



ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

ім. З. І. Некрасова НАН України

2019-2024



Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова Національної академії наук України було засновано рішенням Ради Міністрів УРСР у 1939 році. Спочатку він знаходився у Харкові, а у 1953 році рішенням Академії наук УРСР був перебазований до Дніпропетровська.

Формування основних наукових підрозділів ІЧМ завершилось у 1955 р. До складу ІЧМ увійшли:

- відділ металургії чавуну та прямого отримання заліза під керівництвом академіка АН УРСР З.І.Некрасова;
- відділ металургії сталі під керівництвом кандидата технічних наук Г.П.Пухнаревича;
- прокатний відділ під керівництвом академіка АН УРСР О.П.Чекмарьова;
- відділ термічної обробки сталі під керівництвом академіка АН УРСР К.Ф.Стародубова;
- лабораторія металознавства під керівництвом члена-кореспондента АН УРСР К.П.Буніна;
- лабораторія механізації та автоматизації металургійних агрегатів під керівництвом чл.-кор. АН УРСР С.М.Кожевнікова;
- ливарна група під керівництвом доктора технічних наук Н.О.Воронової;
- хіміко-аналітична лабораторія під керівництвом кандидата хімічних наук М.С.Ковтуна;
- проектно-конструкторський відділ під керівництвом інж. М.С.Кофмана.



О.П.Чекмарев



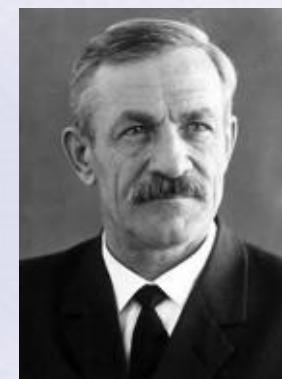
К.Ф.Стародубов



З.І. Некрасов



К.П.Бунін



С.М.Кожевніков



Н.О.Воронова

Структура ІЧМ



ДИРЕКЦІЯ

НАУКОВІ ВІДДІЛИ

Відділ фізико-хімічних проблем
металургійних процесів

Відділ металургії чавуну

Відділ технологічного
обладнання та систем
управління

Відділ позапічної обробки
чавуну

Відділ процесів і машин
обробки металів тиском

Відділ фізико-технічних
проблем металургії сталі

Відділ проблем деформаційно-
термічної обробки
конструкційних сталей

Відділ термічної обробки
металу для
машинобудування

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ВІДДІЛИ

Науково-організаційний відділ

Відділ головного метролога

Відділ стандартизації
та управління якістю продукції

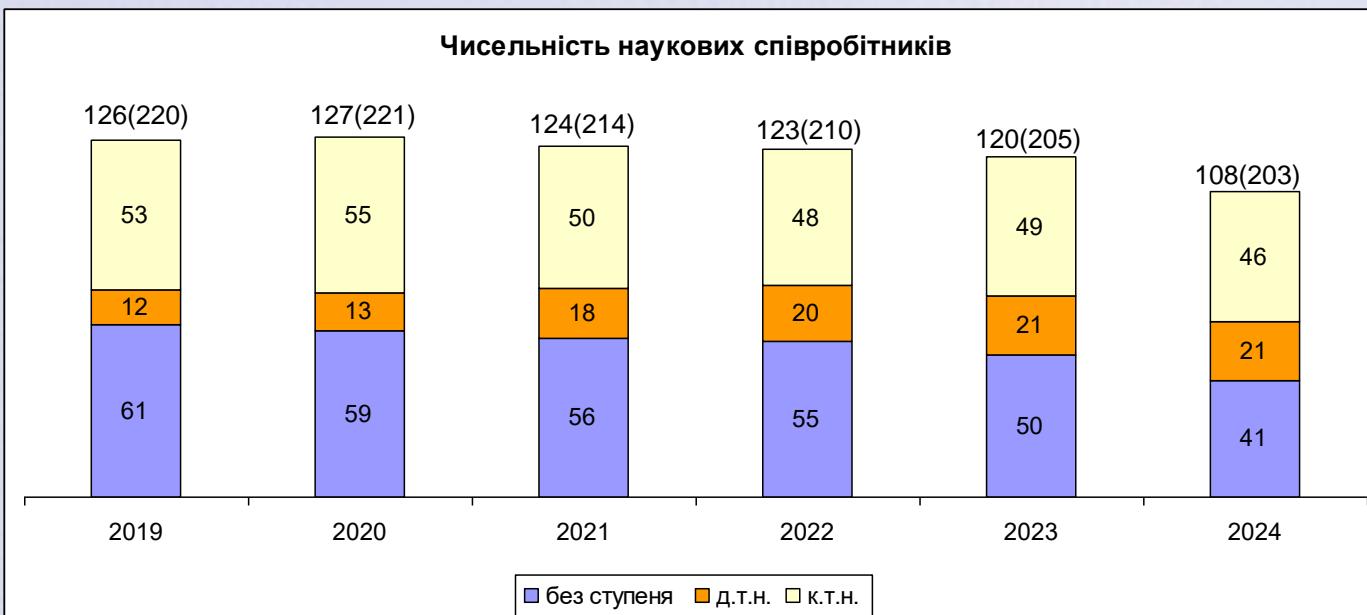
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО

АДМІНІСТРАТИВНО-ГОСПОДАРЧІ ПІДРОЗДІЛИ

Кадровий склад



Чисельність наукових співробітників



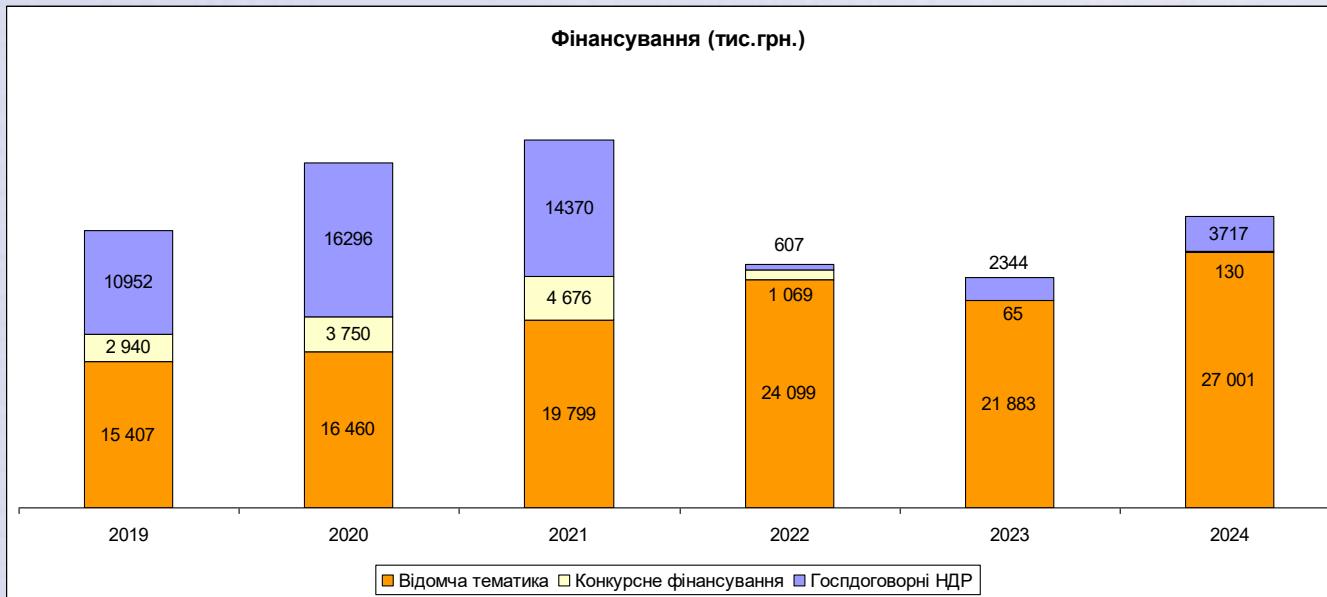
Кількість дослідників за статтю та науковим ступенем

Рік	Кількість дослідників				з них мають науковий ступінь						
	Всього	у тому числі		Всього	доктора наук			доктора філософії (кандидата наук)			
		жінок			у тому числі		доктора наук		доктора філософії (кандидата наук)		
		осіб	у % до загальної кількості		осіб	у % до загальної кількості	осіб	у % до загальної кількості	осіб	у % до загальної кількості	
2019	126	46	36,5%	12	2	16,7%	53	15	28,3%		
2020	127	67	52,8%	13	3	23,1%	55	16	29,1%		
2021	124	45	36,3%	18	4	22,2%	50	15	30,0%		
2022	123	44	35,8%	20	5	25,0%	48	13	27,1%		
2023	120	44	36,7%	21	5	23,8%	49	14	28,6%		
2024	108	41	34,3%	21	5	23,8%	46	15	32,69%		

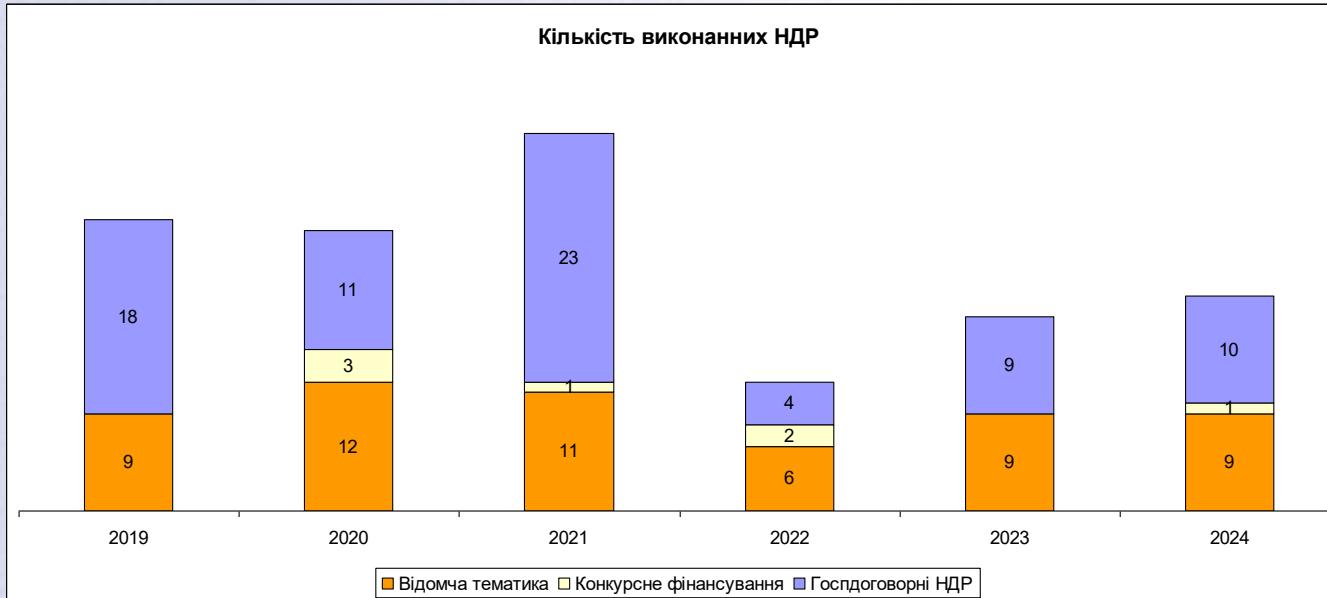
Джерела фінансування (тис. грн.)



Фінансування (тис. грн.)



Кількість виконаних НДР



Проекти ІЧМ, що фінансуються на конкурсній основі з національних джерел



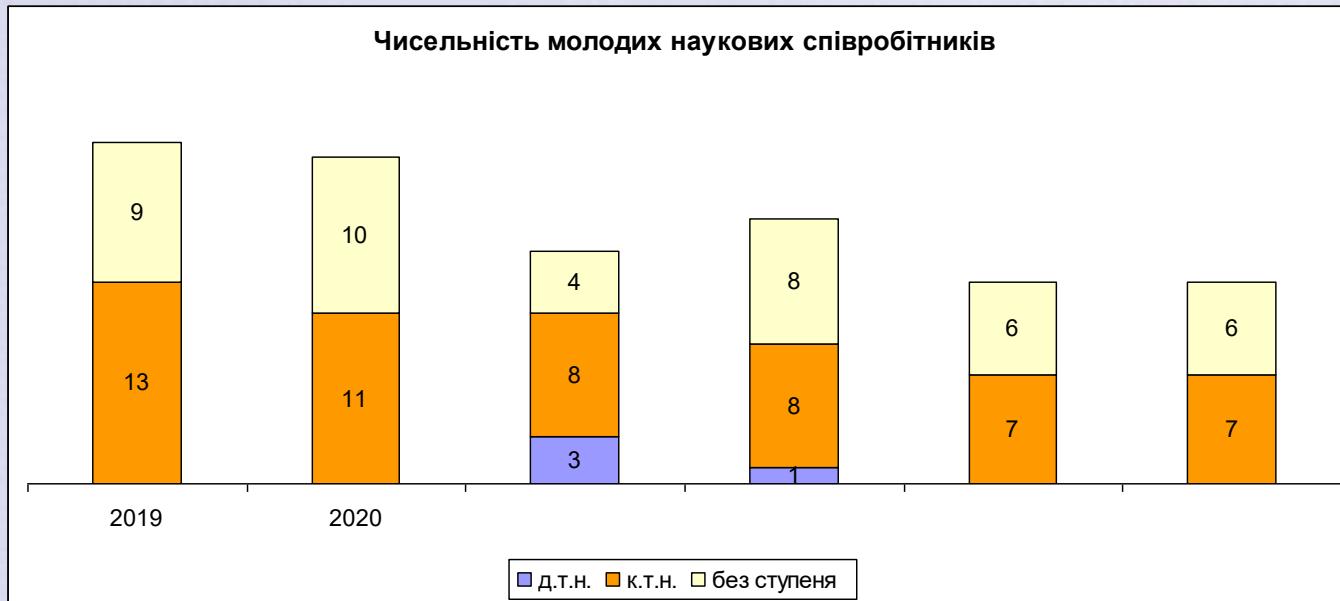
Протягом 2019-2024 років в ІЧМ виконано 11 проектів, що фінансувалися на конкурсній основі НАН України:

- 2 НДР за програмою «Цільова програма наукових досліджень НАН України «Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд» (Ресурс-2) на 2016-2020 рр.» на загальну суму 370 тис.грн.,
- 4 НДР за програмою «Цільова програма наукових досліджень Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України «Перспективні конструкційні та функціональні матеріали з тривалим терміном експлуатації, фундаментальні основи їх одержання, з'єднання та обробки» на суму 5 395 тис.грн;
- 3 НДР за програмою «Науково-дослідні роботи молодих учених НАН України» на суму 630 тис.грн.
- 2 НДР за програмою «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України» на суму 2 530 тис.грн.

3 проекти на суму 597 тис.грн. виконано на замовлення МОН України:

Науковці ІЧМ приймали участь у конкурсах НФДУ с проєктами «Вдосконалення технології 3D-друку методом вибіркового лазерного плавлення для виготовлення елементів військової техніки з титанових сплавів» та «Розробка та впровадження технології виплавки чавуну з використанням енергоефективних способів управління та удосконалених методів утилізації промислових відходів в умовах повоєнного відновлення України».

Підготовка наукових кадрів, підвищення рівня кваліфікації та кар'єрне зростання молодих вчених



За 2019-2024 рр. співробітниками ІЧМ успішно захищенні 6 дисертацій з наукового ступеня кандидата наук та 5 доктора наук. 8 науковців отримали звання старшого наукового співробітника/старшого дослідника.

В 2019-2024 рр. 10 молодих науковців ІЧМ отримували Стипендію Президента України та Стипендію НАН України для молодих вчених.

У 2022 р. Премію Президента України для молодих вчених за роботу «Концептуальні основи вибору хімічного складу сталі для залізничних коліс з підвищеною стійкістю» отримали Кононенко Г.А., Снігур І.Р., Подольський Р.В.

Відзнакою Національної академії наук України для молодих учених «Талант, натхнення, праця» нагороджені к.т.н. Поворотня І.Р., к.т.н. Корнілов Б.В. та докт.філ. Подольський Р.В.

Сафронова О.А. нагороджена Грамотою Президії НАН України та Ради молодих вчених НАН України за вагомі наукові здобутки.

Подольський Р.В. став лауреатом конкурсу «Молодий вчений року» МОН України (номінація «Матеріалознавство»), а Сафронова О.А. лауреатом конкурсу НАН України «Найкращий молодий вчений Академії» (номінація «Аспірант»).

Аспірантура та докторантур



У 2022 році ІЧМ отримав ліцензію на провадження освітньої діяльності на рівні вищої освіти.

У 2022 році була розроблена освітньо-наукова програма за спеціальністю 136-Металургія,

у 2023 – освітньо-наукова програма за спеціальністю 132-Матеріалознавство.

Зраз в ІЧМ навчається 6 аспірантів та 2 докторанти.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. З. І. НЕКРАСОВА НАН УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України



 Бабатенко О. І.

«20» червня 2022 р.

ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА
ТРЕТЬОГО (ОСВІТНЬО-НАУКОВОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ

13 Механічна інженерія
136 Металургія

Ухвалено вченого радио
Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України
(протокол №б від 20.06.2022)

Дніпро
2022

Додаток 1
до наказу Міністерства освіти і
науки України від 29.03. 2022
№ 56-л

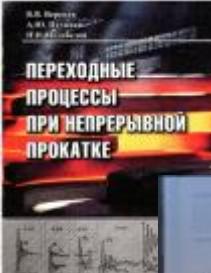
Про видачу ліцензії на провадження освітньої діяльності Інституту чорної
металургії ім. З.І. Некрасова Національної академії наук України на рівні
вищої освіти

(відповідно до статті 7 Закону України "Про ліцензування видів господарської діяльності", статті
24 Закону України "Про вищу освіту")

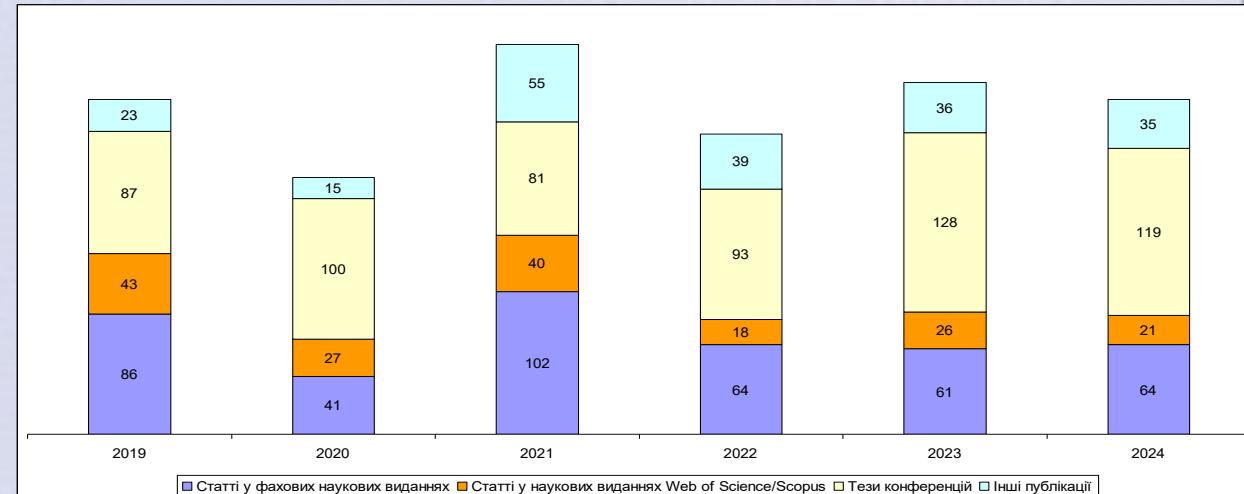
Вих. № заяви юридичної особи	Дата
6973	26.01.2022
Вх. № заяви юридичної особи	Дата
95/0/9.5-22	27.01.2022
Найменування юридичної особи	Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова Національної академії наук України
Ідентифікаційний код юридичної особи	00190294
Вид освітньої діяльності, зазначений юридичною особою у заявлі	Започаткування провадження освітньої діяльності на третьому (освітньо- науковому) рівні
Ліцензований обсяг, зазначений юридичною особою у заявлі	2 особи (на рік)

Наказом Міністерства освіти і науки України 23.12.2022 №1166 в
ІЧМ було затверджено Спеціалізовану вчену раду з присудження
наукового ступеня доктора наук за спеціальностями

- 05.16.01 «Металознавство та термічна обробка металів»,
05.16.02 «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних
сплавів»



Публікаційна активність науковців ІЧМ

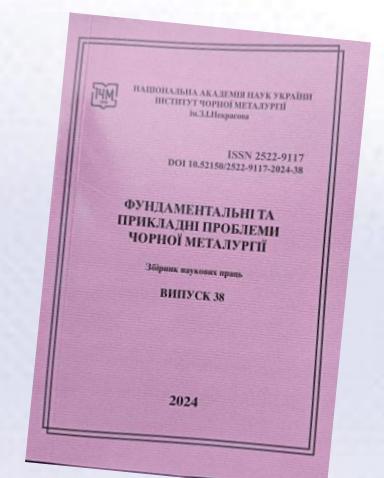


За 2019-2024 рр. співробітники ІЧМ опублікували:

- 31 монографію;
- 175 статей у виданнях, що індексуються наукометричними базами Web of Science и Scopus;
- 418 статей у фахових виданнях;
- 608 тез на міжнародних конференціях, проведених в Україні і за її межами
- 6 номерів збірників наукових праць «Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії».

Отримано 30 документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Збірник наукових праць «Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії»/«Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy» входить до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії» ІЧМ видає з 1995 р.



**ТЕХНІЧНИЙ КОМІТЕТ СТАНДАРТИЗАЦІЇ
«ЧАВУН, ПРОКАТ ЛИСТОВИЙ, ПРОКАТ СОРТОВИЙ ТЕРМОЗМІЦНЕНІЙ,
ВИРОБИ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ, МЕТАЛЕВІ ВИРОБИ,
ІНША ПРОДУКЦІЯ З ЧАВУНУ ТА СТАЛІ» (ТК 4)**



На базі ІЧМ працює Технічний комітет стандартизації «Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термоzmіцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція з чавуну та сталі», який був створений спільним наказом Державного комітету України з стандартизації, метрології та сертифікації та Державного комітету України з металургійної промисловості 18-23 лютого 1992 року.

У зв'язку зі скасуванням в Україні ГОСТів, одним з пріоритетних напрямів діяльності ТК 4 є розробка сучасних ДСТУ на їхню заміну, а також гармонізація сучасної міжнародної нормативної документації. Крім того, ТК 4 активно розробляє нові редакції стандартів на металургійну продукцію з урахуванням сучасних вимог до якості металопродукції.

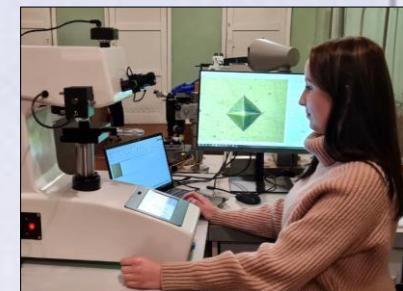
Головні напрями діяльності ТК4:

- розробка, розгляд і погодження проектів національних стандартів (ДСТУ);
- перегляд і перевірка стандартів, підготовка змін та пропозицій щодо скасування застарілих ДСТУ та ГОСТів, а також, за дорученням ДП «УкрНДНЦ» підготовка пропозицій для голосування щодо проектів міждержавних і регіональних стандартів;
- сприяння застосуванню стандартів інших країн як національних стандартів України;
- розробка національних і міждержавних стандартів, що гармонізовані з міжнародними і регіональними нормативними документами;
- визначення пріоритетності прямого впровадження в Україні міжнародних та регіональних стандартів;
- розробка частини програми робіт із стандартизації за закріпленими об'єктами стандартизації або сферами діяльності;
- розгляд пропозицій щодо внесення змін до чинних НД або їх перегляд на предмет скасування або зміни.

ТК 4 активно співпрацює:

- з іншими ТК в суміжних сферах діяльності: ТК 2 «Прокат сортовий, фасонний та спеціальні профілі», ТК 3 «Стандартизація методів визначення хімічного складу матеріалів металургійного виробництва», ТК 6 «Прокат, зливки, поковки і вироби із спеціальних сталей та сплавів», ТК 8 «Труби сталеві та балони», ТК 44 «Зварювання та споріднені процеси», ТК 50 «Сірка», ТК 81 «Стандартизація методів контролю механічних, металографічних і корозійних властивостей металопродукції», ТК 83 «Вагони», ТК 97 «Заготовка прямокутна (сяби), квадратна, трубна, прокат», ТК 100 «Сталеві дротяні канати», ТК 111 «Добрива та пестициди», ТК 117 «Ракетна і ракетно-космічна техніка», ТК 120 «Упаковка, тара, пакувальні матеріали», ТК 136 «Кріпильні вироби»;
- підприємствами (організаціями) – користувачами стандартів, об'єднаннями споживачів, випробувальними центрами (лабораторіями) і органами сертифікації, іншими заінтересованими сторонами.

Центр колективного користування науковими приладами



ЦККП ІЧМ НАН України має у своєму складі сучасне наукове обладнання: настільний сканувальний електронний мікроскоп «Coxem EM-40», оптичний мікроскоп «Axiovert 200M МАТ», мікротвердомір по Віккерсу «LHVS-1000Z

З використанням наукового обладнання ЦККП за звітній період виконано 19 НДР відомчої та пошукової тематики, цільових і конкурсних програм НАН України, 2 НДР за спільними конкурсними проектами з МОН України та 50 робіт господарсько-договоріної тематики.

До найбільш вагомих науково-технічних здобутків ЦККП за звітний період можна віднести наступні:

- побудовано термокінетичні діаграми та встановлено кінетику і кількісні параметри розпаду аустеніту сталей C82DCr, C82DV, C82DCrV, C86DB для виготовлення високоміцних металовиробів, а також рейкової сталі K76Ф;
- досліджено вплив параметрів режиму термічного зміщення при використанні переривчастого й перерваного гартування на формування структури та механічних властивостей стрижневого арматурного прокату зі сталей, що містять 0,57-0,88% С.
- досліджено рівномірність розподілу структури в дослідних сталях для залізничних коліс різного призначення в залежності від хімічного складу та режимів термічного оброблення;
- розроблено методику для визначення гранично припустимих швидкостей охолодження сталей для залізничних коліс, залізничних осей та рейок, а також валкових сталей та трубопрокатного інструменту;
- досліджено особливості формування структури та фазового складу нових економнолегованих хромомарганцевих сплавів у литому стані, що призначенні для виготовлення прошивних оправок трубопрокатних станів;
- досліджено особливості формування структури економнолегованих сталей, що призначенні для виготовлення товстолистового прокату, а також визначено особливості кінетики розпаду аустеніту за швидкостей охолодження, які забезпечують утворення структури нижнього безкарбідного бейніту або тонкодисперсного сорбіту.
- розроблено прогнозні моделі впливу хімічного складу, швидкостей охолодження та особливостей формування структури на зміну фазових перетворень в деталях, виготовлених адитивним способом виробництва зі сталі AISI 316L.

У звітному періоді ЦККП надавав активну допомогу ЗВО – ННІ «ДМетІ», ННІ «ПДБіА», ННІ «ДПТ», ДНУ ім.О.Гончара, ДНТУ, співпрацював з Інститутом матеріалознавства Еріха Шміда (Австрійська АН) та Інститутом сталі Рейнсько-Вестфальського технічного університету Ахен, провідними металургійними підприємствами (ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»; ВАТ МК «Азовсталь», ПРАТ «ДМК», ВАТ «ММЗ»), а також з підприємствами – представниками середнього бізнесу.

З метою підвищення ефективності науково-дослідних робіт, координації спільних наукових досліджень фундаментального і прикладного характеру з актуальних проблем сучасної металургії, взаємовигідного використання наукового і матеріально-технічного потенціалу у сфері навчальної роботи ІЧМ укладені договори про співпрацю і творче співробітництво з вищими навчальними закладами регіону:

- Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (НТУ «ДП»)
- Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (ДНУ)
- Дніпровський державний технічний університет
- Український державний університет науки і технологій (УДУНТ):
 - ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
 - ННІ «Дніпровський металургійний інститут»
 - ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 - ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»

З 2002 р. в ІЧМ працює Факультет цільової підготовки наукових і педагогічних кадрів подвійного підпорядкування за двосторонньою угодою між ІЧМ та НМетАУ. В 2013р. створена філія кафедри термічної обробки металів ім.академіка К.Ф.Стародубова НМетАУ.

За 2019-2024 рр. більше 190 студентів Українського державного університету науки і технологій, Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, Дніпровського національного університету, Дніпровського державного хіміко-технологічного університету пройшли в ІЧМ виробничу та переддипломну практику. Більше 20 викладачів різних ЗВО Дніпра проходили в ІЧМ стажування з метою підвищення кваліфікації.

Наукові співробітники ІЧМ викладають (за сумісництвом) профільні дисципліни в вищих навчальних закладах регіону, беруть активну участь у формуванні та оновленні редакцій робочих програм та навчальних посібників відповідних спецкурсів, у роботі державних та атестаційних комісій у ЗВО та спеціалізованих рад з захисту дисертацій.

Експертна діяльність



ІЧМ здійснює науково-експертну діяльність в інтересах та на замовлення органів державної та місцевої влади, промислових підприємств, громадських організацій, Служби безпеки України та ін.

На замовлення ПАТ «Укрзалізниця» і провідних вітчизняних виробників залізничних вагонів після втрати продукції залізничного призначення, що вироблялась на металургійних підприємствах м.Маріуполя, ІЧМ надано пропозиції з визначення сталі-аналога (замінника) за нормативними документами Європейського союзу для виготовлення листового прокату за ГОСТ 1577-93 різних товщин.

На запит Антимонопольного комітету України надано експертну консультацію стосовно технологічних схем виготовлення та класифікації сталевої катанки, яка призначена для подальшого перероблення методом холодного пластичного деформування (волочіння) у різні металовироби. Проведено класифікацію номенклатурних позицій сталевої катанки із розподілом на види, марки, сфери застосування, розглянуто аспекти можливої взаємозаміни різних сталей за ознаками подібності призначення, фізичних, технічних, експлуатаційних та споживчих властивостей.

На запит ОП «Укрметалургпром» надано експертний висновок стосовно використання електротехнічних сталей.

На запит Головного управління Національної поліції в Дніпропетровській області шляхом залучення в якості експерта спеціаліста, який володіє спеціальними навичками та знаннями, надано консультації щодо проведення дослідження якості металопродукції для залізничного транспорту.

На запит ПРАТ МК «Запоріжсталь» та ПРАТ «Запоріжвогнетрив» надано експертний висновок щодо причин руйнування вогнетривкої футерівки склепінь двованих сталеплавильних агрегатів.

На запит ПрАТ «Гарант Метиз Інвест» надано експертний висновок «Класифікації відходів цеху гарячого оцинкування сталевого дроту ПрАТ «ГМІ».

На запит ТОВ НВП «ТЕРМЕТ» надано рекомендації та протоколи випробування «Лабораторні дослідження механічних властивостей та металографічний аналіз зразків каліброваного прокату та пружинного дроту різних діаметрів з вуглецевих сталей».

На запит Групи «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ» надано Експертні висновки стосовно

- ефективності використання у доменному виробництві природного газу в якості паливної добавки в умовах застосування коксу низької якості;
- ефективності спільногодування природного газу та пиловугільного палива у доменному виробництві;
- оптимального діапазону зміни середньоквадратичного відхилення вмісту кремнію у чавуні на випусках продуктів плавки на доменних печах;
- ефективності використання завантаження подач залізорудних матеріалів збільшеної ваги у доменному виробництві;
- ефективності використання австралійського вугілля Baralaba та чеського вугілля OKD для пиловугільного палива у доменному виробництві.

На запит Комітету національної премії України імені Бориса Патона надана Науково-технічна експертиза роботи, що подавалася на здобуття премії «Композитні (гнотові) графітовані електроди для промислових дугових сталеплавильних печей».

За 2019-2024 рр. науковці ІЧМ 25 разів залучались в якості експертів в проекти НДФУ, МОН, НАН України, HORIZON European Institute of Innovation and Technology і European Health and Digital Executive Agency.

Впродовж звітного періоду ІЧМ співпрацював:

- З японською корпорацією «Nippon Steel Sumitomo Metals Corporation» в галузі конвертерного виробництва сталі з метою підвищення якості сталі за допомогою електричного, електромагнітного та іонного впливу на ванну рідкого металу в конвертері. В результаті виконання проєкту одержані два патенти на винаходи: JP 7150149 B2 2022.10.7 転炉設備 (Перетворювальне обладнання) та PCT /JP2019/015737 Highly Efficient Molten Iron Alloy Refining Method (Високоефективний спосіб рафінування сплавів заліза).
- З металургійними комбінатами Китайської Народної Республіки і Республіки Союз М'янма в напрямку досліджень і розробок технологій, будівництва і впровадження устаткування для позапічної десульфурації рідкого чавуну в великих ківшах за допомогою диспергованого магнію та інших реагентів.
- З Гуандунським Союзом з міжнародного співробітництва з країнами СНД (КНР) в напрямку пропагування досягнень ІЧМ в галузі чорної металургії і ознайомлення підприємств регіону з новітніми розробками ІЧМ НАН України з метою їх впровадження в КНР.

Зараз в ІЧМ виконуються декілька міжнародних проєктів:

- спільний українсько-австрійський науково-дослідний проект, метою якого є розроблення параметрів термічного оброблення сталі аустенітного класу AISI 316L для зниження рівня залишкових напружень та запобігання відхиленню у геометрії деталей, виготовлених способом селективного лазерного плавлення;
- спільний українсько-німецький науково-дослідний проект, суть якого полягає в розробленні рекомендацій щодо співвідношення та рівня твердості в контактній парі колесо-рейка для запобігання розвитку втомних тріщин та передчасного руйнування.

В 2024 році Інститут виконав міжнародний контракт з Американською Енергетичною Технологічною Компанією (American Energy Technologies Co) «Дослідження засвоєння вуглецю графітового матеріалу AETC при виплавці чавуну».

Співробітники ІЧМ проходили наукове стажування в установах далекого зарубіжжя:

- зам.директора ІЧМ д.т.н. Меркулов О.Є. у Centre for Ironmaking Materials Research університету Ньюкасла (Австралія) проводив дослідження металургійних властивостей агломертау та окатишів вітчизняного виробництва;
- зав.ВФХП к.т.н. Степаненко Д.О. в Instituts für Eisen- und Stahltechnologie TU Bergakademie (Німеччина) виконував експериментальні дослідження в'язкості, електропровідності, температури плавлення, фазового та мінералогічного складу оксидних розплавів систем $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{CaF}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3$;
- к.т.н. Юшкевич П.О. у Технічному Університеті Варна (Болгарія);
- м.н.с. Щербачов В.Р. проходив стажування в TU Bergakademie Freiberg (Germany).

Співпраця із зарубіжними науковими інституціями



Країна-партнер	Установа-партнер	Тема співробітництва	Замовник	Практичні результати
Австралія	Centre for Ironmaking Materials Research університету Ньюкасла	Дослідження металургійних властивостей агломерату та окатишів	Австралійська академія наук	Дослідження поведінки вітчизняних окатишів та агломерату у високотемпературній зоні доменної печі при використанні водню
Австрія	Erich Schmid Institute of Materials Science of the Austrian Academy of Sciences	Удосконалення режимів термообробки AISI 316L виробництва SLM для зниження залишкових напружень	МОН України	Розробка режимів термічної обробки виробів зі сталі AISI 316L, виготовлених SLM з досягненням комплексу механічних властивостей та зменшенням внутрішніх напружень
Німеччина	Steel Institute, RWTH Aachen University	Вплив структурної та хімічної неоднорідності на зносостійкість та поширення втомних тріщин в місці контакту колеса – рейка	МОН України	Розроблено рекомендації щодо рівня та співвідношення твердості коліс та рейок різного хімічного складу, способу виготовлення для різних умов експлуатації, що підвищують безпеку залізничного руху.
Німеччина	Instituts für Eisen- und Stahltechnologie TU Bergakademie	Дослідження металургійних розплавів у рідкому стані	Програма Erasmus+	Експериментальне дослідження в'язкості, електропровідності, температур плавлення, фазового та мінералогічного складу оксидних розплавів систем CaO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -MgO-CaF ₂ -Fe ₂ O ₃
Німеччина	Materialforschungs- und – Prüfanstalt Weimar (MFPA) / Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW)	Можливості адітивного виробництва металевих та керамічних запасних частин та інструментів для реконструкції України	Федеральне міністерство освіти та наукових досліджень Німеччини (BMBF)	Розвиток сучасних підходів до машинного навчання для покращення якості виробів, виготовлених за SEM та LPBF технологіямі
Швеція	KTH Royal Institute of Technology	Розробка нових дифузійних рішень в металах і сплавах	Шведський фонд стратегічних досліджень	Створення інтегральної теорії дифузії домішкових атомів у металах з урахуванням взаємного впливу елементів на дифузію, в першу чергу вуглецю
Японія	NSSMC (Nippon Steel Sumitomo Metals Corporation)	Конвертерне виробництво сталі	NSSMC	Отримано 2 спільних закордонних патенти: CONVERTER FACILITY та METHOD FOR REFINING MOLTEN IRON ALLOY EXCELLENT IN EFFICIENCY



Нагороди і відзнаки



За звітний період в ІЧМ відзначалися дві важливі дати – 80-річчя (2019) та 85-річчя (2024) з дня заснування. Обом датам були присвячені святкові засідання Вченої ради, збори трудового колективу, ювілейні випуски Збірника наукових праць «Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії» та всеукраїнської науково-технічної конференції «Наука і Металургія». Багато співробітників ІЧМ отримали нагороди та відзнаки Національної академії наук України, Центрального комітету профспілок, Придніпровського наукового центру, держадміністрації.



У 2023 році авторському колективу у складі Бабаченка О.І., Кононенко Г.А., Подольського Р.В. присуджено премію НАН України ім. З.І. Некрасова за наукову роботу в галузі металургії «Розробка технологічних параметрів виробництва металопрокату залізничного призначення та методи оцінювання якості, що забезпечують стабільність якості та довговічність».

У 2022 р. Премію Президента України для молодих вчених за роботу «Концептуальні основи вибору хімічного складу сталі для залізничних коліс з підвищеною стійкістю» отримали д.т.н. Г.А. Кононенко, к.т.н. І.Р. Снігур, докт.філ. Р.В.Подольський.



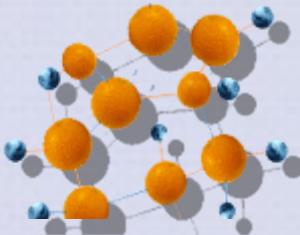
У 2024 р. м.н.с. Сафонова О.А. стала переможницею конкурсу Національної академії наук України «Найкращий молодий вчений Академії» (номінація «Аспірант»). Також Сафонова О.А. була нагороджена Грамотою Президії НАН України та Ради молодих вчених НАН України за вагомі наукові здобутки.

У 2024 р. докт.філ. Подольський Р.В. став лауреатом конкурсу "Молодий вчений року" МОН України у номінації "Матеріалознавство".

25 квітня 2024 року директор ІЧМ д.т.н. Бабаченко Олександр Іванович був обраний членом-кореспондентом НАН України.



Основні напрямки фундаментальних і прикладних досліджень



- 1. Дослідження фізико-хімічних та термодинамічних процесів у багатокомпонентних металевих системах та рідкому стані шлакометалевих розплавів і розробка нових матеріалів з наперед заданими властивостями**

- 2. Розвиток наукових основ формоутворення залізовуглецевих сплавів і управління їх структурою та властивостями**

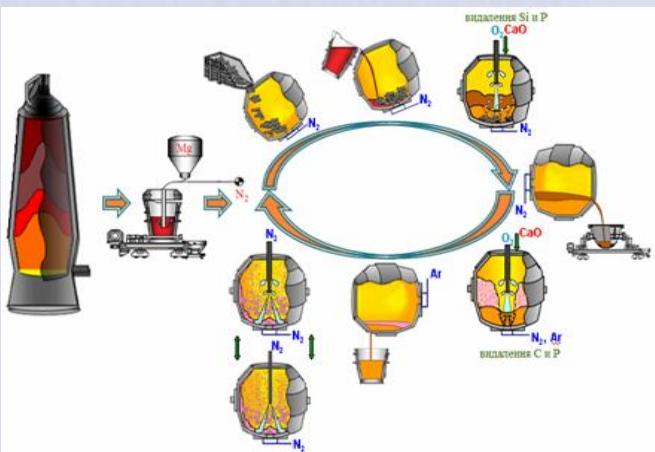
- 3. Розробка нових енергозберігаючих технологій, обладнання, систем контролю та управління у виробництві чавуну, сталі й прокату**

- 4. Науково-технічне супроводження Програми розвитку гірничо-металургійного комплексу України**

РОЗРОБКА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЙ ОДЕРЖАННЯ СТАЛІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ



Визначено наукові засади і розроблено технічні рішення комплексної технології виробництва чавуну, сталі та металопрокату, спрямованої на покращення якості металопродукції вітчизняних виробників та підвищення її конкурентоспроможності.



Окремі стадії технологічного маршруту «аглодоменне виробництво → позапічна обробка чавуну → сталеливарне виробництво → термічна обробка металопрокату» було досліджено комплексно як етапи єдиного виробничого процесу з урахуванням їх взаємозв'язку і взаємовпливу, маючи на меті розробку ефективних параметрів «наскрізної» технології отримання металопродукту для паливно-сировинних умов ГМК України.

На основі аналізу результатів досліджень процесів в доменних печах та сталеплавильних агрегатах, які працюють в нестабільних сировинних та енергетичних умовах, були визначені найбільш оптимальні співвідношення паливних добавок в доменному виробництві та способи використання триярусної конструкції кисневої форми в поєднані з позапічної десульфурацією чавуну гранульованим магнієм, які призводять до зменшення енерго- та ресурсовитрат, зниженню собівартості готової продукції та зменшенню забрудненості неметалевими включеннями.

В умовах промислових випробувань на ПАТ «ДМК» при використанні пиловугільного палива та агломерату з підвищеним вмістом вторинних ресурсів були визначені оптимальні співвідношення різних видів палива (зокрема, природний газ – 40-50 м³/т чавуну, пиловугільне паливо – 110-120 кг/т чавуну), за яких економія питомої витрати коксу склала ~ до 3%, що призвело до зниження собівартості виробництва чавуну на ~2,1 %.

РОЗРОБКА РЕЖИМІВ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ДЛЯ СУЧАСНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ УМОВ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУНУ В УКРАЇНІ



Розроблено концепцію та науково-практичні основи для вибору раціональних технологій і режимів доменної плавки, спрямованих на зменшення викидів діоксиду вуглецю з доменної печі.

Вдосконалені теплоенергетична та ексергетична моделі доменної плавки блоком розрахунку прогнозного викиду вуглекислого газу.

Встановлено закономірності впливу різних паливних добавок (пиловугільного палива (ПВП), водню, природного, коксового та угарного газу, мазуту) на викиди CO₂ враховуючи їх підігрів перед вдуванням в доменну піч при підтримці постійної (2100°C) чи змінної (1800-2200°C) теоретичної температури горіння з врахуванням допалювання CO поза доменною піччю.

	ПВП 250 кг/т	Природний газ 200 м ³ /т	Кокsovий газ 300 м ³ /т	Водень 600 м ³ /т	Угарний газ 300 м ³ /т	Мазут 200 кг/т	Пластик 100 кг/т PE/PS/PET
Викиди CO ₂	-11%** (-0,44%)*	-15% (-0,75%)	-15% (-0,5%)	-26% (-0,45%)	+9% (+0,46%)	-16% (-0,8%)	-11%/ -8,5%/0%
Вихід ВЕР	-10% (-0,4%)	+74% (+3,7%)	+60% (+2%)	+81% (+1,62%)	+7% (+0,24%)	+29% (1,92%)	+6%/+8% /-8%
Кокс	-45% (-1,8%)	-35% (-1,75%)	-28% (-0,93%)	-25% (-0,5%)	-28% (-0,95%)	-45% (-2,3%)	-24%/ -23%/12%
З врахуванням підігріву палива:							
	400°C	800°C	800°C	1000°C	800°C	Без підігріву	Без підігріву
Викиди CO ₂	-11,2%	-23,4%	-23%	-31%	+4,5%		
Вихід ВЕР	-8%	+63,5%	+55,3%	+97%	+2%		
Кокс	-46%	-39%	-31%	-31,3%	-34,6%		

Встановлено закономірності впливу використання металодобавок та пластику, зміни параметрів дуття, теплових втрат в системі охолодження, вмісту FeO в шихті та ступеня використання CO та H₂ в доменній печі на зміну викидів CO₂.

Визначено значення критичних витрат паливних добавок, при яких очікується досягнення повного відновлення заліза непрямим шляхом, а значить, і мінімальної витрати палива при досягненні rd близького до 0% при постійній чи змінній теоретичній температурі.

Розроблено рекомендації щодо раціонального використання в доменній печі водневмісних паливних добавок спільно з ПВП за критеріями зменшення собівартості чавуну та зменшення викидів CO₂, при яких очікується досягнення повного відновлення заліза непрямим шляхом.

РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА



Розроблено системи автоматизованого моніторингу (діагностичні моделі), які дозволяють надати нову та уточнену інформацію щодо протікання процесів доменної плавки:

- САК «Контроль теплових втрат і витрати коксу на їх компенсацію»
 - САК «Теплова робота і контроль розпалу шахти»
 - САК «Теплова робота і контроль розпалу горна»
 - САК «Діагностика і управління завантаженням шихти»
 - САК «Система контролю і стабілізації шлакового режиму доменної печі».

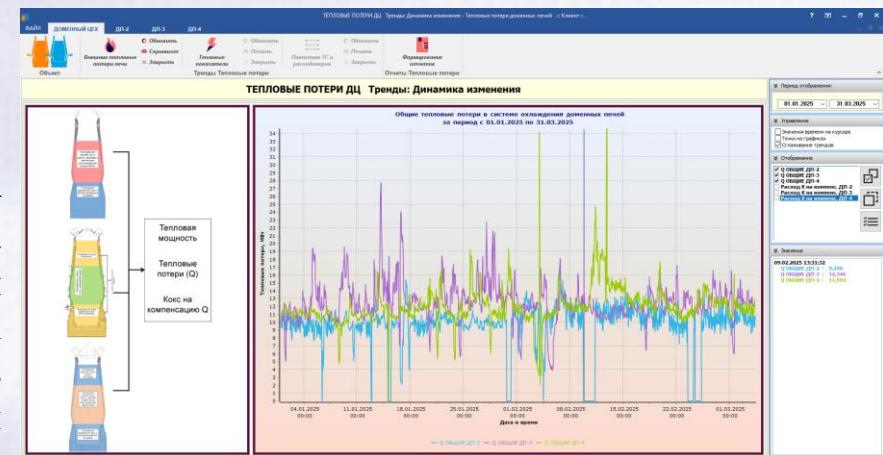
Використання інформації від САК «Теплові втрати», а саме – рекомендацій по своєчасній зміні рудного навантаження та маси подачі, діагностування сходження гарнісажу чи зменшення його товщини в залежності від величини теплових втрат, стало ефективним механізмом для розробки засобів зменшення витрат коксу, збільшення продуктивності й збільшення ресурсу роботи доменних печей.

Впровадження моделей завантаження, безперервного контролю за тепловою роботою і розпалом футерівки, теплових втрат і витрат коксу на їх компенсацію є ефективним механізмом для розробки засобів зменшення витрат коксу, збільшення продуктивності і ресурсу роботи доменних печей.

Системи були встановлені та введені в експлуатацію під час модернізації доменних печей на МК «Азовсталь» (2019-2022), що дозволило досягти гарантійних показників доменної плавки.

Реалізація системи автоматизованого контролю теплових втрат у системі охолодження доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь» у 2024 р. дозволила вдосконалити метод безперервного контролю теплових втрат в системі охолодження доменної печі та зменшити витрати коксу на їх компенсацію. Економічний ефект від зменшення теплових втрат доменного цеху склав більше ніж 1 кг/т скіпового коксу.

Інтерфейс САК «Теплові втрати» доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

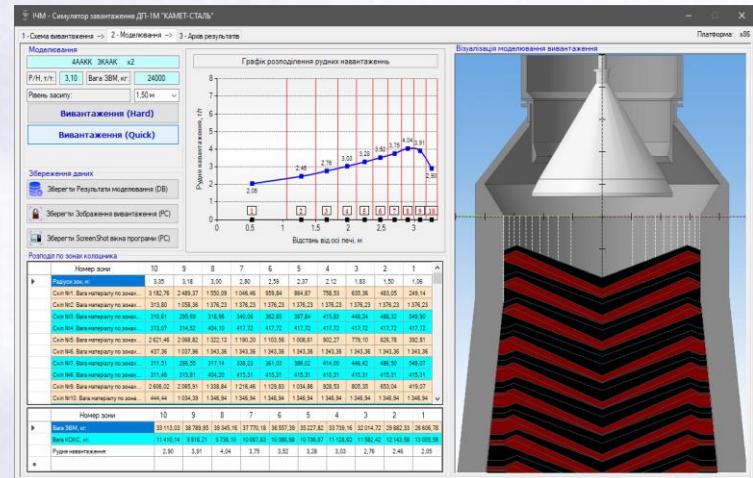


СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ НА ДОМЕННИХ ПЕЧАХ



Для умов металургійного комбінату ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» розроблено математичну модель завантаження доменної печі з конусним пристроєм, доповнення до технологічної інструкції щодо впливу систем завантаження на розподіл рудних навантажень за радіусом колошника доменної печі та рекомендації по ефективному використанню в шихті високої частки окатишів.

Принципово нові алгоритми математичної моделі дозволяють формувати структуру стовпа шихтових матеріалів в процесі їх вивантаження в доменну піч. З використанням математичної моделі вперше встановлені особливості зміни розподілу рудних навантажень для повного спектру режимів завантаження з варіюванням послідовності вивантаження коксовых та залізовмісних скипів системи завантаження, рівня засипу та маси матеріалів, що вивантажуються.



НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ЕНЕРГОФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОЦІЛЬОВИХ КИСНЕВИХ ФУРМ В НЕСТАБІЛЬНИХ СИРОВИННИХ УМОВАХ



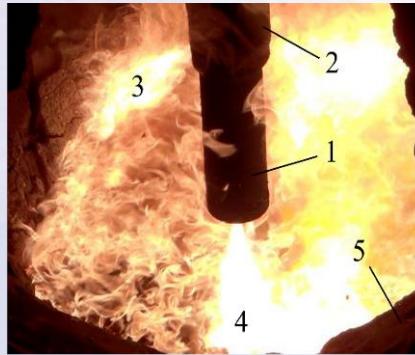
Завдяки високотемпературному моделюванню уперше отримано раніше невідому інформацію щодо фізико-хімічних, гідрогазодинамічних і тепломасообмінних процесів, які відбуваються в порожнині конвертера під час попереднього нагріву металобрухту з використанням нової конструкції паливно-кисневої фурми з подаванням пиловугільного палива в кільцевій кисневій оболонці та комбінованої продувки конвертерної ванни через двоярусну фурму з дворядним наконечником над- і звуковими кисневими струменями з допалюванням відходів газів.

Нагрів металобрухту

з використанням кускового газового вугілля

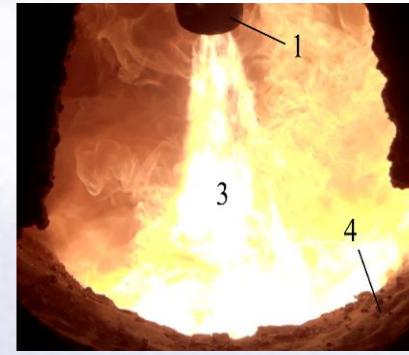


4-х соплова киснева фурма



двоярусна фурма

пиловугільного палива



паливно-киснева фурма

Розроблені нові конструкції обертових паливно-кисневих фурм для рівномірного нагріву металобрухту в порожнині конвертера з використанням пиловугільного палива або природного газу та нові технології комбінованої продувки конвертерної ванни киснем і нейтральним перемішуючим газом з допалюванням відходів газів з використанням двоконтурних і двоярусних фурм, які дозволяють зменшити витрати чавуну на плавку, що супроводжується зменшенням викидів діоксиду вуглецю.

Нові технології і конструкції запропоновані до впровадження в конвертерних цехах ПрАТ «КАМЕТСТАЛЬ» і ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг».

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВИРІВНЮВАННЯ ВИГИНУ ПЕРЕДНІХ КІНЦІВ РОЗКАТІВ І ЛИСТІВ

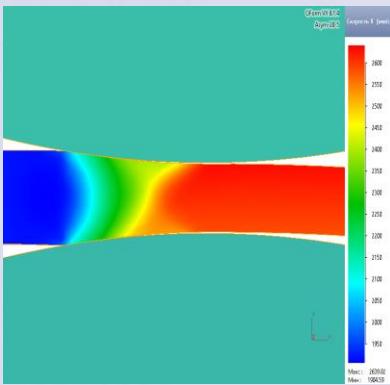
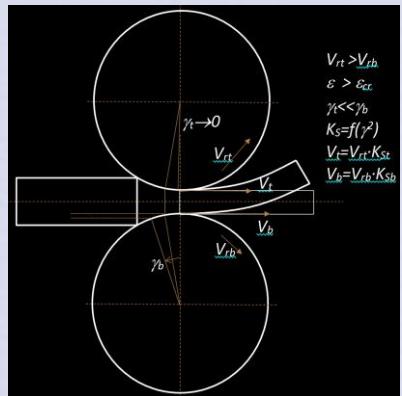


Практично на всіх товсто- та тонколистових станах гарячої прокатки виникає проблема вигину переднього кінця розкату вгору або вниз у вертикальній площині. Напрямок та величина вигину визначається значною кількістю факторів, що викликають несиметричні умови прокатки металу по висоті осередку деформації.

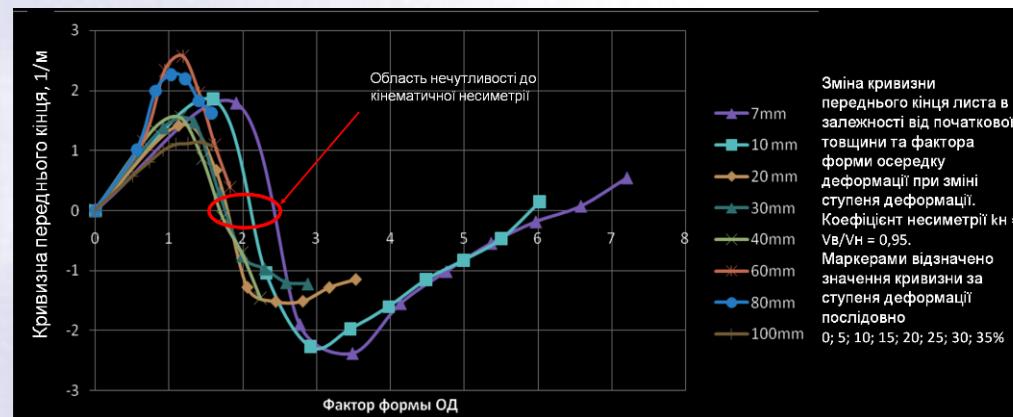
Запропоновано механізм викривлення переднього кінця листів та розвинuto подальші уявлення про перерозподіл впливу факторів, які викликають зміну напрямлення вигину переднього кінця листа зі збільшенням ступеню деформації. Отримано закономірності та чисельні значення зміни кривизни переднього кінця листа залежно від його товщини, фактору форми осередку деформації та величини неузгодженості швидкості обертання валків.

Розподіл швидкості течії металу вздовж осі Х при прокатуванні листа початковою товщиною 30 мм, неузгодженість швидкості обертання валків -5%, ступінь деформації 25%.

Вигин листа у бік ведучого нижнього валка.



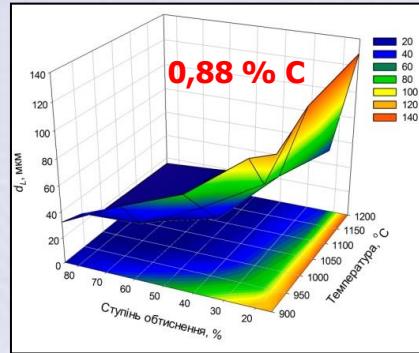
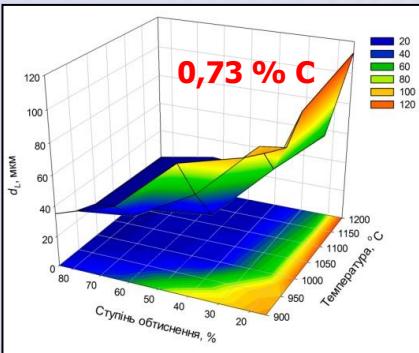
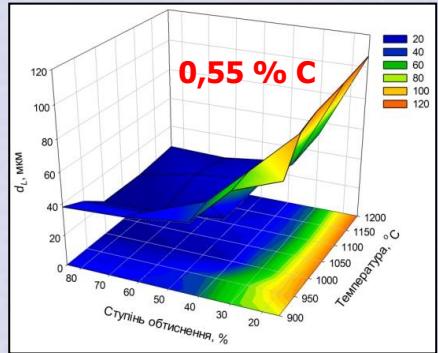
Напрямок та величина кривизни переднього кінця листа в залежності від початкової товщини та фактора форми осередку деформації при відомих значеннях ступеня деформації.



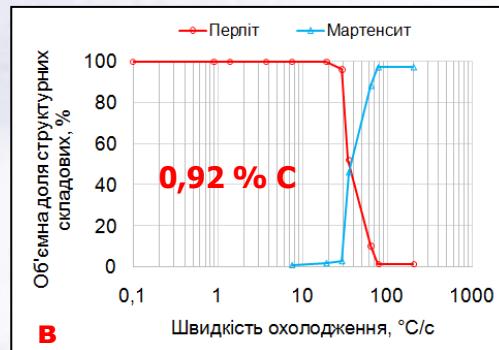
Розроблено вдосконалену модель розрахунку параметрів гарячої прокатки, яка додатково враховує вплив хімічного складу, коефіцієнта тертя і позаконтактних зовнішніх зон, динамічного та статичного знеміщення сталі, а також пружних деформацій робочих валків. Запропоновано новий метод запобіжного впливу на кривизну переднього кінця листа за рахунок коригування швидкості верхнього і нижнього валків у період захвату розкату залежно від товщини листа та фактору форми осередку деформації.

Розроблено інноваційну комп'ютерну систему автоматичного вирівнювання вигину переднього кінця листа шляхом створення контролюваної швидкісної несиметрії процесу прокатки для умов широколистових та товстолистових станів. Дослідно-експериментальне випробування запропонованих технологічних рішень на товстолистовому прокатному стані 3600 показало, що кількість листів із кривизною, які потребують повторного гарячого виправлення, зменшується в середньому на 25%. Додатково створено новий підхід до проектування системи розрахунку профілювання валків товстолистового стана, який дозволяє ефективно зменшувати різнатовщинність готового листового прокату.

РОЗРОБКА НАУКОВО-ОБГРУНТОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ПРОКАТУ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ



Кінетика динамічної рекристалізації аустеніту



a – $(950 \pm 10)^\circ\text{C}$;
б – $(1010 \pm 10)^\circ\text{C}$;
в – $(950 \pm 10)^\circ\text{C}$

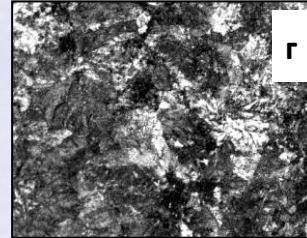
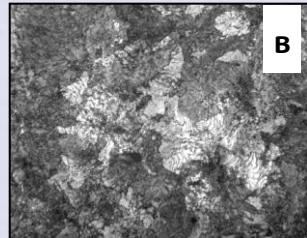
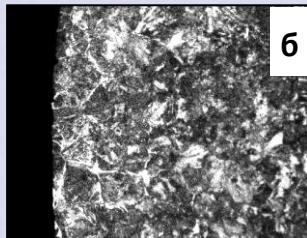
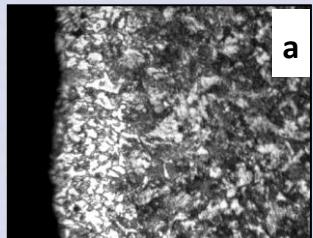
Структурні діаграми кінетики розпаду аустеніту за безперервного охолодження

Параметр технології ДТО	Стандартна	Розроблена
температура прокату перед дротовим блоком	не контролюється	$(980 \pm 10)^\circ\text{C}$,
температура прокату при виході з дротового блоку	$(1100 \pm 10)^\circ\text{C}$	$(1040 \pm 10)^\circ\text{C}$
охолодження прокату водою	~ до 920–930 °C	відсутнє
тривалість післядеформаційної паузи	не контролюється	~ до 9,0 с
середній градієнт температури між поверхнею і центром прокату	150–280 °C	$\leq 50^\circ\text{C}$
температура початку охолодження прокату	910–920 °C	1030–1040 °C
швидкість охолодження прокату	8–10 °C/c	16–18 °C/c
температура прокату перед шахтою виткозбірника	не контролюється	≤ 200 –220 °C

Марка сталі	Глибина ЗНШ, %			
	ГОСТ 1763-68		EN ISO 16120-1:2011	
	середнє	максимальне	середнє	максимальне
C86D ^c	1,20	1,50	1,12	1,40
C86D ^p	0,65	1,03	0,62	0,96

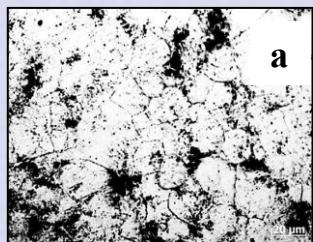
Марка сталі	σ_B , МПа	ψ , %	δ_{10} , %
C86D ^c	1138	23	8,5
C86D ^p	1205	32	11,5

РОЗРОБКА НАУКОВО-ОБГРУНТОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ПРОКАТУ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ



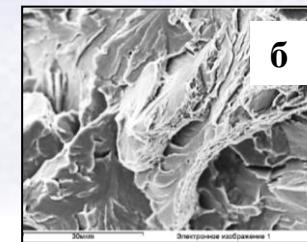
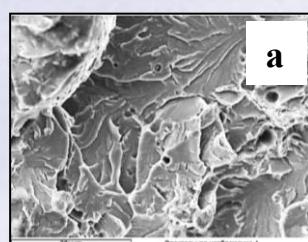
Структура ($\times 500$) прокату зі сталей C86D^c і C86D^p

а, б – поверхня; в, г – ½ радіусу; а, в – стандартний режим (930°C , $V_{no} = 8\text{-}10^{\circ}\text{C}/\text{с}$); б, г – розроблений режим (1030°C , $V_{no} = 18^{\circ}\text{C}/\text{с}$);



Виявлення величини зерна

а – сталь C86D^c (13,8 мкм); б – сталь C86D^p (25,7 мкм)



Фрактограми зламів зразків

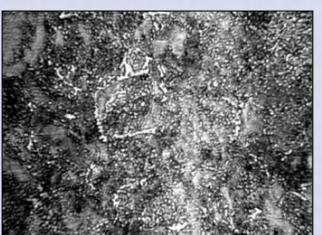
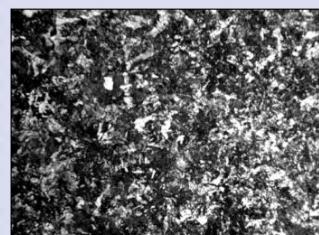
а – сталь C86D^c; б – сталь C86D^p

Марка сталі	№ зразка	Розмір зразка, мм		Площа перерізу зразка, см^2	Робота удару, Дж	KCU (+20°C), $\text{Дж}/\text{см}^2$
		ширина	висота			
C86D/ C86D ^b	1/7	4,97/4,99	6,09/6,08	0,303/0,303	6,89/8,11	22,76/26,73
	2/8	4,96/4,99	6,10/6,10	0,303/0,304	7,54/8,28	24,92/27,20
	3/9	4,95/4,99	6,09/6,10	0,301/0,304	7,14/8,39	23,69/27,56
	4/10	4,96/4,98	6,09/6,09	0,302/0,303	6,92/8,36	22,91/27,57
	5/11	4,97/4,97	6,10/6,09	0,303/0,303	6,55/8,22	21,61/27,16
	6/12	4,95/4,98	6,10/6,09	0,302/0,303	7,29/8,33	24,14/27,47
<i>Середнє значення</i>					23,34/27,28	

Границі значення температур самовідпуску при термічному зміцненні арматурних сталей

№ профілю	$t_{\text{сам.}}, ^{\circ}\text{C}$			
	C56D	C70D	C80D	C82D
10	410/390	420/400	510/460	650/480
12	400/380	410/390	500/450	640/460
14	400/380	410/390	500/450	630/460
16	400/380	410/390	490/430	620/440
20	390/370	400/380	480/420	570/430

Примітка. В чисельнику вказані значення для прокату класу міцності A800, у знаменнику – для класу міцності A1000.



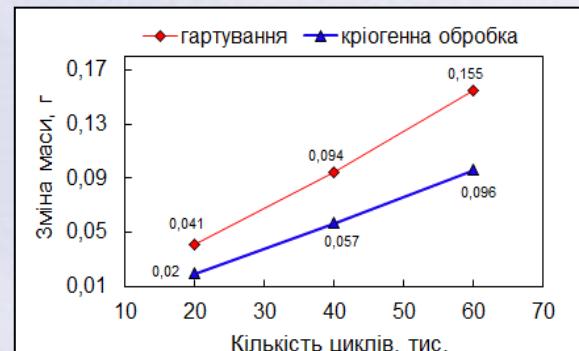
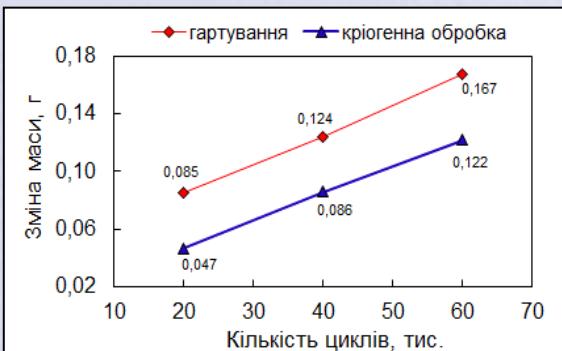
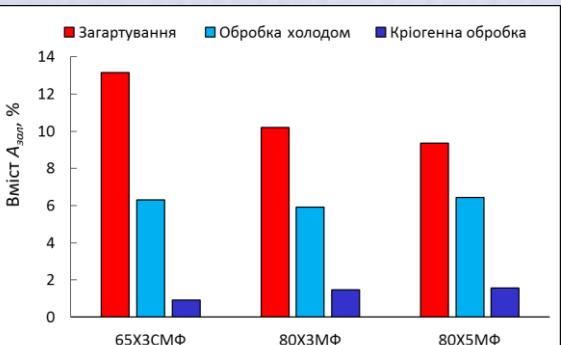
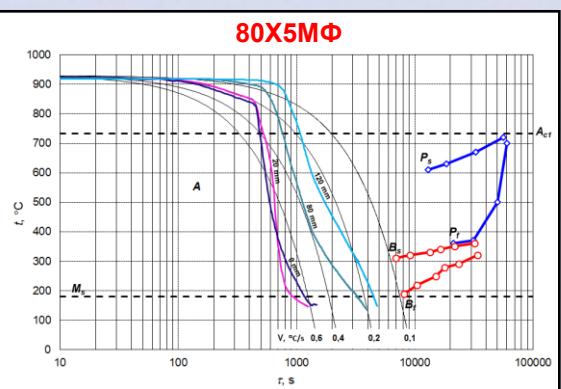
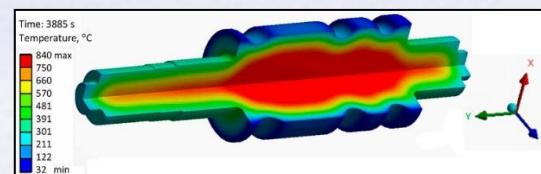
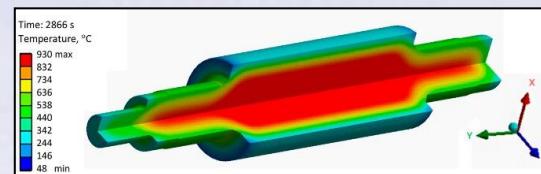
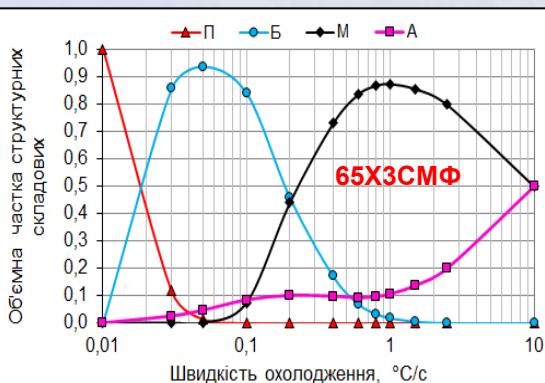
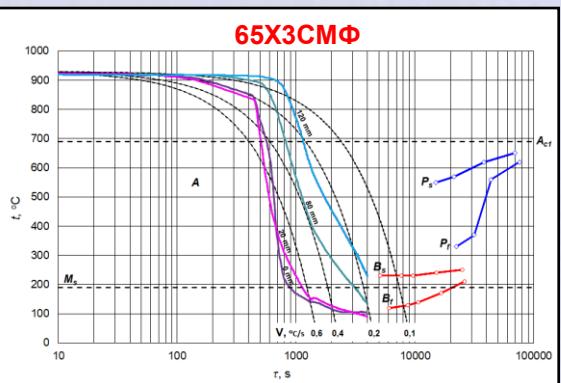
поверхня

перехідна зона

центр

Структура ($\times 500$) термічно зміщеного прокату за способом переривчастого загартування

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАЛИШКОВОГО АУСТЕНІТУ У ЛЕГОВАНИХ СТАЛЯХ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗНОСОСТИЙКІСТЮ ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ



РОЗРОБКА НАЦІОНАЛЬНОГО СТАНДАРТУ «КОЛЕСА РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ. ТЕХНІЧНІ УМОВИ»



Розроблено новий національний стандарт ДСТУ 9289:2024 «Колеса рухомого складу залізниць» на заміну діючих стандартів ДСТУ ГОСТ 10791:2016, міжнародного стандарту ГОСТ 10791-2011 зі Зміною 1, CEN/TS 15718:2011 та EN 13262.

Розробка нового стандарту на залізничні колеса є результатом досліджень по вдосконаленню технології виробництва сталей для залізничного транспорту, технології гарячої пластичної деформації колісної заготовки, технології термічної обробки залізничних коліс. Доведено необхідність введення більш жорстких обмежень щодо вмісту шкідливих домішок, які відповідатимуть рівню вимог європейського стандарту EN 13262:2020. Для всіх марок сталей вміст сірки до 0,015% (замість ≤0,025%) та вміст фосфору до 0,020% (замість ≤0,030%), для сталей для литих залізничних коліс можливо більш високий вміст сірки та фосфору. Рекомендовано виключити категорію С за забрудненістю сталі неметалевими включеннями (еталон УЗК 5 мм), як таку, що не забезпечує необхідний рівень надійності та безпеки залізничних коліс в експлуатації.

Значущість і актуальність нового національного стандарту ДСТУ 9289:2024 полягає в створенні належних умов для збереження внутрішнього ринку залізничних коліс для вітчизняного виробника, захисту його від неякісної продукції іноземних виробників та полегшення євроінтеграції залізничних шляхів АТ «Укрзалізниці» до Європи.

Результати розробки впроваджено в умовах ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ». Економічний ефект від виконання досліджень склав більше 395 млн. грн.



до 2-ї категорії. Для коліс зі стальними марками ЕР6, ЕР7, ЕР8, ЕР9, сільського машинобудування залізничної ходової частини превозного вагону до вимог EN 13262-2020, для літих коліс зі сталью СЕР7 і СЕР8 – відповідно до вимог CEN/TS 15718:

- пропонується відбирати зразки для визначення забрудненості неметалевими включеннями для коліс зі стальними марками 1, 2, Т, Л за схемою, передбаченою ДСТУ ГОСТ 10791-2016, при цьому встановлювати періодичність контролю залізничних коліс зі стальними марками ЕР6, ЕР7, ЕР8, ЕР9, ЕР10, ЕР11, ЕР12, ЕР13, ЕР14, ЕР15, ЕР16, ЕР17, ЕР18, ЕР19, ЕР20, а для літих коліс зі стальними марками СЕР7 і СЕР8 – відповідно до вимог CEN/TS 15718;

- рекомендовано виконувати контроль розміру зерна на первинному шліфі від поверхні кочення. Оцінку розміру зерна проводити за методикою відповідно до ДСТУ 8972/2019 «Стали та сплави. Методи вимірювання та визначення величини зерна. Встановлення періодичності контролю – одне колесо з кожного десеткою плавок»;

- рекомендовано відбирати зразки та проводити випробування для визначення міцінності для коліс зі стальними марками 1, 2, Т, Л відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 10791-2016, а для коліс зі стальними марками ЕР6, ЕР7, ЕР8, ЕР9, ЕР10, ЕР11, ЕР12, ЕР13, ЕР14, ЕР15, ЕР16, ЕР17, ЕР18, ЕР19, ЕР20, а для літих коліс зі стальними марками СЕР7 і СЕР8 – відповідно до вимог EN 13262-2020, а для літих коліс зі стальними марками СЕР7 і СЕР8 – відповідно до вимог CEN/TS 15718.

Розроблений проект передаваний державному стандарту, розміщено отриманою про розгляд у стрінгованому форматі з урахуванням зазначеного строку. Особливості стандартизації, позначення, вимірювання та зазначення протоколом зазначені ТК-4. Справа стандарта передана в ДМ-Укр-ДСТУ.

Внаслідок виконання даної науково-дослідної роботи отриманий економічний ефект становить 396170937,81 грн на рік.



ВІДДАЛІНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНОГО СТАНДАРТУ
Ізоляція колісної ходової частини та
захист сполучень

І.О. Бабченко

Відповідальний виконавець роботи,

Старший науковий співробітник

Г.А. Коноваленко

Відповідальний виконавець роботи,

науковий співробітник

Р.В. Попельський

Провідний інженер по стандартизації

Г.К. Івченко

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА РЕКЛАМАЦІЇ щодо відповідності якості залізничних коліс ВИМОГАМ ЗАКОРДОННИМ СТАНДАРТАМ



Фрагмент ободу залізничного колеса з дефектами на поверхні кочення після експлуатації



Встановлено, що рівень забрудненості неметалевими інклюзіями металу ободу досліджуваного колеса відповідає вимогам DIN EN 13262:2011, макроструктура ободу досліджуваного колеса відповідає вимогам ВН 918 277 і неодиму містить фериту (не більше 10%) і містить високодисперсний веріт.

В результаті додаткових досліджень цієї проблеми встановлено, що використання ковзання з підтримкою відповідно до нормативів дозволяє зменшити витрату топлива на 35-40% під номінального діаметру. Рекомендовано контролювати роботу спиралі, його напаштування по висоті бічної сторони та керувати витратою

Внаслідок виконання даної науково-дослідної роботи остаточний економічний ефект становив 1910236,82 грн на рік.

Від ім'я НАНУ
Директора Інституту,

О.І. Бабиченко

Від ПАТ «ІНГРІДІНІТІЗ»
Начальник відділу, методичного та
загального співробітника
ПАТ «Інгерідін НІЗ»

К.М. Маліренко
Начальник КПЦ

Б. О. Новоселов



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів науково-дослідної роботи: «Порівняльні дослідження показників якості зализиничних коліс на відповідність технічним вимогам № М. 9W-1999, TS 21-007315-002 та TS 21-007315-001»
(Договір № 24/1137/КС 029.24 від 22.05.2024 р.)

Ми, представники Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України – директор, керівник роботи Бабченко О. І., науковий співробітник, відповідальний виконавець Подольський Р.В., та представники ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ» – начальник відділу металознавства і запитів споживачів ПАТ «Інтерпайл НТЗ» Майстренко К.М., начальник КПЦ Новокрайт В. О. склали цей акт про те, що за період з 22.05.2024 р. по 01.07.2024 р. було проведено огляд і відповідності зображенням М. 9W-1999 «Технічні умови на постачання піщаних (моноблоків) коліс із нелегованої сталі для газового та причинного рухомого складу», ТС 21-007315-002 та ТС 21-007315-001 «Технічна специфікація» заливінного колеса Ø 926 зі стапі марки R 7 з умовним маркуванням №121-2 плашки № 214346 у зв'язку з отриманою рекомендацією від Спеціальної національної зализници (Египет) через виявлені під час експлуатації дефекти на поверхні кочення, та встановленою ймовірною причини виникнення дефекту на поверхні кочення в процесі експлуатації, а також фрагментом колеса Ø 996 №121-1 плашки №214346 на поверхні кочення якого не виявлено лебестів (без експлуатації).

Встановлено, що мікроструктура оболу досліджуваного колеса відповідає вимогам М. 9W-1999 згідно номеру зерна (5-8) та містить високодисперсний перліт, міст хімічним елементів у зализничних колесах №121-1 та №121-2 досліджуваній плавки відповідає вимогам М. 9W-1999 для сталі марки R7. Результати визначення механічних властивостей металу, як обробл., так і дисков досліджуваних зализничних коліс показали їх повну відповідальність вимогам стандарту М. 9W-1999 по міцності, пластичності, роботі у ударі і твердості. Ці відповідні характеристики зразків досліджуваних коліс мають практично однаковий рівень, що свідчить про стабільність технології виробництва завод-виробника.

Результати додаткових досліджень зразків дослідженого колеса дозволили зробити висновок про те, що макроструктура досліджуваних коліс має штабільну і однорідну будову і є задовільною; рівень забрудненості неметалевими включеннями металу ободу дослідженого колеса відповідає вимогам BS 5892-2023.

Внаслідок виконання даної науково-дослідної роботи остаточний економічний ефект становив 496785,83 грн за винятком витрат, пов'язаних з правовим розглядом претензії споживача.

У майбутньому планується постачання коліс даному споживачу до 4000 шт.



ІЧМ НАНУ
ту, керівник роботи
 О.І. Бабаченко

виконавець роботи,
бітник



Від ІЧМ НАНУ
Директор інституту,
О.І. Бабиченко

Від ПАТ «ІНТЕРНАЙНІЗ»
Національне видавництво металознавства і
запитів споживачів
ПАТ «Інформагрін ІНЗ»
 К.М. Матісренко
Національне видавництво
 В. О. Новозхатій

28



РОЗРОБКА НОВИХ СИСТЕМ ЛЕГУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ



• Сталь для залізничних коліс з вмістом вуглецю до 0,77%, легована хромом і нікелем, мікролегована молібденом і ванадієм (320-400 НВ, підвищена зносостійкість). Колеса сертифіковані та відповідають класу D за ASTM M-107 / M-108. Отримано патент на сталь для суцільнокатаних коліс UA 118143 С2.

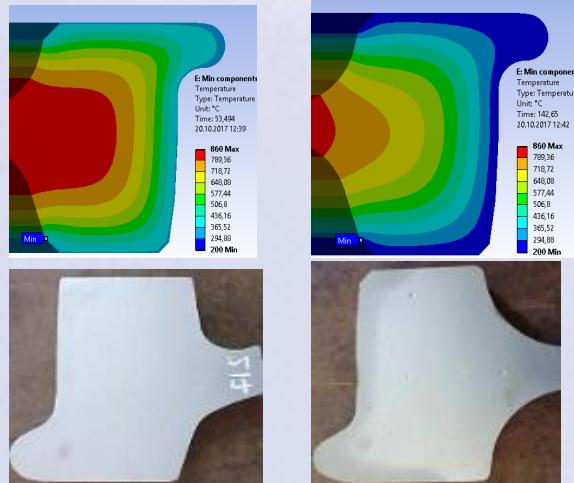
• Сталь для залізничних коліс спеціального призначення марки D+ з вмістом вуглецю до 0,55%, легована хромом, нікелем і кремнієм (висока пластичність і стійкість до ударних навантажень при негативних температурах). На підставі аналізу результатів лабораторних досліджень, виконаних в ІЧМ НАНУ, для дослідно-промислового випробування був рекомендований наступний хімічний склад сталі для виробництва коліс класу D+, % мас: C=0,50-0,55; Si=1,00-1,20; Mn= 0,80-0,85; V=0,10-0,15; Cr=0,3-0,4; Ni=0,8-0,9; S ≤ 0,025; P ≤ 0,03; Mo ≤ 0,01; Cu ≤ 0,25; Al = 0,02-0,03; Ti ≤ 0,05.

Сталь для залізничних коліс з вмістом вуглецю до 0,60% та підвищеним вмістом марганцю та кремнію (до 0,80% та 1,0% відповідно). При цьому в колесах формується феритно-перлітна структура з високим комплексом механічних властивостей: підвищені показники ударної в'язкості та пластичності при близьких показниках міцності та твердості у порівнянні з високоміцною сталлю марки T, що нормується ДСТУ ГОСТ 10791-2016.

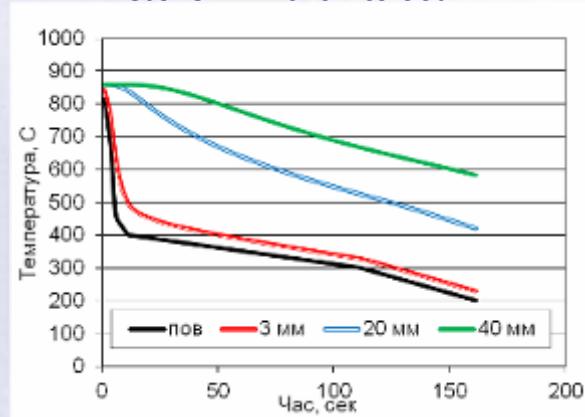
Розроблено режими диференційованого охолодження при термічній обробці залізничних коліс різного хімічного складу з урахуванням модернізації устаткування на термоділянці колесо-прокатного цеху ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ», що дозволили підвищити рівномірність структури та механічних властивостей по перерізу обода колеса.

Отримано патент на спосіб термічного змінення залізничних коліс UA 115114 С2.

Встановлено залежності швидкості охолодження від хімічного складу сталей та відстані від поверхні тепловідводу, показано, що при охолодженні обода залізничного колеса в його внутрішніх шарах фазові перетворення проходять в різних умовах.



Зміна температури за перерізом обода залізничного колеса



МЕТАЛОРУХОМІСТВО ДЛЯ ІННОВАЦІЙНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ



Товщина загартованих і перехідних шарів змінених маловуглецевих сталей (товщина прокату 10 мм)

Марка сталі	Температура самовідпуску 650°C		Температура самовідпуску 620°C	
	Загар. шар, мм	Перехідн. зона, мм	Загар. шар, мм	Перехідн. зона, мм
Ст.3	1,36	1,28	1,65	1,46
09Г2	1,26	0,73	1,49	0,48
09Г2С	1,03	0,51	1,26	0,33

Механічні властивості фасонного прокату (куточок з товщиною полки 10 мм) з упорядкованою неоднорідною структурою

Марка сталі	T самовід., °C	σ_b , Н/мм ²	σ_t , Н/мм ²	δ_5 , %
Ст3пс	650	530	415	26,5
09Г2С	650	585	465	28,4
08ХГСДП	650	618	508	26,2
10ХСНД	660	617	522	25,5

Високий коефіцієнт тари вітчизняних вагонів (блізько 0,34) в порівнянні з вагонами США (0,25), значно зменшує ефективність використання вітчизняного рухомого складу. Основна причина - використання прокату пониженої класу міцності (не більше 345).

Розроблено 3 технології виробництва металопрокату для вагонобудування:

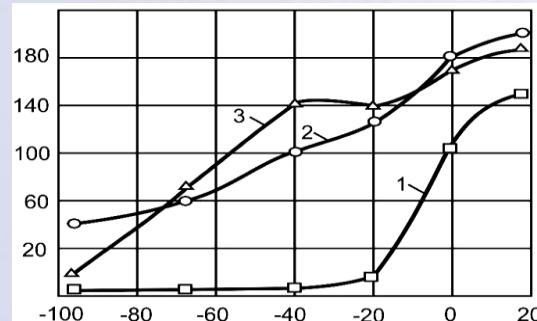
Технологія термомеханічного змінення фасонного прокату в потоці прокатного стану. Необхідні властивості формуються за рахунок зміни співвідношення поверхневих загартованих та центральних прискорено охолоджених шарів.

Технологія виробництва гарячекатаного металопрокату із сталей, мікролегованих системою Al-Ti-N.

Технологія термічного оброблення металопрокату із сталей, мікролегованих системою Al-Ti-N, з отриманням структури голчастого фериту.

Матеріал	Границя плинності, МПа	Приріст рівнів напруги, що допускаються, %
Металопрокат, що застосовується сьогодні	345	0
Перспективний металопрокат	390	13
Високоміцний гарячекатаний металопрокат (дослідно-промислових плавок)	420	21,7
	450	30
	480	39
Високоміцний термічно змінений металопрокат	550	59

Залежність ударної в'язкості (повнотовщінні зразки) від температури випробування низьколегованої сталі в різних структурних станах



1 - однорідна ферріто-перлітна структура;
2 - однорідна структура мартенситу відпуску;
3 - структура з упорядкованою макроструктурною неоднорідністю.

Проведені дослідження показали відповідність експлуатаційним показникам (втомна міцність, ударна в'язкість, корозійностійкість і ін.) вимогам до металопрокату нового покоління. На базі проведеною комплексу досліджень розроблена проект «Концепція створення металопрокату нового покоління для інноваційного рухомого складу залізничних доріг України»

РОЗРОБКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВИСОКОМІЦНИХ РЕЙОК СТАЛЕЙ ПЕРЛІТНОГО КЛАСУ

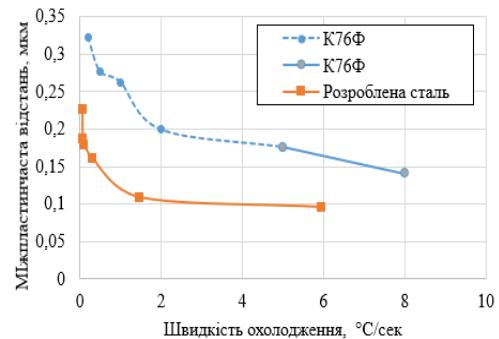
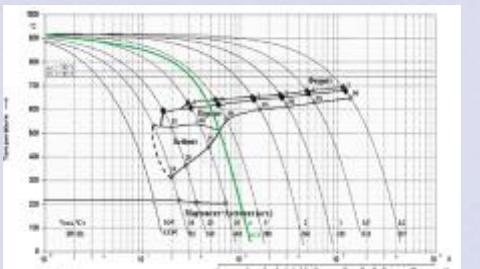
ІЧМ

Нормативна документація	Категорія рейок	σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ , %	Ψ , %	KCU ⁺²⁰ , Дж/см ²	HB, Пов. Кат. (глибина 20мм)	K _{IC} , МПа M ^{1/2}		Шв. рос. вт. тр., м/10 ⁹ ц.	
								1ОБ	СР	При ΔK=10 МПа M ^{1/2}	При ΔK=13,5 МПа M ^{1/2}
ДСТУ 4344: 2004	Вища	1290	850	10,0	30,0	15	Не менше 374...401 (не регламентується)	-	-	-	-
ДСТУ EN 13674-1:2019 (EN 13674-1:2013 IDT)	R400HT	1280	-	9	-	-	400-440 (не менше 370)	26	29	≤17	≤55

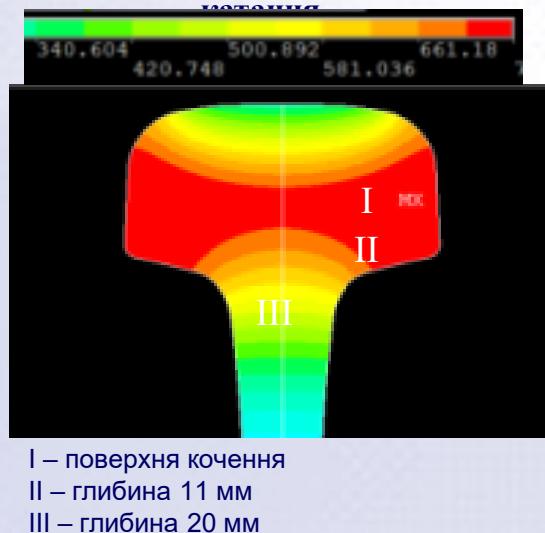
Сталь	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	V	B	Ca	N
K76Ф	0,80	0,97	0,25	0,011	0,007	0,04	0,006	0,05			
Розроблена сталь	0,84	0,44	0,95	0,014	0,008	0,09	0,013	0,0012	0,0103	0,0006	-

Умовне маркування	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	HB	KCU, Дж/см ²
K76Ф	1291,4	853,6	9,8	16,8	401	15,3
Розроблена сталь	1301,73	816,1	10,7	10,8	415	16,59

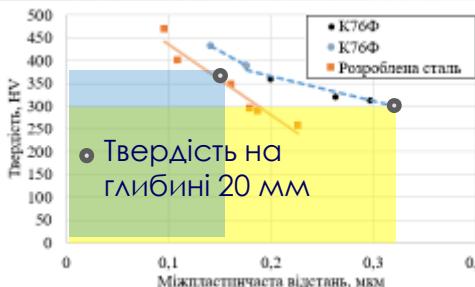
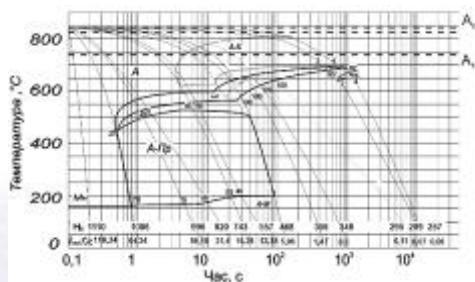
Відома сталь K76Ф



Моделювання зміни температури в контрольованих точках по центральній осі при різних режимах термічної обробки з охолодженням тільки з поверхні



Розроблена сталь



Експериментально визначено граничні швидкості охолодження:

- максимально припустимі для поверхні кочення головки рейки, при якій не відбувається утворення мартенситу (Вохол. ~8°C/сек);
- мінімально необхідну для осьових ділянок на глибині ≥20 мм для досягнення твердості на рівні світових аналогів (Вохол. ~1,5°C/сек);
- мінімально необхідну для осьових ділянок на глибині 11 мм для досягнення твердості на рівні вимог українського стандарту (Вохол. ~1°C/сек).

Головним стратегічним завданням ІЧМ залишається проведення фундаментальних та прикладних наукових досліджень з метою розробки та практичного впровадження новітніх енерго- та ресурсозберігаючих технологій, що відповідають вимогам міжнародних стандартів та визначають розвиток української металургії в період військового стану і повоєнного відновлення. Особлива увага приділяється розробкам, спрямованним на підсилення обороноздатності країни.

1. Декарбонізація та поступовий перехід до низьковуглецевих технологій в доменному виробництві.
2. Розробка енергоефективної технології виплавки сталі в кисневих конвертерах з підвищеною часткою металобрухту, яка передбачає двостадійний процес.



3. Розробка нових та вдосконалення існуючих технологій виробництва металопрокату для нагальних потреб та повоєнного відновлення України.
4. Покращення службових властивостей товстолистового прокату, який використовується для виготовлення металовиробів відповідального призначення, в тому числі, для оборонної промисловості, за рахунок вдосконалення технології виплавки та розкислення сталі, вдосконалення її хімічного складу та розробки ефективних режимів термічної обробки.
5. Розширення фундаментальних досліджень в області адитивних технологій для підвищення обороноздатності України.
6. Розробка нових технологій комплексної термічної, деформаційно-термічної та кріогенної обробки.

ДЕКАРБОНИЗАЦІЯ В ДОМЕННОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Розробка низьковуглецевих технологій є одним з інноваційних напрямків розвитку світової металургії. У класичному доменному процесі потрібно близько 300 кг коксу і 200 кг замінників коксу (ПВП, ПГ, мазут) для виробництва однієї тонни чавуну. Істотно зменшити викиди вуглецю з доменної печі можливо за рахунок заміни частини палива альтернативними джерелами, в тому числі, водневмісними газами.



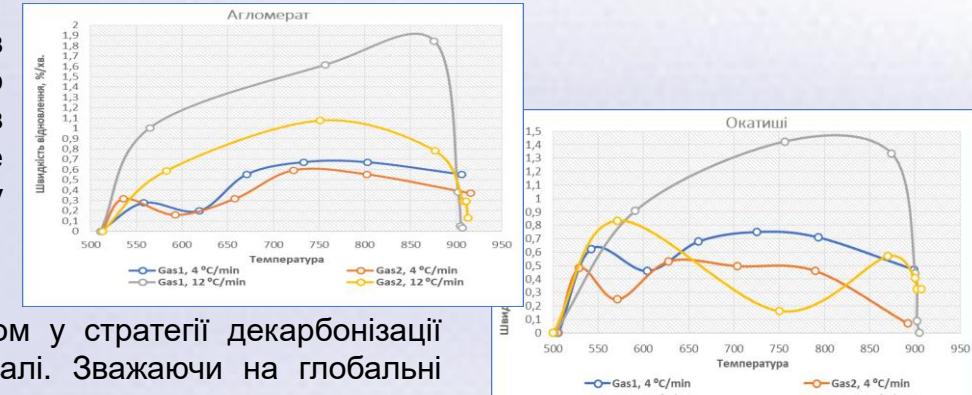
Сьогодні майже всі європейські металовиробники розробляють стратегії декарбонізації та запускають пілотні установки для оцінки різних технологій. В доменному виробництві до них належать:

- 1). Підвищення ефективності доменного виробництва за рахунок оптимізації властивостей ЗРС шляхом максимізації вмісту заліза в сировині для зменшення використання вугілля як відновника.
- 2) Збільшення використання вприскувального палива, наприклад, шляхом вприскування ПВП, природного газу, пластмас, біomasи або водню.
- 3) Використання в доменному процесі коксового газу як джерела енергії.

Роботи у цих напрямах, які проводяться в ІЧМ в теперешній час, базуються на дослідженнях, розпочатих в Інституті ще в радянські часи (використання ЗРС з високим вмістом Fe, збільшення застосування коксового газу) та враховують сучасні наукові та практичні здобутки, отримані в останні роки.

Математична модель повного енергетичного балансу доменної плавки, розроблена в ІЧМ, дозволяє оцінити перспективи та наслідки впливу нових технологій на зменшення викидів CO₂, а дослідження впливу відновлювального газу зі змінним вмістом водню на температуру плавлення, краплинної течії, склад шлакових розплавів дозволяють визначити закономірності процесів відновлення сумішами газів з різним вмістом водню.

Дослідження відновної поведінки шихтових матеріалів різних типів українського виробництва показало, що збільшення вмісту водню в суміші відновлювальних газів призводить до збільшення відновлюваності, але характер відновних процесів суттєво залежить від вмісту водню в відновному газі та властивостей ЗРС.



Використання водню в металургії є ключовим елементом у стратегії декарбонізації промисловості та переходу до сталого виробництва сталі. Зважаючи на глобальні ініціативи та технологічні досягнення, цей напрямок має великі перспективи дляпровадження в Україні та світі.

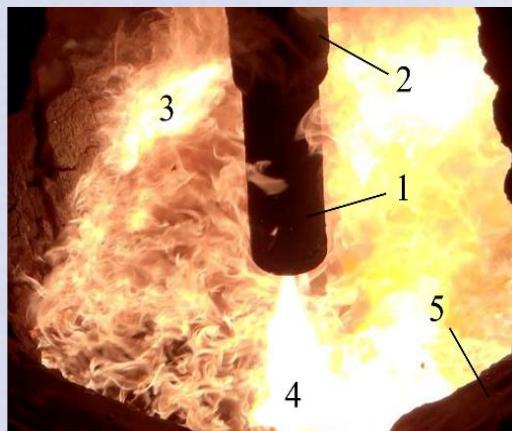
РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КІСНЕВИХ КОНВЕРТЕРАХ З ПДВИЩЕНОЮ ЧАСТКОЮ МЕТАЛОБРУХТУ



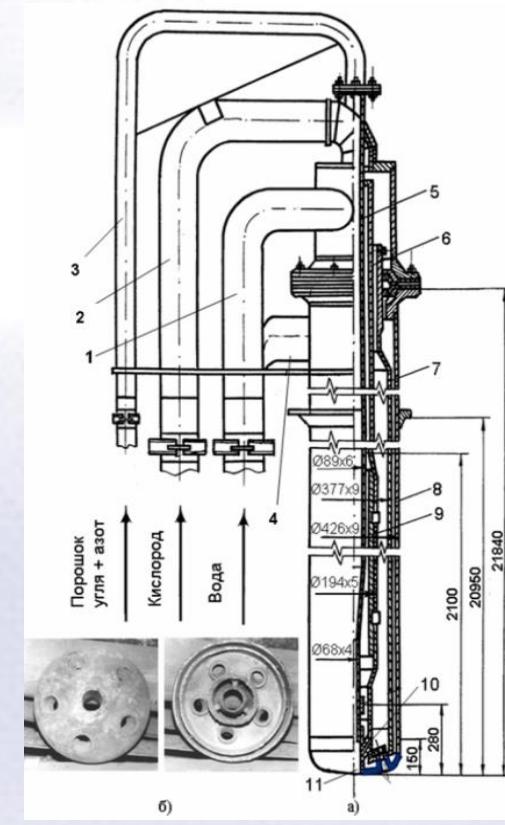
Теоретичне та експериментальне обґрунтування, лабораторно-промислова перевірка енергоефективної технології декарбонізованого (зі зниженням викидів CO₂) конвертерного виробництва якісного залізовуглецевого напівпродукту з використанням нових конструкцій багатоцільових кисневих форм, які забезпечують попередній нагрів металевого брухту в порожнині конвертера, продувку ванни з допалюванням відходних газів і нанесення шлакового гарнісажу на футерівку конвертера.

Процес складається з двох стадій:

1. Попереднє нагрівання металобрухту в порожнині кисневого конвертера за рахунок використання продувної форми, через яку вводиться пилоподібне вугільне паливо з додатковими струменями кисню



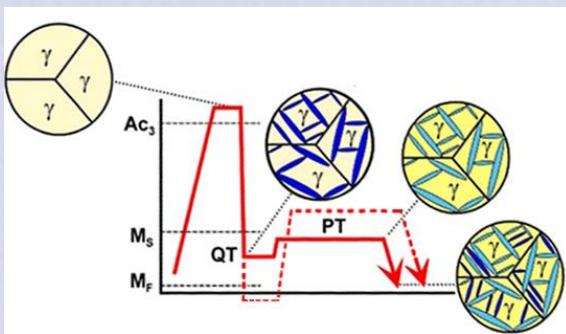
2. Виплавка сталі з використанням верхніх продувних форм, оснащених додатковими соплами для допалення CO до CO₂ в робочому просторі кисневого конвертера



Впровадження технології дозволить

- збільшити вихід рідкої сталі на 7-10 %;
- зменшити собівартість кінцевої металопродукції на 5-7 %;
- зменшити викиди парникових газів на 3-9 % у перерахунку на 1 т готової металопродукції.

РОЗРОБКА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМІЧНОЇ, ДЕФОРМАЦІЙНО-ТЕРМІЧНОЇ ТА КРІОГЕННОЇ ОБРОБКИ



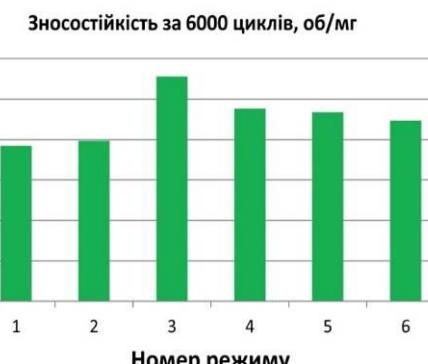
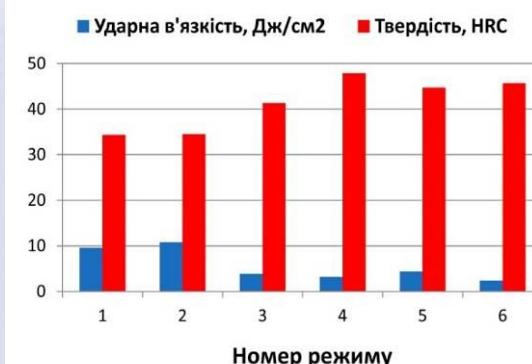
Комплексні технології термічної обробки, у тому числі, Q-n-P та з комбінуванням криогенного оброблення різноманітних металовиробів із складнолегованих сталей мають на меті підвищення експлуатаційної довговічності сталевих виробів, особливо тих, які працюють в екстремальних умовах, за рахунок створення в них здатних до інтенсивного деформаційного самозмінення метастабільних фазово-структурних станів різного типу (залишковий аустеніт, ультратонкодисперсний перліт тощо) та структурних мікрокомпозитів, що передбачає об'єднання твердих фаз (таких як мартенсит і бейніт) та м'яких фаз (таких як аустеніт і феріт) для забезпечення високих механічних властивостей.

В результаті запланованих досліджень будуть визначені та узагальнені наступні положення:

- особливості трансформації залишкового аустеніту, а також фазових і структурних перетворень у досліжуемыхих стальях;
- створено аналітичні моделі для розрахунку й прогнозування фазового складу і властивостей сталей з урахуванням кількості залишкового аустеніту;
- узагальнено вплив параметрів комплексної термічної обробки на зносостійкість досліжуемыхих стальів;
- створено рекомендації щодо вдосконалення існуючих режимів термічної обробки металовиробів зі складнолегованих стальів.

Приклад впливу комплексного термічного оброблення на зносостійкість, ударну в'язкість і твердість сталі 38ХН3МФА:

режими № 1, 2 – стандартна технологія;
режими 3, 4, 5, 6 – із криогенным обробленням;



РОЗРОБКИ ІЧМ ДЛЯ ПОТРЕБ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ



В ІЧМ виконуються наукові дослідження, тематика яких спрямована на підвищення обороноздатності та безпеки держави:

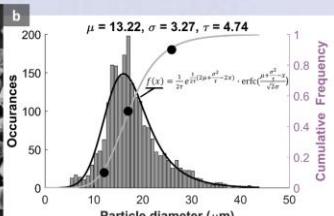
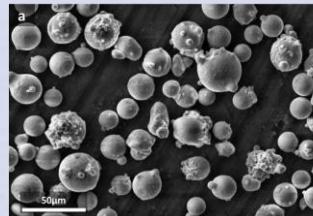
1. Розробка технологічних рішень для мінімізації негативного впливу блекаутів в доменному виробництві.
2. Встановлення закономірностей впливу термодинамічних параметрів на процес видалення фосфору при твердофазному відновленні заліза та хрому з комплексної шихти.
3. Встановлення особливостей формування структурного стану та властивостей бунтового прокату з легованих Cr-Mo-V сталей для підвищення його деформованості при виробництві зварювальних матеріалів.
4. Дослідження особливостей формування структури та властивостей високоміцного товстолистового прокату з економнолегованих сталей.

В умовах військового стану під час блекаутів робота доменних печей супроводжується такими негативними явищами як горіння повітряних форм та важкий вихід на сталий робочий режим. На основі аналізу наслідків фактичного розладу ходу доменних печей фахівцями ІЧМ розроблений та впроваджений в умовах ПрАТ «Камет-сталь» технологічний регламент, необхідний для мінімізації негативного впливу блекаутів, який включає:

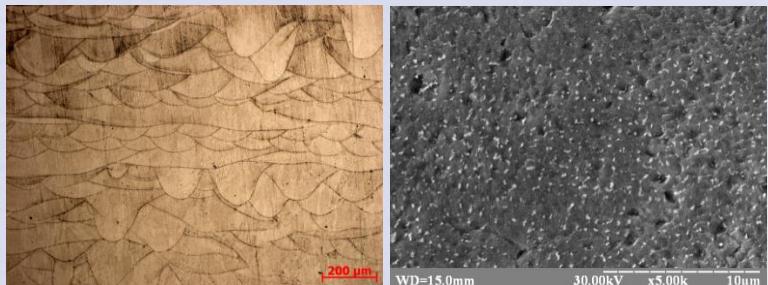
- виведення вторинних цинкових матеріалів з агломераційної шихти;
- підтримування питомого вмісту коксового горіха у шихті не більше 20 кг/т;
- здійснення промивань печі залізною рудою або залізовмісними брикетами в кількості 5–7 т у кожну 13-ту подачу системи завантаження;
- забезпечення виходу шлаку на рівні не менше 350 кг/т, що здійснюється шляхом заміни агломерату на металодобавку у кількості 0,5 т в подачу;
- дотримування витрати дуття $2800 \text{ м}^3/\text{хв}$ та загального перепаду – 1,0 атм;
- здійснення цільових промивань зварювальним шлаком у кількості 30–40 т у кожному промиванні.

Використання регламенту позитивно вплинуло на покращення стабільності роботи доменних печей та подолання наслідків блекаутів.

ТЕРМІЧНЕ ЗМІЩЕННЯ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ INCONEL 718, ВИГОТОВЛЕНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕННЯ

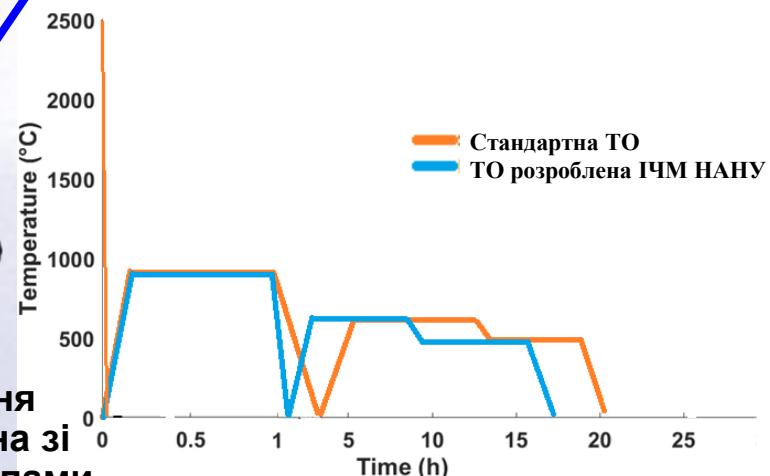
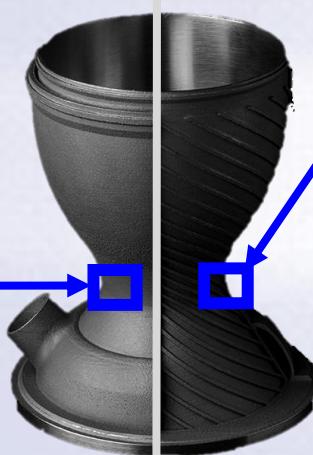


SEM порошок Inconel 718 (а), розмір частинок (б)



Стан	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	Ψ , %
Без ТО	1143,8	767,0	32,8	41,6
ТТ (стандарт ТО)	1503,5	1311,0	23,8	32,6
АТ (стандарт ТО)	1414,3	1240,2	11,7	6,8
АТ (режим ТО розроблений ІЧМ НАНУ)	1590,9	1315,1	19,7	19,5

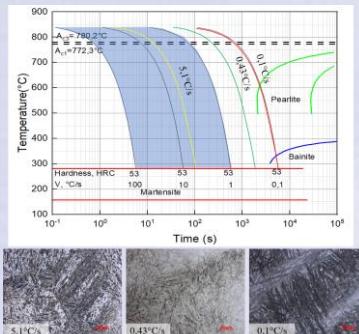
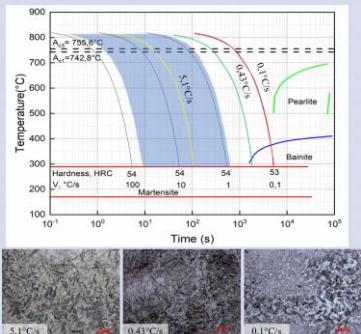
Без ТО ТО
ІЧМ НАНУ



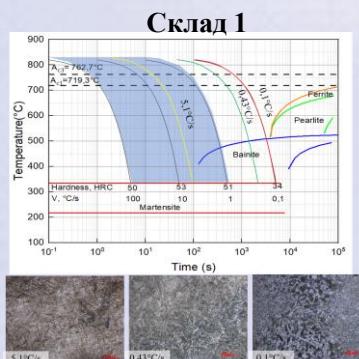
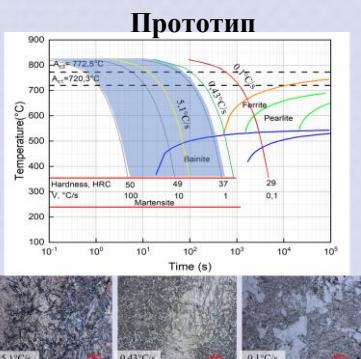
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОМІЦЬНОГО ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ З ЕКОНОМНОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ



Сталь	Вміст елементів, % мас.															
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Al	Ca	Nb	S	P	N	Cu	B
Прототип	0,313	0,35	0,384	2,86	2,54	0,451	0,0057	0,0031	0,014	<0,0001	<0,004	0,018	0,011	0,012	0,03	0,002
Склад 1	0,329	0,74	1,68	2,26	1,92	0,455	0,153	0,0024	0,024	0,0004	<0,001	0,007	0,004	0,007	0,03	0,001
Склад 2	0,321	0,54	0,368	0,81	2,26	0,356	0,148	0,026	0,043	0,003	0,002	0,022	0,02	0,0035	0,03	0,002
Склад 3	0,251	0,65	0,284	0,98	1,84	0,317	0,133	0,0012	0,026	0,0003	0,029	0,022	0,022	0,0071	0,271	0,002



Механічні властивості дослідних сталей після різних параметрів термічної обробки



Прототип

Склад 1

Склад 2

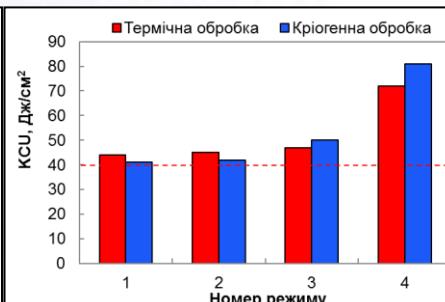
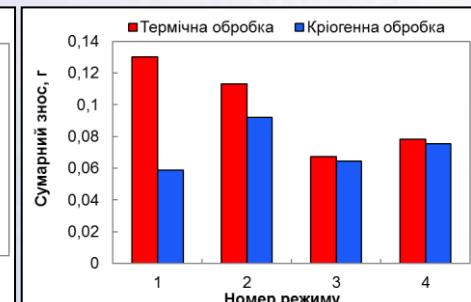
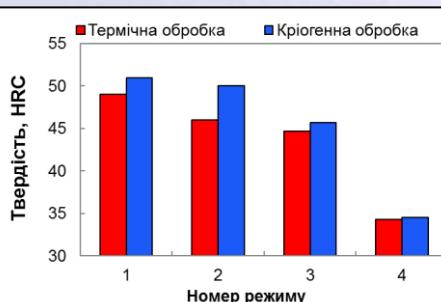
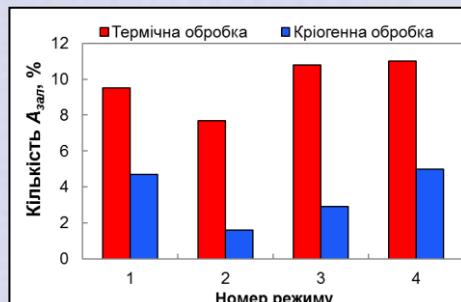
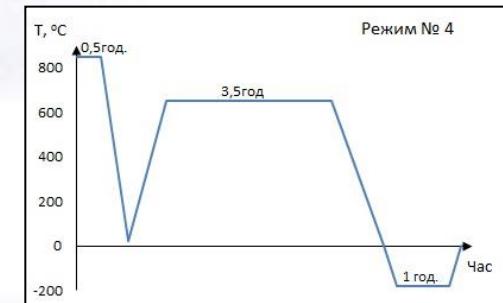
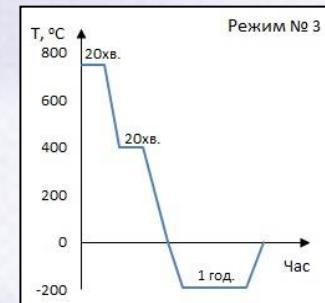
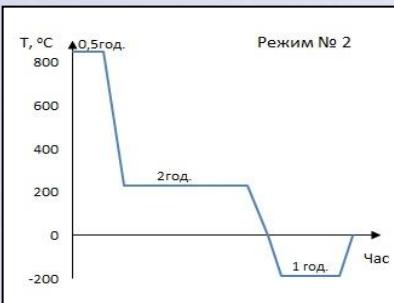
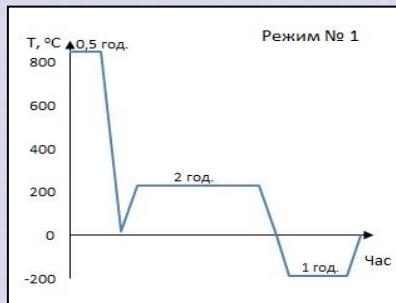
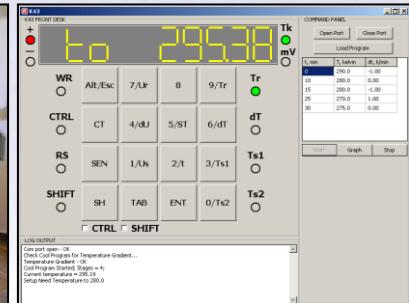
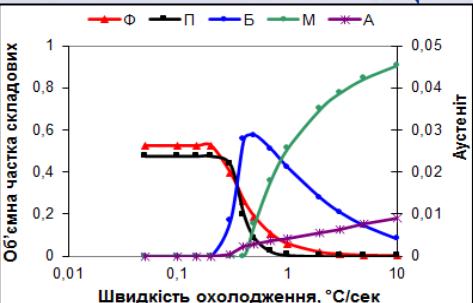
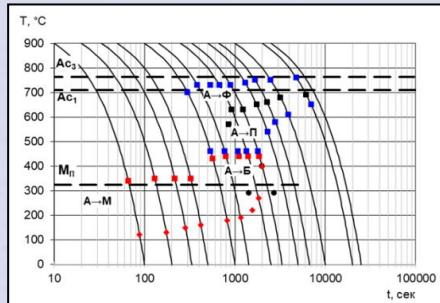
Склад 3

Плавка	Термічна обробка	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твердість, HB
Прототип	920°C (2,3°C/c)+635°C	898,8	718,3	38	58,7	102,5	230
	635°C	881,0	705,3	20,0	55,3	11,4	217
	350°C	1455,2	1282,2	10,3	29,4	31,7	429
1	920°C (2,3°C/c)+635°C	1053,0	895,8	16,2	38,9	33,5	277
	635°C	1154,2	1015,5	13,2	32,0	68,2	331
	350°C	1901,6	1722,3	9,3	19,5	27,4	578
2	920°C (2,3°C/c)+635°C	893,4	745,3	21,5	45,0	32,2	285
	635°C	1015,5	843,6	11,6	17,7	35,9	277
	350°C	942,2	863,6	8,5	16,3	27,3	331
3	920°C (2,3°C/c)+635°C	1030,4	875,2	18,4	42,9	51,8	277
	635°C	1055,8	868,4	15,9	39,4	38,2	293
	350°C	1099,9	922,7	12,5	31,7	25,0	302

ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ



ТА СТВОЛІВ СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ



№ за/п	Режим оброблення	Твердість, HRC	Сумарне зношення, г
1	850 °C, загартування, відпуск 230 °C	49,0	0,130
1-к	850 °C, загартування, відпуск 230 °C + кріо	51,0	0,059
2	850 °C, ізотермічне загартування 230 °C	46,0	0,113
2-к	850 °C, ізотермічне загартування 230 °C + кріо	50,0	0,092
3	750 °C, витримування при 400 °C	39,3	0,068
3-к	750 °C, витримування при 400 °C + кріо	44,7	0,064
4	850 °C, загартування, відпуск 650 °C	34,3	0,091
4-к	850 °C, загартування, відпуск 650 °C + кріо	35,8	0,075

№ за/п	Режим оброблення	a_{110} , Å	Розмір блоків D, нм	$\Delta a/a \times 10^{-3}$	$\rho \times 10^{12}$, см ⁻²
1	750 °C, охол. до 400 °C, нормалізація	2.8609	11.3	2.1	3.9
2	Режим № 1 + кріо 10 хв.	2.8645	8.6	3.9	6.7
3	Режим № 1 + кріо 1 год.	2.8668	5.2	3.3	8.4
4	Режим № 1 + кріо 22 год.	2.8652	4.1	3.0	10.1



Фахівці Інституту чорної металургії НАН України брали активну участь у розробленні принципових засад науково-технічного супроводження Програми розвитку гірничо-металургійного комплексу України та реалізації Програми відновлення і розвитку підприємств гірничо-металургійного комплексу України. З метою подолання наслідків технологічних втрат гірничо-металургійного комплексу України та руйнування підприємств чорної металургії проведено аналіз напрямів післявоєнного відновлення та розвитку чорної металургії України на базі нових технологій. Одним із головних завдань ІЧМ є науково-технічний супровід розвитку чорної металургії України:

1. Формування довгострокової стратегії розвитку металургії, в тому числі, в умовах військового стану та післявоєнного відновлення.
2. Розширення сировинної бази ГМК, включаючи використання вторинних відходів, залізорудної сировини з низьким вмістом заліза та використання нових видів ЗРС.
3. Розробка принципово нових процесів виробництва чавуну, сталі і прокату.
4. Енергозбереження в металургійному виробництві при одночасному вирішенні екологічних проблем галузі.
5. Питання розвитку внутрішнього ринку металопродукції, в тому числі, розробка нових марок сталі та розширення сортаменту продукції з принципово новими властивостями.

Інститут чорної металургії є провідним національним науково-дослідницьким центром країни у галузі чорної металургії, діяльність якого спрямована на проведення фундаментальних досліджень з метою отримання нових наукових результатів і подальше їх впровадження у виробництво для вирішення нагальних проблем та підтримки сталого розвитку гірничо-металургійного комплексу України та економіки в цілому. Фахівці Інституту проводять комплексні науково-прикладні дослідження за тематичними напрямами, які стосуються всіх основних переробів металургійного виробництва (доменне, сталеплавильне, прокатне, деформаційно-термічна обробка сталі та металопрокату).

ІЧМ співпрацює з потужними меткомбінатами та холдингами ГМК України. Багато досліджень було виконано на замовлення ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Інтерпайл Нижньодніпровський трубопрокатний завод», АТ «Укрзалізниця», ПАТ «Крюковський вагонобудівельний завод», ПрАТ Дніпровський коксохімічний завод, ТОВ НВП "Укртрубоізол", МК «Криворіжсталь», ПрАТ «ДМК». В 2019-2021 рр. науковці ВМЧ внесли значний вклад у роботи по модернізації доменного виробництва на «МК «Азовсталь» та «ММК ім. Ілліча».

Результати оцінювання діяльності ІЧМ



В 2019 за результатами оцінювання діяльності наукових установ НАН України ІЧМ було віднесено до категорії А – «Установа, що займає лідеруючі позиції за багатьма науковими напрямами, має вагомі наукові та практичні результати своєї діяльності, визнані на найвищому національному і міжнародному рівні, має високий науковий потенціал та ефективно його використовує, має винятковий вплив на науково-технічний та соціальний розвиток, інтегрована у світовий науковий простір».

Комісія зазначила, що Інститут чорної металургії

- проводить інноваційні фундаментальні та прикладні дослідження на світовому рівні з провідних напрямків розвитку чорної металургії;
- має стратегічне значення для вітчизняної науки та є єдиною профільною науково-дослідною установою НАН України;
- впроваджує свої розробки на підприємствах ГМК України з метою підвищення конкурентоспроможності їх продукції;
- надає консультативно-експертні послуги за зверненнями органів державної влади, промислових підприємств, ЗВО та інших організацій.



Наказом МОН України від 30.06.2023 Інститут чорної металургії ім.З.І.Некрасова НАН України внесено до Державного реєстру установ, яким надається підтримка держави (свідоцтво ДР№03187).

За результатами комплексної перевірки результатів діяльності ІЧМ, яка проводилася експертною комісією НАН України у 2019 р., комісія рекомендувала:

1. Продовжити проводити наукові дослідження згідно з напрямів, затверджених Постановою Президії НАН України № 247 від 14.12.2005 р. Особливу увагу зосередити на сучасних тенденціях розвитку чорної металургії на світовому рівні, враховуючи найбільш актуальні для ГМК України проблеми.
2. Всіляко підвищувати рівень наукових досліджень. Більш активно приймати участь у конференціях та нарадах, посилити роботу з розширення міжнародних зв'язків та співпраці з закордонними партнерами.
3. Зосередити зусилля на активізації публікацій у виданнях, що індексуються провідними наукометричними базами даних.
4. Активізувати роботу з створення та підтримки об'єктів інтелектуальної власності.
5. Продовжувати співпрацю з промисловими підприємствами та іншими організаціями з метою впровадження результатів наукових досліджень в умовах виробництва.
6. Продовжити роботу з оптимізації структури ІЧМ.
7. Продовжити роботу з вдосконалення системи адміністративного регулювання розподілу коштів бюджетного фінансування з урахуванням результатів роботи наукових підрозділів.
8. Активізувати роботу в напрямку залучення до ІЧМ молодих спеціалістів, в тому числі, шляхом підвищення заробітної плати та інших заходів – навчання в аспірантурі, дієвої допомоги в підготовці дисертаційних праць та інше. Всіляко сприяти омоложенню керівних посад.
9. Приділяти більшу увагу актуалізації тематики наукових досліджень ІЧМ відповідно до обраної стратегії його сталого розвитку, тенденцій розвитку світової металургії та потреб економіки України.