



**ДУБОДЕЛОВ**  
**Віктор Іванович** –  
академік НАН України,  
завідувач відділу магнітної  
гідродинаміки Фізико-  
технологічного інституту металів  
та сплавів НАН України

## СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ БАЗИ ВІТЧИЗНЯНИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ МІКРОВИРОБНИЦТВ НА ОСНОВІ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ І ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ МАГНІТНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА МЕТАЛУРГІЇ

**Стенограма наукової доповіді на засіданні  
Президії НАН України 10 квітня 2019 року**

*У доповіді наведено результати фундаментальних і прикладних досліджень зі створення високотехнологічної бази вітчизняних металургійних мікровиробництв для забезпечення потреб машинобудівного комплексу України у високоякісній металопродукції. Обґрунтовано пропозицію про доцільність створення в Україні металургійних мікровиробництв. Запропоновано перелік нових технологічних процесів і агрегатів, освоєних і адаптованих безпосередньо до розвитку таких підприємств з використанням нових наукомістких технічних рішень, напрацьованих українськими вченими.*

Вельмишановний Борисе Євгеновичу!  
Вельмишановні члени Президії НАН України!

Питання, яке сьогодні винесено на обговорення, має надзвичайно важливе значення для промисловості України, оскільки пов'язане з відродженням функціонування машинобудівного комплексу нашої держави і прогресу економіки загалом, згідно з державною стратегією розвитку науки, технологій та інноваційної діяльності, яку зараз активно обговорюють представники вищих органів влади, науковці Академії та широкі кола громадськості.

Зазначена проблема є вельми складною і багатогранною, тому її слід вирішувати передусім стратегічно, на державному рівні. Автори запропонованої вашій увазі пропозиції поставили собі за мету розглянути лише один з багатьох аспектів проблеми і один з можливих шляхів її вирішення, пов'язаний з використанням наявного науково-технічного потенціалу для проведення складних міждисциплінарних досліджень за різними

напрямами та впровадженням оригінальних розробок, виконаних установами НАН України та їхніми партнерами з МОН України.

Йдеться про створення малих за обсягами випуску (до 10 тис. т литих заготовок на місяць) металургійних виробництв для виготовлення металопродукції зі сталі високої якості під конкретні цільові замовлення машинобудівних підприємств. Такі потреби промисловості великі інтегровані металургійні комбінати з повним циклом або металургійні міні-заводи задовольнити ефективно не можуть, оскільки виготовлення дрібних серій продукції для них є економічно не вигідним і технічно складним. Ситуація, що склалася, зумовила в результаті збільшення імпорту в Україну високоякісної продукції для машинобудування. І це в умовах нинішнього занепаду цієї галузі.

Наразі Україна експортує за кордон близько 12 млн т рядової конструкційної сталі на рік у вигляді переважно сортової заготовки, арматури, товстого слябу. Водночас з-за кордону щороку імпортується близько 1 млн т високоякісної сталі у вигляді листа з покриттям та сортової заготовки на суму понад \$1,4 млрд.

Огляд сучасних тенденцій розвитку металургії у світі свідчить про те, що у США, Німеччині, Італії, Австрії, Франції та інших промислово розвинених країнах останнім часом зростає кількість високоефективних металургійних мікровиробництв з безперервним і напівбезперервним литтям, які забезпечують гнучку трансформацію технологічних процесів та можливість одержання невеликих партій високоякісної металопродукції широкої номенклатури за видами заготовки і марками сталей. При цьому широко застосовуються розробки, пов'язані з використанням зовнішніх фізичних дій, переважно енергії електромагнітних полів, на всіх стадіях металургійного переділу з метою поліпшення якості литої металопродукції та підвищення техніко-економічних показників процесів.

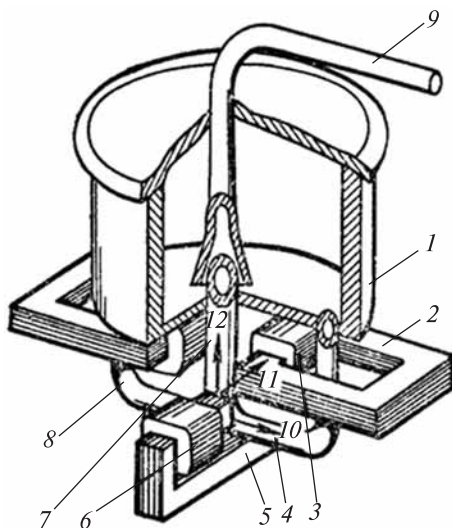
Типова технологічна схема реалізації таких процесів включає плавильний агрегат, як правило, електропід, проміжний ківш, машину безперервного лиття заготовок і прокатний

стан. Головною відмінністю цієї схеми від реалізованих на металургійних комбінатах та міні-заводах є відсутність агрегату «ківш — під», натомість основним агрегатом стає проміжний ківш, оскільки саме він має забезпечити реалізацію кількох важливих функцій, зокрема підігрівання рідкої сталі, витримання, перемішування розплаву, забезпечення його позапічної обробки і кероване заливання в кристалізатор машини безперервного лиття заготовок.

Значний доробок у вирішенні цих проблем мають науковці і виробничники Японії. Концепція їхніх розробок полягала у використанні індукційних канальних систем для нагрівання сталі на різних стадіях функціонування проміжних ковшів. Так, компанія Kawasaki Steel завдяки оснащенню проміжного ковша традиційної конструкції індукційною канальною системою забезпечила компенсацію теплових втрат сталі у проміжному ковші в процесі її розливання в кристалізатор машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ). Проте через відсутність ефективного керування рухом розплаву в системі «індукційний канал — ванна» проміжного ковша і недосконалість пристроїв для подачі рідкої сталі з проміжного ковша в кристалізатор МБЛЗ ця розробка не знайшла практичного застосування.

У Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України було запропоновано і запатентовано, в тому числі за кордоном, магнітодинамічний спосіб впливу на рідкометалеві системи та керування їх станом (рис. 1), а також розроблено і широко впроваджено у промислове виробництво гаму пристроїв реалізації цього способу для різних сплавів, зокрема на основі свинцю, магнію, алюмінію, міді, чавуну і сталі.

Особливість функціонування таких агрегатів полягає в тому, що наявність у них двох автономних систем — для індукування електричного струму значної густини та зовнішнього змінного магнітного поля — дає змогу, крім нагріву металу, створювати електромагнітну силу, яка забезпечує керований рух рідкого металу і, як наслідок, керування процесами тепло- і масопереносу. Таким чином здійснюють-



**Рис. 1.** Схема магнітодинамічної установки МДН-6: 1 – тигель; 2 – магнітопровід індуктора; 3 – обмотка індуктора; 4 і 8 – бічні канали; 5 – магнітопровід електромагніту; 6 – обмотка електромагніту; 7 – центральний канал; 9 – знімний металопровід; 10 – напрям електричного струму; 11 – напрям магнітного поля; 12 – напрям дії електромагнітної сили

ся керування двома головними параметрами ливарних та металургійних процесів: температурою і рухом рідкометалевих середовищ (за напрямком та інтенсивністю).

Видатним досягненням у цій галузі досліджень стало створення першого у світі магнітодинамічного міксер-дозатора рідкої сталі місткістю 6 т. Такий агрегат (рис. 2) було успішно впроваджено на ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» у складі унікального комплексу електрошлакової наплавки валків прокатних станів масою до 50 т (технологія Інституту електродинаміки ім. Є.О. Патона НАН України). Агрегат забезпечує нагрівання, витримання, перемішування і кероване електромагнітне розливання рідкої високолегованої сталі.

Активну участь у цій розробці, крім науковців Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України, брали вчені і фахівці інших організацій, зокрема Інституту електродинаміки НАН України, ВО «Київтрактородеталь» та ПрАТ «Новокраматорський

машинобудівний завод». Особливо хотілося б відзначити творчий, ініціативний підхід колег з Інституту електродинаміки НАН України щодо спільного вирішення складних науково-технічних проблем.

Фактично було створено прототип проміжного ковша для МБЛЗ. Це стало відправним моментом для початку робіт над створенням високотехнологічного обладнання для вітчизняних мікроевиробництв з виготовлення високоякісної металопродукції для машинобудівних підприємств.

До речі, інтерес до придбання цієї розробки для процесів безперервного розливання сталі виявили компанії Nippon Steel (Японія) та Arcelor Mittal (США, дослідний центр у Чикаго).

У подальшому роботи зі створення на цій основі новітнього обладнання і технологій для вітчизняних мікроевиробництв започаткували Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України і Донецький національний технічний університет спільно з Ясинуватським машинобудівним заводом, який спеціалізується на шахтному обладнанні. На сьогодні потреба української промисловості в комплексах МГД-металургійного обладнання для напівбезперервного розливання заготовок із високоякісної сталі оцінюється у 10–20 одиниць. За попередніми оцінками, загальний термін окупності проекту реконструкції підприємства за схемою металургійного мікрозаводу становить 4–5 років від початку проектних робіт. Останнім часом актуальність цих робіт підвищилася з огляду на зростаючі потреби машинобудівних підприємств України, що наразі відроджуються.

Крім того, фахівці Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України у творчій співпраці з колегами з інших установ і організацій, зокрема Інституту електродинаміки НАН України, компанії «Нет Шейп Каст Україна», запропонували кілька спеціальних електромагнітних пристроїв, серед яких:

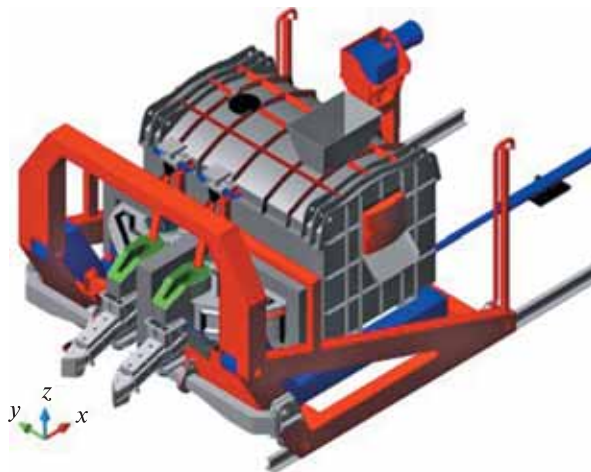
- електромагнітний перемішувач пульсуючого магнітного поля для перемішування металевих розплавів у пічних агрегатах, міксерах, ковшах;

- магнітоакустичний перемішувач для гальмування потоків сталі і перемішування розплаву в кристалізаторі МБЛЗ;
- електромагнітний перемішувач для фінальної зони тверднення безперервнолитої заготовки;
- спеціальний пристрій для керування зоною видачі розплаву та розосередження рідкометалевого потоку по ширині при розливанні металу.

Такі пристрої додатково розширюють функціональні можливості магнітодинамічного проміжного ковша і створюють передумови для інтегрування його в найсучасніші металургійні технології та комплекси обладнання — ливарно-прокатні модулі для одержання тонкого слябу і прямого виготовлення сталевого листа методом лиття-прокатування у дво-валковий кристалізатор.

Враховуючи важливість проблеми, науковці Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України сформулювали аргументовану пропозицію щодо доцільності створення таких мікровиробництв безпосередньо для промисловості України, що передбачає розроблення новітнього металургійного обладнання з елементами МГД-техніки для електромагнітної позапічної обробки сталі і малонапірного розливання її на модернізованих машинах безперервного або напівбезперервного лиття заготовок з подальшим їх прокатуванням.

Суть цієї пропозиції вперше було викладено у журналі «Вісник НАН України» (2015, № 12, с. 33–45), згодом представлено на засіданні Міжвідомчої науково-технічної ради України з проблем позапічної обробки та безперервного розливання сталі, а також на Міжнародному металургійному форумі «Наука та інновації», який проводився за сприяння холдингу «Метінвест». Крім того, інформацію про доцільність створення в Україні металургійних мікровиробництв було заслухано і підтримано на засіданні Бюро Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України 17 січня 2017 р.



**Рис. 2.** Магнітодинамічна установка МДУ-26-С-6,3-2 для перегрівання та розливання сталі і реалізовані в ній режими руху розплаву

Запорукою успішного вирішення зазначеної проблеми стала команда високопрофесійних фахівців різного профілю. До її складу увійшли академік НАН України В.І. Дубоделов — вчений у галузі прикладної магнітної гідродинаміки, металургії та матеріалознавства (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України); доктор технічних наук, професор О.М. Смірнов — відомий фахівець у галузі металургії (позапічна обробка і безперервне розливання сталі) (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України); член-кореспондент НАН України А.А. Щерба — відомий вчений у галузі електротехніки і магнітної гідродинаміки (Інститут електродинаміки НАН України); член-кореспондент НАН України Є.І. Сокол — відомий фахівець у галузі електротехніки і силової електроніки (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»).

На спеціальній координаційній нараді, яка відбулася 27 лютого 2019 р., було узгоджено розподіл напрямів діяльності вказаних виконавців.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик*