання розділового кільця з нітридної кераміки у вузлі з'єднання металоприймача з кристалізатором. Протягом 1990—2000 рр. у світі створено (або реконструйовано) близько 840 МБЛЗ найрізноманітніших конструкцій, у тому числі 188 слябових, 198 великосортних і 423 дрібносортних [8, с. 28].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розвиток безперервного лиття почався з ідей видатних металургів у першій половині XIX ст., але реальна робота почалась лише у XX ст.

Безперервне лиття вперше було застосовано в кольоровій металургії в кінці XIX — на початку XX ст., потім, у середині XX ст., — при розливанні сталі; в 60-х роках XX ст. починається застосування безперервного лиття не тільки для розливання сталі, а й для розливання кольорових сплавів, з 70-х років XX ст. — для отримання чавунних виливків.

Перші установки безперервного лиття були призначені для кольорових сплавів — алюмінієвих, магнітних і мідних.

Найбільш широке застосування горизонтальні машини отримали в Україні та країнах СНД при литті кольорових металів і сплавів. Накопичено великий досвід проектування, виготовлення та експлуатації машин такого типу, які показали себе відносно простим і надійним видом обладнання. Великий внесок у розробку обладнання і технологій горизонтального безперервного лиття зробили українські вчені — професори В.Т. Сладкоштитеєв, О.О. Шатагін, Ю.В. Моїсеев, Є.І. Сокол, А.В. Кіпенський, О.М. Хорошилов, а також їхні учні та співробітники. Зазначені вчені працювали в УкрНДІМеті, ХПІ, Інституті проблем лиття, Харківській інженерно-педагогічній академії.

Застосування горизонтальних машин безперервного лиття для розливання сталі та кольорових сплавів є перспективним при відносно невеликих

обсягах металу. Найкомпактніша машина горизонтального безперервного лиття займає площу в 1,5 кв. м.

Виробництво сталі в світі в ХХІ ст. перевищило 1 млрд т, що свідчить про величезні перспективи запровадження безперервного лиття і в металургію, і в ливарне виробництво.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сталинский Д.В., Рудюк А.С., Глазков А.Я. Вклад украинского научно-исследовательского института металлов в развитие технологии непрерывной разливки стали. *50 лет МНЛЗ в Украине: материалы междунаrod. научной конф.* (Донецк, 4—5 ноября 2010 г.). URL: <https://uas.su/conferences/2010/50let/07/00007.php> (дата звернення: 14.01.2021).
2. Государственная власть СССР. Высшие органы власти и управления и их руководители. 1923—1991 гг. Историко-биографический справочник / Сост. В.И. Ивкин. Москва, 1999. 638 с.
3. Авторское свидетельство СССР. Кристаллизатор для непрерывной разливки стали / А.М. Кондрагук, Р.Я. Якобше, Д.А. Дюдкин, Н.Ф. Наконечный. № 440205; заявл. 07.02.69; опубл. 25.08.74, Бюл. № 31.
4. Авторское свидетельство СССР. Кристаллизатор для установок непрерывной разливки стали / В.А. Ефимов, Б.А. Буклан, В. И. Легенчук, В.И. Московка, Р.Я. Якобше, В.С. Красноголовцев. № 706186; заявл. 18.07.79; опубл. 30.12.79, Бюл. № 48.
5. Развитие черной металлургии в УССР / Под. ред З.И. Некрасова. Киев: Наук. думка, 1980. 960 с.
6. Развитие литейного производства в Украинской ССР / Под ред. В.А. Ефимова. Киев: Наук. думка, 1988. 376 с.
7. Журило Д.Ю. Науково-організаційна діяльність українських вчених у галузі безперервного лиття до 70-х рр. ХХ сторіччя. *Історія науки і біографістика*. 2020. № 2. С. 59—82. <https://doi.org/10.31073/istnauka202002-06>.
8. Журило А.Г., Журило Д.Ю., Моисеев Ю.В. Теоретические и практические основы проектирования машин непрерывного лиття. Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. 174 с.
9. Шатагин О.А., Журило А.Г., Журило Д.Ю. Электроплавка и стабильное непрерывное литье вторичной меди. *Электрометаллургия*. 2008. № 6. С. 20—26.
10. Журило А.Г., Журило Д.Ю. Выдающиеся металлурги и литейщики Харьковщины. Краткие очерки. Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. 260 с.
11. Шатагин О.А., Сладкошгеев В.Т., Варгазаров М.А., Козаченко С.М., Терехов В.Н. Горизонтальное непрерывное литье цветных металлов и сплавов. Москва: Металлургия, 1974. 176 с.
12. Радзиховский В.А. Машины и технология непрерывного лиття во вторичной цветной металлургии. Москва: Металлургия, 1979. 48 с.
13. Достижения в области непрерывной разливки стали. Труды международного конгресса. Москва: Металлургия, 1987. 224 с.
14. Медовар Б.И. Металлургия вчера, сегодня, завтра. Киев: Наукова думка, 1990. 191 с.
15. Авторское свидетельство СССР. Цифровое устройство для управления машиной непрерывного лиття заготовок / Е.И. Сокол, А.В. Кипенский, О.Н. Хорошилов, Л.В. Фетюхина, О.А. Шатагин, В.И. Шевченко, В.М. Сопряжинский, В.К. Рыжко. № 1632621; заявл. 04.04.89; опубл. 07.03.91, Бюл. № 09.
16. Авторское свидетельство СССР. Способ управления машиной непрерывного лиття заготовок дорнового типа и устройство для его осуществления / О.Н. Хорошилов, А.В. Кипенский, О.А. Шатагин, В.Н. Жеребцов, В.И. Шевченко, Е.И. Сокол, В.И. Ря-

- бенький, М.С. Бреслер, В.К. Рыжко. № 1576229; заявл. 20.06.88; опубл. 07.07.90, Бюл. № 25.
17. Журило А.Г., Журило Д.Ю., Твердохвалов В.А. Памяти Ю. В. Моисеева. *Литейное производство*. 2020. № 9. С. 38—39.

Одержано 02.04.2021

REFERENCES

1. Stalinsky, D.V., Rudyuk, A.S., & Glazkov, A.Ya. (2010). The contribution of the Ukrainian Research Institute of Metals to the development of continuous steel casting technology. Proceedings from: International Scientific Conference “50 years of CCM in Ukraine”. Donetsk. URL: <https://uas.su/conferences/2010/50let/07/00007.php> (last accessed: 14.01.2021) [in Russian].
2. Ivkin, V.I. (Ed.) (1999). *State power of the USSR. The highest authorities and management bodies and their heads. 1923—1991. Historical and biographical reference*. Moscow [in Russian].
3. Author’s certificate of the USSR. Mold for continuous casting of steel. A.M. Kondratyuk, R.Ya. Yakobshe, D.A. Dyudkin, N.F. Nakonechny. No. 440205; stated 07.02.69; published on 25.08.74, Bulletin No. 31 [in Russian].
4. Author’s certificate of the USSR. Mold for continuous steel casting plants. V.A. Efimov, B.A. Buklan, V.I. Legenchuk, V.I. Moskovka, R.Ya. Yakobshe, V.S. Krasnogolovtsev. No. 706186; stated 18.07.79; published 30.12.79, Bulletin No. 48 [in Russian].
5. Nekrasov, Z.I. (Ed.) (1980). *Development of ferrous metallurgy in the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
6. Efimov, V.A. (Ed.) (1988). *Development of foundry production in the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
7. Zhurilo, D.Yu. (2020). Scientific and organizational activity of Ukrainian scientists in the field of continuous casting until the 70s of the twentieth century. *History of science and biographical studies*, 2, 59—82. <https://doi.org/10.31073/istnauka202002-06> [in Ukrainian].
8. Zhurilo, A.G., Zhurilo, D.Yu., & Moiseev, Yu.V. (2013). *Theoretical and practical bases of designing continuous casting machines*. Kharkiv: NTU “KhPI” [in Russian].
9. Shatagin, O.A., Zhurilo, A.G., & Zhurilo, D.Yu. (2008). Electric melting and stable continuous casting of secondary copper. *Electrometallurgy*, 6, 20—26 [in Russian].
10. Zhurilo, A.G., & Zhurilo, D.Yu. (2013) *Outstanding metallurgists and foundry workers of Kharkiv region. Short essay*. Kharkiv: NTU “KhPI” [in Russian].
11. Shatagin, O.A., Sladkoshteev, V.T., Vartazarov, M.A., Kozachenko, S.M., & Terekhov, V.N. (1974). *Horizontal continuous casting of non-ferrous metals and alloys*. Moscow: Metallurgy [in Russian].
12. Radzikhovskiy, V.A. (1979). *Machines and technology of continuous casting in secondary non-ferrous metallurgy*. Moscow: Metallurgy [in Russian].
13. Achievements in the field of continuous casting of steel (1987). Proceedings of the International Congress. Moscow: Metallurgy [in Russian].
14. Medovar, B.I. (1990). *Metallurgy yesterday, today, tomorrow*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
15. Author’s certificate of the USSR. Digital device for controlling a continuous casting machine. E.I. Sokol, A.V. Kipensky, O.N. Khoroshilov, L.V. Fetyukhina, O.A. Shatagin, V.I. Shevchenko, V.M. Pryazhinsky, V.K. Ryzhko. No. 1632621; stated 04.04.89; published 07.03.91, Bulletin No. 9 [in Russian].
16. Author’s certificate of the USSR. A method for controlling a machine for continuous casting of mandrel-type blanks and a device for its implementation. O.N. Khoroshilov, A.V. Kipensky, O.A. Shatagin, V.N. Zherebtsov, V.I. Shevchenko, E.I. Sokol, V.I. Ryabenky, M.S. Bresler, V.K. Ryzhko. No. 1576229; stated 20.06.88; published 07.07.90, Bulletin No. 25 [in Russian].

17. Zhurilo, A.G., Zhurilo, D.Yu., & Tverdokhvalov, V.A. (2020). In memory of Yu.V. Moiseev. *Foundry production*, 9, 38-39 [in Russian].

Received 02.04.2021

D.Yu. Zhurylo, PhD (Engineering), associate professor
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”
Kirpicheva str., 2, Kharkiv, 61002, Ukraine
e-mail: zhurilo.dm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0015-9412>

THE CONTRIBUTION OF THE ACADEMIC SCHOOLS
OF PROFESSORS V.T. SLADKOSHTEEV AND O.A. SHATAGIN
TO THE DEVELOPMENT OF HORIZONTAL CONTINUOUS
CASTING IN UKRAINE IN 1960—2000

The process of continuous casting of steel in the world is the most common in hot metal processing due to a number of useful properties inherent in it: a higher yield of suitable metal, sufficient quality of the resulting products, the ability to automate the process, reduce capital costs during production, and many others.

It is established that the history of various types of continuous casting has not received proper coverage, so the research objective is to determine the contribution of Kharkiv metallurgists, designers and inventors in the formation and development of the horizontal continuous casting process. It is proved that on the territory of the former USSR, the process of horizontal continuous casting was explored and implemented in the industrial sector at the Ukrainian Research Institute of Metals (Kharkiv).

The analysis revealed that the founding fathers of the new process were well-known scientists in the field of metallurgy and foundry, Vladimir Timofeevich Sladkoshteev and Oleg Alexandrovich Shatagin. It confirmed that O.A. Shatagin was actively involved in the industrial implementation of horizontal continuous casting machines not only for steel casting, but also for casting non-ferrous metals and alloys based on them. The list of enterprises where the horizontal continuous casting process has been put into production is given.

The reasons why horizontal continuous casting machines were continued to be developed at the Kharkiv Polytechnic Institute are investigated.

The staff involved in the continuous casting department, who worked at the Ukrainian Research Institute of Metals since 1965 until the collapse of the former USSR, have been identified.

It is shown that the work performed under the supervision of O.A. Shatagin was linked to the work on remote control and ensuring the stability of the casting process. Brief information is given about the fundamental works in continuous casting performed by leading Ukrainian scientists and teachers (R.Ya. Yakobshe, Yu.V. Moiseev, E.I. Sokol, A.V. Kipensky, O.M. Khoroshilov), their students and collaborators.

Keywords: *horizontal continuous casting, steel, non-ferrous metals, crystallizer, automation, foundry, Ukrainian Research Institute of Metals.*