

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Б.С. Рильніков, Г.В. Понеділок

**ІВАН ФЕЩЕНКО-ЧОПІВСЬКИЙ
вчений та педагог**

До 125-річчя від дня народження

Львів
Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”
2009

УДК 378:669.017 (091)

Р 509

ББК 74.58:343г

*Рекомендувала Вчена рада
Інституту прикладної математики та фундаментальних наук
Національного університету “Львівська політехніка”
(Протокол № 5 від 12.05. 2009)*

Рильніков Б.С., Понеділок Г.В.

Р 509 Іван Фещенко-Чопівський: вчений та педагог. – Львів:
Видавництво Національного університету “Львівська політех-
ніка”, 2009. – 76 с.
ISBN 978-966-553-849-3

Науково-популярне видання розповідає про наукову та педагогічну діяльність видатного вченого-металознавця, педагога та громадського діяча, професора І.А. Фещенка-Чопівського. Розглядається його творча наукова, педагогічна і просвітницька діяльність в період праці як в Київській політехніці, так і в Гірничо-металургійній академії в Кракові. Аналізується внесок вченого в розроблення легованих сталей зі спеціальними властивостями, в теорію цементації заліза і сталей як вуглецем, так і металоїдами, у створення наукових засад “керованої металургії” і засоби вдосконалення і впровадження нових металургійних технологій. Висвітлюється монографічна творчість науковця і, зокрема, створення тритомного підручника з металознавства, внесок у металургійну підготовку інженерів у технічних навчальних закладах і методологію викладання.

Для викладачів, науковців, студентів, аспірантів, істориків науки.

ББК 74.58:343г

© Рильніков Б.С., Понеділок Г.В., 2009

© Національний університет

“Львівська політехніка”, 2009

ISBN 978-966-553-849-3

Зміст

Тернистий шлях видатного металознавця	5
1. Наукова творчість І.А. Феценка-Чопівського	
у галузі металознавства, металургії, техніки	13
1.1. Експертизні дослідження	20
1.2. Хіміко-термічна обробка	26
1.3. Керована металургія. Вдосконалення металургійних технологій	34
1.4. Дослідження спеціальних сталей і сплавів	38
2. Педагогічна діяльність І.А. Феценка-Чопівського	
у вищій школі	41
3. Монографічна спадщина вченого	52
Додатки	61
1. Основні дати науково-педагогічної діяльності Івана Феценка-Чопівського	61
2. Бібліографія праць професора у галузі металознавства, металургії і техніки	63



І.А. Феценко-Чопівський
(1884–1952)

“Старші покладають надії на молодих і віддають їм пошану у спадок!”

І. Феценко-Чопівський

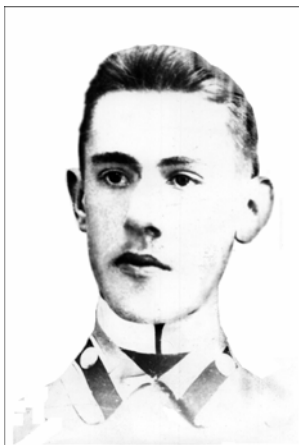
Тернистий шлях видатного металознавця

До 90-х років минулого століття, через існування закритих контингентів ГУЛАГу, була зовсім невідома доля вченого світового рівня в галузі металознавства і металургії, громадського діяча, політика та педагога, професора Івана Адріановича Феценка-Чопівського. Навіть фахівці, які натрапляли на його прізвище в бібліографічних джерелах, не знали про його тернистий шлях.

Іван Феценко-Чопівський народився 20 січня 1884 року у м. Чуднові Житомирської області. У 1908 році закінчив Київський політехнічний інститут з металургійної спеціалізації і захистив диплом інженера під керівництвом відомого металурга-винахідника, професора В.П. Іжевського. Після закінчення інституту проходив дворічну практику в науково-дослідних металознавчих осередках Німеччини, Італії, Франції. Повернувся до Києва і був призначений старшим асистентом при кафедрі металургії КПІ. Перед Першою світовою війною отримав стипендію для стажування в лабораторії металографії професора Обергоффера у Німеччині. Повернувшись до Києва, бере активну участь в громадському житті того часу у боротьбі за незалежну Українську Народну Республіку (УНР). У 1919 році І.А. Феценко-Чопівський був призначений віце-прем'єром та міністром народного господарства українського уряду. Внаслідок відомих історичних подій був вимушений виїхати у Польщу і займатися там науково-педагогічною роботою, проте громадську роботу на користь українського народу він не полишав протягом усього свого життя.

Викладацьку роботу вчений почав у 1922 році з посади старшого асистента кафедри металургії Варшавської політехніки, яку очолював професор В. Броневський, який до 1920 року працював на кафедрі технології металів Львівської політехніки. У 1922 році І.А. Феценка-Чопівського запросив ректор Гірничої академії з Кракова

для організації в цьому закладі металургійного напрямку. Там вчений і створив кафедру металографії та загальної металургії. У 1927 році у Варшавській політехніці захистив докторську дисертацію. Одночасно з працею на металургійних заводах І.А. Фещенко-Чопівський викладав в Гірничо-металургійній академії в Кракові і видав тритомну монографію “Металознавство”: I том – 1932 р., II том – 1934 р., III том – 1936 р. Ця монографія, обсягом понад тисячу сторінок, що містить багато рисунків з таблицями, досі використовується як підручник для студентів і є настільною книгою для інженерів. Вона не втратила актуальності, оскільки містить результати власних досліджень І. Фещенко-Чопівського. Академія у Кракові стала польським науково-дослідницьким центром і осередком підготовки спеціалістів для польської промисловості. Вчений видавав у Варшаві на початку 30-х років XX ст. наукові праці для оборонних підприємств Польщі. У 1932 році його обрали членом-кореспондентом Академії технічних наук Польщі.



*Іван Фещенко-Чопівський
у студентські роки під час навчання
у Київській політехніці*

Спектр наукових інтересів вченого вражає і сьогодні. У своїх працях він показав теоретично обґрунтовані способи переходу промислового металургійного виробництва від емпіричних технологій до сучасних високопродуктивних технологій масового виробництва високоякісних сталей. І.А. Фещенко-Чопівський був провідним вченим у галузі металознавства в Європі, який, як ніхто, бачив шляхи майбутнього розвитку металургійної науки.

У польський період І.А. Фещенко-Чопівський розробив нові конструкційні марганцеві та кремнієві сталі, а також хромонікелеві сталі, які використовувались у товстостінних трубах – артилерійських системах. Установив оптимальні режими термічного оброблення швидкорізальних сталей і заміни їх на швидкорізальні безвольфрамові сталі, запропонував дешевшу лігатуру для спеціальних сталей та способи їхнього модифікування, працював над проблемою підвищення якості та надійності котлових сталей, розробив теорію хіміко-термічної обробки, яка давала змогу науково обґрунтовувати режими технологічного процесу, а також склад карбюризаторів. Розробив технологічні процеси борування й берилізації заліза, нікелю і кобальту, особливо для магнітних сплавів. Запропонував нові методи азотування сталей, а також покриття поверхонь заліза і сталей не тільки металом, але й низкою численних неметалів.

І. Фещенко-Чопівський запропонував і розробив основи “керованої металургії”(у своїх працях вчений використовував термін “кермована металургія”), що стало прообразом цілої гами технологій високотемпературного термомеханічного оброблення сталей (ВТМО). Ці технології сталі впроваджувались у виробництво у 70–80-х роках ХХ століття. Він розробив нові методи ударних і втомних випробувань сталей. Вчений запропонував власні критерії якості металів, основані на оцінці співвідношення твердості та межі текучості, а також шкалу оцінки неметалевих включень у залізі і сталях. І.А. Фещенко-Чопівський приділяв увагу також покращанню якості залізничних рейок з використанням оптимальних режимів термічного оброблення, а також сталей військового застосування в озброєнні, літаках, автомобілях та артилерійських системах. Для отримання широкого спектра структур і властивостей сталей вчений запропонував двошарове охолоджувальне середовище і дослідив залежність розмірів зерен сталі від умов оброблення тиском. За допомогою металографічних шліфів на косих зрізах поверхневих шарів побудував діаграми стану різних металевих систем з 26 хімічними елементами.

Результати своїх наукових досліджень професор І.А. Фещенко-Чопівський публікував у провідних світових періодичних виданнях у галузі металургії і металознавства. Загалом він видав 218 наукових праць польською, німецькою, французькою та російською мовами. З них українською мовою опубліковано 39 праць. У багатьох європейських країнах вченого обирали членом металургійних товариств. Він очолював делегації на багатьох міжнародних з'їздах металургів та конференціях, зустрічався і знайомився з провідними вченими-метало-

знавцями, професорами Л. Жіллетом, А. Портевенном, А. ле Шательє, Е.С. Бейном, В. Гадфільдом та іншими.

У міжвоєнний період професор І.А. Феценко-Чопівський підтримував активні зв'язки з українською молоддю Львова. Зі Львовом він вперше познайомився 1910 року дорогою до Німеччини та Великобританії. Його зацікавлення торкались передовсім студентів технічних напрямів, серед яких він шукав майбутніх колег. Коли Українське технічне товариство (УТТ) у Львові організувало курси, що мали започаткувати українську політехніку (1923 р.), тимчасовий сенат запропонував професорові І.А. Феценку-Чопівському бути керівником кафедри металургії. Відтоді він регулярно приїздив до Львова для читання лекцій. У спогадах “Хроніка мого життя” вчений згадував, що “заняття проходили у приміщенні української школи біля собору Святого Юра”. І. Феценко-Чопівський читав курс металознавства на машинному відділі Української таємної політехніки у Львові. Крім того, у нього успішно розвивались контакти з часописом “Технічні Вісті” – друкованим органом УТТ. Його співпраця з цим журналом не тільки підняла престиж самого журналу, але й зробила вагомий внесок у створення української науково-технічної термінології в галузі металургії і металознавства. Українська металургійна термінологія, яку використовував професор у своїх статтях, мала велике значення для підготовки майбутніх спеціалістів, оскільки він був не тільки вченим світового рівня, але і педагогом європейської культури, який володів основними європейськими мовами. За заслуги у підготовці технічних кадрів загальні збори УТТ присвоїли йому у 1930 році звання Почесного члена товариства.

Професор І. Феценко-Чопівський співпрацював у Львові з науковим товариством імені Т.Г. Шевченка (НТШ), членом якого він був з 1925 року. Починаючи з 1925 року він доповідав на засіданнях НТШ про свої розробки і опублікував цілу низку наукових статей в галузі металознавства, а також читав лекції. Професор очолював технічну комісію НТШ і брав участь у розбудові Технічного товариства НТШ. Його лекції публікувалися у Львові українською мовою. Він опублікував 18 наукових праць, зокрема 1 польською, 1 німецькою мовами. Крім суто металознавчих статей і брошур, І. Феценко-Чопівський приділяв увагу проблемі підготовки українських інженерів і тогочасної технічної освіти.

І. Фещенко-Чопівський підтримував зв'язки з журналом “Науково-технічний вісник”, який видавався в Харкові і публікував результати своїх розробок, актуальних для металургійної промисловості. Ці статті публікувалися від імені НТШ у Львові. Харківський “Науково-технічний вісник” надрукував у 1926 році схвальну рецензію на статтю професора у львівських “Технічних Вістях”, що і започаткувало контакти між цими редакціями. Делегація від харківського журналу взяла участь у другому з'їзді українських інженерів у Львові (1926 р.), в роботі якого брав участь і І. Фещенко-Чопівський. Ця співпраця тривала до 1931 року, а після цього з відомих причин припинилась.

З особливим зацікавленням професор ставився до праці з українською студентською молоддю як у Кракові, так і у Львові. Особливо він опікувався студентами, які не мали належного матеріального забезпечення і перебували в скрутних умовах. Він скеровував за свої кошти на навчання студентську молодь у вищі навчальні заклади і не тільки технічного профілю. Мав учнів серед земляків і підтримував їх у навчанні та сприяв працевлаштуванню колишніх студентів-техніків. Велику увагу приділяв роботі з дипломниками і багато разів учнівську роботу виправляв на фахову.

Серед студентів, якими опікувався І. Фещенко-Чопівський з 1922 до 1935 р., був Євген Перхорович, випускник Краківської гірничої академії. Професор згадує його в своїх спогадах: “Він увесь час зі мною у тісному контакті”. У 1936 році вони в шостому числі *Hutnik* опублікували статтю, що стосувалася впливу оксиду алюмінію на властивості заліза. У 1939 році доцент Євген Перхорович, учень І. Фещенка-Чопівського, був призначений завідувачем кафедри технології металів у Львівській політехніці і працював на цій посаді до 1945 року. Він вперше читав курс технології металів українською мовою.

У березні 1945 року в місті Катовіце (Польща) професора І. Фещенка-Чопівського заарештували органи НКВД, вивезли до Києва й засудили на 10 років позбавлення волі у таборі ГУЛАГ. Видатного вченого і педагога у віці понад 60 років вивезли у північні концентраційні табори, де у 1952 році після тривалої хвороби в таборі Абезь він помер на 68-му році життя. Лише у 1993 році після заяви доньки І. Фещенка-Чопівського Ірини Іванівни Чопівської-Богун Генеральна прокуратура України реабілітувала вченого.

- 1/ Ім'я і назвисько *І. Фещенка-Чопівський*
 - 2/ Дата уродження і місце *14.08.1898, Київ, в місті на вулиці Зринь*
 - 3/ Дата закінчення середньої освіти *1915, в місті Київ*
 - 4/ Університети на яких студіював *Київська Політехнічна Школа*
 - 5/ Дата отримання диплому *29.5.1918*
 - 6/ Спеціальні студії *Металургія, металознавство, металознавство*
 - 7/ Научні праці друковані і де друковані *Друк. Київ*
 - 8/ Де яких наукових товариств чи інститутів належить *Київське Товариство Металургів, Київський Інститут Металургії, Київський Інститут Металургії, Київський Інститут Металургії, Київський Інститут Металургії*
 - 9/ Що викладав і викладає тепер *У Київській Політехнічній Школі*
 - 10/ Чи в яким характері працював до цього часу на інших Високих Школах і яких саме *У Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі*
 - 11/ Під керівництвом яких наукових сил спеціалізувався... *у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі*
 - 12/ Де і коли габілітувався і хто був офіційними опонентами *у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі, у Київській Політехнічній Школі*
- 7) По Україні:
- 1) *Робота в галузі металургії. Зап. Наук. М. Д. у Київській Політехнічній Школі.*
 - 2) *Великобуржувальна галузь — там же, т. II*
 - 3) *Множа науков. публікації в галузі металургії. М. Д. Наук. Вісн. р. 1918-19*
- 8) *Успіхи в галузі металургії. Журн. Рос. Акад. Наук. 1913, № 3 і 1914, № 3*
- 9) *Зроблено в "Revue de Metallurgie" в 1915-16 і 17 роках*
- 10) *Публіковано в книжці "Festschrift zum 50-jährigen Geburtstag von Prof. Dr. Schmalzer" в "Rostocker Verh." 1920, стор. 349, 351, 354.*

Фотокопія анкети І. Фещенка-Чопівського, заповненої ним власноручно під час вступу у НТШ (з фонду Державного архіву у м. Львові)

На території України вперше про видатного металознавця заговорили у Львові на науковій сесії Наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка 29–30 березня 1991 р. Голова НТШ професор О. Романів виголосив доповідь на тему: “Науковий і громадський подвиг Івана Фещенка-Чопівського”. Перша міжнародна конференція “Конструкційні та функціональні матеріали”, яка відбулася у 1993 році у Львівській політехніці, була присвячена пам’яті видатного вченого-металознавця, професора Івана Фещенка-Чопівського. Згадували про його тернистий і мужній шлях у 1994 році на конференції “Проблеми металознавства та обробки легованих сталей” у Київському політехнічному інституті, у вересні 1997 року на конференції “Конструкційні та функціональні матеріали” у Львівській політехніці. Багато зробили для відновлення пам’яті цього великого українського інженера громадські організації: “Джерело”, “Меморіал”, “Пошук” тощо. Це допомогло не тільки розповісти про цю чудову людину в наукових та технічних колах, а й донести правду про нього українському народу.



Встановлення пам’ятної дошки в навчальному корпусі Львівської політехніки. Стоять (зліва направо) професор Львівського національного університету імені Івана Франка О. Шаблій, доцент Б. Рильніков, вунуки І. Фещенка-Чопівського Юрій та Петро, голова НТШ професор О. Романів, доцент І. Паздрій

У вересні 2002 року у Львівській політехніці відбулась конференція, присвячена 50-річчю з дня трагічної загибелі І. Феценка-Чопівського. У вестибюлі корпусу № 10 на вул. Устияновича, 5, 28 вересня була встановлена пам'ятна дошка. На відкритті були присутні внуки вченого Юрій та Петро. **“Старші покладають надії на молодих і віддають їм пошану у спадок!”**, – як заповіт для молоді І. Феценко-Чопівський записав під час зустрічі у таборі в щоденнику тоді ще зовсім юного політичного в'язня ГУЛАГу, а нині артиста драматичного театру ім. М. Заньковецької, народного артиста України О.Б. Гринька. І підписався.

Ці мудрі і людяні слова варто пам'ятати і студентам, і викладачам.

1. Наукова творчість І.А. Феценка-Чопівського у галузі металознавства, металургії, техніки

У науково-дослідній діяльності І.А. Феценка-Чопівського мож-
на виділити два періоди: київський і польський.

Київський період почався у 1908 році, відразу після закінчення Політехнічного інституту, з експертних досліджень якості метало-
продукції, яку виробляли південні заводи.

Серед перших опублікованих наукових праць [1,133, 134, 137] були статті, у яких досліджувались покривельні бляхи, виготовлені “уральським методом” на Брянській гуті в місті Катеринославі (нині Дніпропетровськ). Цю бляху з маловуглецевих сталей за антикорозійними властивостями можна було порівнювати з оцинкованою бляхою, але за вартістю вона була набагато дешевша. Тому ця особливість зацікавила молодого дослідника. Для корозійної стійкості цієї бляхи не було потреби створювати спеціальне захисне покриття. Технологічний процес, за допомогою якого виготовлялась ця бляха, був нестабільний і її якість не завжди відповідала вимогам. Основною причиною нестабільності була відсутність науково обґрунтованих режимів, а все робилось зазвичай за “рецептами” та “емпіричними технологіями”. І.А. Феценко-Чопівський звернув на це увагу і взявся за вивчення і дотримання стабільної технології. Результати цієї роботи були викладені у чотирьох статтях у 1910–1911 рр., в яких він встановив: в процесі виготовлення листів на їх поверхні утворюється рівномірний шар оксидів заліза, які формуються у відновлюючій атмосфері, яка забезпечується за рахунок подрібненого деревного вугілля, що покриває листи під час прокатування при підвищених температурах. Структура маловуглецевих листів повинна складатись з однорідних дрібних зерен, яка забезпечує ліквідацію окремих джерел атмосферної корозії під час їхньої експлуатації. Корозійна стійкість блях залежала від товщини і складу окисних плівок на поверхні листів. Окисні плівки формувались в сумішах CO-CO₂ під час прокатування.

І.А. Феценко-Чопівський здійснив глибоке вивчення корозії під кутом зору дії мікрогальванічних пар. Електрохімічна теорія тільки зароджувалася і таке трактування було принципово новим. Він зробив висновок, що якість листів та їхня корозійна стійкість залежать від дотримання технологічного процесу і, зокрема, умов формування

щільних і міцно зчеплених оксидами заліза шарів плівок. Такі висновки дали можливість стабілізувати масовий випуск якісної продукції.

Другою проблемою, якою зацікавився молодий науковець, було дослідження причин руйнування котельних агрегатів [138, 139, 143]. Він виявив чинники цих явищ – утворення неоднорідної структури котельних листів, наявність металургійних і технічних дефектів, які знижували експлуатаційну надійність котлів. Ці дослідження дали можливість розробити рекомендації для встановлення норм виготовлення котельних листів .

У цей самий період науковець вперше зацікавився проблемою якості і надійності залізничних рейок [147].

Його роботи відповідали практичним питанням розвитку металургійної промисловості і сприяли розробленню нових науково обґрунтованих технологій: підвищенню якості котельних листів, корозійної стійкості покривельної бляхи, якості і надійності залізничних рейок. Деякі з цих досліджень були продовжені і у польський період його наукової діяльності.

З самого початку наукової роботи І. Фещенко-Чопівський першочергово ставив питання: яким буде кінцевий результат і як він буде впроваджуватись у промисловість? Для вченого було характерним, що він переважно вивчав сутність проблеми, яка виникала в промисловості, а потім знову поверталась на виробництво, але вже у вирішеному вигляді. Постійне спілкування І.А. Фещенко-Чопівського з представниками підприємств і виконання робіт на їх замовлення приводило до накопичення великого обсягу матеріалу випробовувань і давало можливість робити правильні висновки. Ці риси його творчості простежувалися з його перших практичних робіт для потреб промисловості. Такий стиль підходу до взаємин з промисловістю був започаткований ще у київський період в КПІ і він дотримувався його протягом всієї творчої діяльності.

З іншого боку, він відмовлявся від виконання таких робіт, щодо яких не було упевненості. Так сталося з відмовою від розроблення електросталеплавильної печі, яку запропонував професор В.П. Іжевський, але на це були важливі підстави: по-перше, не було належної матеріально-технічної бази, на якій можна було б виготовити дослідний зразок, по-друге, була відсутня кваліфікована робоча сила, по-третє, бракувало спеціалістів у галузі електротехніки для того, щоб

спроєктувати електротехнічне обладнання такої печі. Згодом ідеї професора В.П. Іжевського були втілені на заводах Круппа в Німеччині і їх використали для виплавки конструкційних й інструментальних легированих сталей. Для реалізації цього завдання були потрібні великі фінансові і матеріальні витрати. Відвідування в 1910 році разом з професором В.П. Іжевським міжнародної виставки в Брюсселі, участь в Міжнародному металургійному конгресі в Дюссельдорфі, а також ознайомлення з роботою дослідних центрів в Лондоні та Шеффільді стали поштовхом для початку системних наукових досліджень.



Іжевський Василь Петрович – видатний металург, вчений і педагог, відомий своїми працями в галузі доменного виробництва, електрометалургії, металографії і термічної обробки металів і сплавів. З 1889 року працював в КПП, де заснував і став керівником кафедри металургії (1903 р.). Стажувався в Сорбонні (Париж) у відомого фізика-хіміка і металознавця ле Шательє.

Розробив методи розрахунків доменної шихти за молекулярною вагою та теплового балансу доменних печей. В галузі електрометалургії в 1905 році вперше використав провідники другого роду (цеглу) для електричних печей. Є автором

оригінальних конструкцій електричних печей і газогенератора. Запропонував нагрівання сталей перед гартуванням у соляних ваннах. У металографії створив реактив (Іжевського) – 4 % розчин пікринової кислоти для виявлення мікроструктури залізовуглецевих сплавів. Його учнями були академіки І.П. Бардін, Н.П. Чижевський, професори: І.А. Фещенко-Чопівський та В.Є. Васильєв.

Початком такої науково-дослідної роботи слугувало звернення Єлизаветградської фабрики сільськогосподарських машин (яка була заснована у 1874 році) із проблемою покращання якості леміша кінного плуга налагодженням процесу цементації. Лемеші кінного плуга виготовляли з твердої листової катаної мартенівської сталі, поверхня якої повинна бути чистою, без плям, раковин і розшарувань. Нижня частина леміша, яка призначалась для підрізання пласту землі знизу і переміщення його на відвал, складалась з носа і леца, і піддавалась гартуванню у воді і подальшому низькому відпуску. Верхня

частина леміша мала два отвори для кріплення болтами лемеша до рами плуга і повинна бути шліфованою. Така технологія була недостатня через інтенсивне зношування, а при підвищенні твердості загартованої нижньої частини леміша виявлялись руйнування його носа і викришування леза під час оброблення землі.

Оптимальний шлях покращання якості лемешів молодий науковець вбачав у досягненні стабільного процесу цементації його нижньої частини. Подальша термічна обробка формувала комплекс властивостей, який забезпечував високу продуктивність, зносостійкість і надійність в експлуатації. Численні дослідження як в науково-дослідній лабораторії, так і в виробничих умовах, виконання хімічних аналізів і металграфічних досліджень структури цементованих шарів і структури термічно обробленої сталі привели до розроблення технології цементації вуглецевої сталі. Твердий і загартований шар лемеша забезпечував його високу зносостійкість, а в'язка серцевина – сприймання ударних навантажень.

Результати цієї практичної роботи піддалися глибокому фізико-хімічному аналізу, була осмислена сутність процесів, які згодом лягли в основу розроблення теорії і технології цементації вуглецевих сталей, а також інших видів хіміко-термічної обробки матеріалів.

Ці роботи отримали визнання у науковому колі металургів і стали основою для підготовки до захисту дисертації. Але історичні умови не дали можливості здійснити ці плани. Відновлені ці дослідження були вже у Варшаві у 1922 році, де І. Фещенко-Чопівський зустрівся з професором В. Броневським і був призначений контрактним старшим асистентом Варшавської політехніки при кафедрі металургії і металознавства.

Так почався польський період його наукової педагогічної діяльності, що був дуже продуктивним і результативним. Відновились наукові дослідження в галузі хіміко-термічної обробки металів і сплавів. За порадою професора В. Броневського І.А. Фещенко-Чопівський перші кроки на новій ниві пов'язав з темою “цементация заліза бором”, а також насичення бором нікелю і кобальту. Одночасно з цим почалися роботи з берилізації цих матеріалів. Ці роботи дали потужний поштовх до виконання цілої гами різних досліджень процесів дифузії як металів, так і згодом неметалів з різними металевими основами і дало змогу створити теоретичний базис хіміко-термічних обробок. У цих роботах брали участь учні і колеги.

Броневський Вітольд (1888–1939) – видатний вчений-металознавець, металург. Учень Марії Склодовської-Кюрі у Сорбонні (Париж) (1908–1911 рр.). У 1912 році почав працювати на кафедрі технології металів Львівської політехніки. У 1914–1918 роках викладав курс металографії в Сорбонні. В 1919–1921 роках – професор Львівської політехніки. У 1921 році у Львові опублікував фундаментальну монографію “Засади металографії”. У 1922 році перейшов на посаду завідувача кафедри металографії Варшавської політехніки. Виконував дослідження з металографії і фізичної хімії металів, а також досліджував структуру і властивості металів і сплавів після гарячої обробки тиском. Був першим у Польщі дослідником явища повзучості металів. Опублікував монографії з металознавства кольорових металів і сплавів, видав навчально-методичні посібники з металографії.

Обраний дійсним членом-засновником Академії технічних наук Польщі і у 1928–1936 роках був її генеральним секретарем.

У серпні 1922 року на запрошення Сенату Гірничої академії в Кракові І.А. Феценко-Чопівський переїхав до Кракова і почав працювати професором металографії і створювати науково-дослідну базу на кафедрі. Він став основоположником металургійного напрямку науки і освіти в Академії.

3 жовтня 1927 року І.А. Феценко-Чопівський почав працювати консультантом 5 оборонних заводів в Польщі, а з 15 серпня 1928 року його запросили на посаду керівника дослідного центру Гути “Покуй” в Битомі. У 1930 року він перейшов на посаду директора дослідного центра в Гуті “Байльдон”.

До початку Другої світової війни – 1939 року, вчений продовжував працю в Гірничо-металургійній академії в Кракові за сумісництвом і висловлював задоволення нею. Інститут металографії в Академії належав до найкращих науково-технічних лабораторій в Польщі. Потужні науково-дослідні осередки були створені на гутах “Покуй” і “Байльдон”, де працював І. Феценко-Чопівський. Хоча професор виконував адміністративні обов’язки як керівник наукових інститутів, але більше схилився до творчої роботи. За польський період наукової діяльності він опублікував багато книг, зокрема 3 томи “Металознавства”, брошур, наукових статей.

У тридцяті роки ХХ століття професор І.А. Феценко-Чопівський брав активну участь в міжнародних конференціях, зїздах, семінарах і очолював на них польську делегацію металознавців. Він

зустрічався із видатними європейськими вченими: Р. Евансоном, Т. Карпентьєром, С.Г. Дешем (Великобританія), професорами Л. Жіллєтом, А. Портвейном, великим вченим ле Шательє в Парижі, а також з професорами Є.С. Бейном, Т. Свиденом, В. Гадфільдом та іншими провідними металознавцями того часу.



ле Шательє Анрі Луї (1850–1936) – французький вчений, фізико-хімік і металознавець. Професор Паризької вищої гірничої школи і Сорбонни.

У 1884 році сформулював загальний закон зміщення хімічної рівноваги залежно від зовнішніх факторів (принцип ле Шательє). Запропонував спосіб визначення теплоємностей при високих температурах. Він є одним із засновників металографії, що дало йому змогу виявити природу сталі, чавунів та інших металевих сплавів. Ле Шательє довів утворення твердих розчинів при нагріванні сплавів. Експериментально підтвердив аналогію між розчинами і сплавами,

встановив основні типи діаграм кристалізації. Досліджував металеві сплави методом термічного аналізу.

Виконав комплекс досліджень, які допомогли встановити природу портланд-цементу та інших будівельних та вогнетривких матеріалів.

У 1886–1889 роках розробив термоелектричний пірометр для вимірювання високих температур. У 1887 році сконструював металографічний мікроскоп. Принцип ле Шательє використовується при дослідженні фазових переходів і розчинності елементів.

Під його керівництвом проходило стажування багато вчених з інших європейських країн, зокрема професор В.П. Іжевський.

Він приділяв увагу і видавничій справі. Так, у 1929 році започаткував видання науково-технічної періодики металургійного напрямку. Наприклад, “Наукові праці державних оборонних підприємств”, яких вийшло 7 томів, в них опубліковано 6 статей професора і його учнів. На Гуті “Байльдон” видавалися “Наукові праці Гуті “Байльдон”” (видано 5 томів). Тематику цих статей можна побачити у бібліографічному переліку. У 1927 році Харківський “Науково-Технічний Вісник” запросив вченого до співпраці і у 1927–1927 роках вчений друкував там свої статті [19, 10, 13–16, 19, 24]. До 1929 року він друкував реферати своїх

досліджень в журналі Російського металургійного товариства. В цьому самому журналі вчений опублікував некролог, присвячений своєму вчителю професору В.П. Іжевському. Упродовж всього часу видання журналу “Технічні Вісті” він був його співредактором і багаторазовим співавтором. 39 його публікацій з металознавства українською мовою заклали підвалини науково-технічної термінології.



Гадфільд Роберт Аббот (1859–1940) – англійський металург, винахідник і дослідник. У 1882 році розробив високомарганцеву сталь, яка отримала назву від його прізвища. Сталь Гадфільда має високу зносостійкість й ударну в’язкість. Ця легована сталь була першою аустенітною сталлю масового виробництва. Заснував підприємство, що виготовляло цю сталь. Досліджував комплекс механічних властивостей хромонікелевих сталей. У 1884 році отримав патент на кремнієву сталь. У 1908 році став членом Королівського товариства. У 1917 році одержав титул барона.

Гадфільд опублікував понад 220 науково-технічних робіт, у 1925 році видав книгу “Металургія та її вплив на сучасний прогрес: з огляду освіти і наукових досліджень”. Ця книга стала еталоном для дослідників. Видав у 1926 році монографію “Спеціальні сталі”, яка була перекладена і видана в багатьох країнах.

Неодноразово він виступав у Львові, не тільки як автор наукових статей, а і як лектор та доповідач. Під час роботи третього з’їзду українських інженерів у Львові у 1931 році професор І. Фещенко-Чопівський виступив у Науковому товаристві ім. Т.Г. Шевченка з трьома доповідями:

1. Крихкість відпалу і відпуску сталі.
2. Відношення $H:Q$, тобто твердості до границі текучості – як міра якості сталевого матеріалу.
3. Тривкість термічно обробленої м’якої маловуглецевої сталі.

Як відомий металознавець ХХ століття, І. Фещенко-Чопівський був обраний членом багатьох міжнародних інститутів: Інституту заліза і сталі (1926 рік) та Інституту сталі (Лондон), Польського хімічного товариства у Варшаві, Російського металургійного товариства, почесним

членом наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка, Українського технічного товариства у Львові, Німецького товариства металургів тощо.

Він став співорганізатором Польського товариства гутників, організовував щорічні з'їзди інженерів-механіків й очолював роботу металознавчої секції.

У 1932 році, враховуючи його великий внесок у розвиток металургійної науки, його обрали членом-кореспондентом Академії технічних наук Польщі. А наступного року він був нагороджений президентом Польщі “Золотим Хрестом Заслуги” – найвищою урядовою відзнакою за внесок у розбудову воєнної промисловості Польщі.

Згодом сприятливий час для творчої діяльності закінчився – почалася війна. У “Хроніці...” І. Феценко-Чопівський з сумом згадує випадок, коли виконану ним в Гуті “Байльдон” у 1942 році роботу з дослідження рівномірності охолодження чавунних виробів він побачив опублікованою в журналі “Шталь унд Айзен” без його прізвища. Вчений констатував – “Моє ім'я зникло, а добутий і опрацьований матеріал присвоїли інші”.

Наукові досягнення професора І. Феценка-Чопівського необхідно впроваджувати в програми навчальних курсів предметів з металознавства, згадуючи про його розробки в цій царині.

1.1. Експертизні дослідження

Окрему сторінку в науковій діяльності І.А. Феценка-Чопівського займають експертизні дослідження, які почалися ще у період роботи в КПП. Це дослідження стану поверхонь блях [1, 133, 137], покращання якості металевих металів термічною обробкою [9], виявлення причин утворення тріщин у листах парових котлів [10], дослідження причин крихкості після відпалу і відпуску сталей [13, 40, 42], аналіз стійкості термічного покращання маловуглецевих сталей при температурі роботи парових котлів [15], дослідження неоднорідності структури котельних листів [138] та причини руйнування котлів [143] тощо.

Експертизні дослідження давали відповіді на питання та пояснення причин ненадійності і відмов металопродукції в процесі її експлуатації. Це стало підставою для вдосконалення технології виробництва продукції і підвищувало її якість.

У період утворення кафедри металографії на металургійному відділенні Гірничо-металургійної академії в Кракові одним із джерел

фінансування для оснащення кафедри приладами, термічним обладнанням та майном була експертна робота. Одночасно ця робота сприяла укріпленню зв'язків кафедри з підприємствами і давала змогу студентам проходити практику і виконувати дипломні роботи. В цей період разом зі своїми учнями вчений досліджував причини утворення темних пасм на поверхні сталевих виробів [40], здатність тонких листів маловуглецевих сталей до витяжки [44], вплив швидкості охолодження і штучного старіння на властивості вуглецевих інструментальних сталей [52, 55], азотування сталі за допомогою амонію, а також його вплив на старіння сталей [54] тощо.

Найбільшу частину експертних досліджень становлять питання надійності котлоагрегатів. Ще на початку своєї наукової діяльності, працюючи в КПІ, І.А. Фещенко-Чопівський цікавився причинами відмов і аварій котлоагрегатів. Спочатку це були експертні дослідження причин їх аварійності [10, 143]. У працях Товариства з нагляду за котлами [138, 143] були опубліковані результати дослідження причин руйнування котлів і на підставі них сформовані норми технічних вимог до котельних сталей, з метою підвищення надійності експлуатації котлоагрегатів [139]. Досліджуючи якість і однорідність структури котельних листів [138], вчений звернув увагу на структурну неоднорідність котельних маловуглецевих нелегованих сталей, що посилюється дендритною, міжзеренною і зональною ліквіацією, які усунути неможливо. Дефекти котельних листів поділені на дві групи: технологічні й експлуатаційні. До технологічних дефектів належать дефекти металургійного походження: перелічені види ліквіації і неметалеві включення, тріщини, сліди усадкових раковин і пор, пухирів, розшарувань та рядкова структура труб і листів. До експлуатаційних дефектів належать: нерівномірна пластична деформація при гнутті труб, поверхонь нагріву котлів при вальцюванні обичайок барабанів. В час написання цих статей в теплотехнічних системах використовувались котлоагрегати з тиском 10–15 атм. і температурою 300÷325 °С. Цей температурний інтервал збігається із зоною синьоломкості, при якій відбувається окрихчення м'якої маловуглецевої сталі. Крім того, в той час котельні листи в барабанах низького і середнього тиску з'єднували за допомогою заклепок. У таких котлах спостерігалась каустична крихкість, що було причиною багатьох аварій барабанів котлоагрегатів. При неякісному виконанні клепаного або вальцьованого з'єднання воно може стати не зовсім щільним. При експлуатації вода з високою темпера-

турою під тиском просочується через нещільності, і луги, які використовують для промивання котлів і пом'якшення води, осідають і викликають розтріскування сталі по границях зерен. Тріщини біля вальцованих з'єднань на зовнішній поверхні були розміщені по підмоклінах, які утворювались від просоченої і випаруваної котлової води. Таке трактування причин окрихчування котельних сталей при експлуатації підтвердилося в наступні роки розвитку металознавства.

Після вимушеної еміграції і наукової роботи вже в Гірничо-металургійній академії в Кракові І. Фещенко-Чопівський знову повертається до цієї проблематики. За той період значно підвищилися робочі параметри пари, зростало теплове навантаження на поверхні нагріву котлоагрегатів і підвищувалися вимоги до надійності котлів і з'єднань котлоагрегатів. Починається застосування в котлах легованих сталей, особливо з підвищеним змістом нікелю [47].

У 1926 році в часописі "Теплотехніка", що видавався в Варшаві, був опублікований цикл статей, які стосувались проблеми якості котельних сталей [38], а саме: подряпини в матеріалі парових котельних листів і причини їх утворення; якою повинна бути термічна обробка котельних сталей; стійкість і твердість зварного шва електродугового, газового і водневого газу зварювання; причина походження твердості швів, а також покращання зварних швів без термічної обробки. У 1927 році в тому самому часописі було опубліковано ще три статті з цієї тематики, а в 1928 році була опублікована габілітаційна праця професора у вигляді брошури (75 с. з 103 рисунками) [38]. Це був науковий огляд стану цієї проблеми, велику частину якого становили роботи самого автора. Продовжуються дослідження якості котельних сталей та вплив на їх властивості і надійність в експлуатації термічної обробки. Розглядається вплив дефектів технологічного й експлуатаційного походження на надійність котлоагрегатів. Металургійні дефекти, які спадкуються в процесі виготовлення котлів, – як зовнішні, так і внутрішні, піддаються корозії і місцями перегріву. Внаслідок цього за рахунок збиральної рекристалізації після критичного ступеня холодної пластичної деформації спостерігається ріст зерен і окрихчення котельних сталей [13]. Крім того, в температурному інтервалі експлуатації котлів після нерівномірної деформації котельних сталей відбувалось старіння і додатково підвищувалась їхня крихкість [10, 13, 40, 42]. Як захід проти зменшення пластичності

котельних сталей І. Фещенко-Чопівський пропонує термічну обробку з метою покращання їхніх механічних властивостей [9, 15, 47].

Завершальна публікація, яка торкалась проблеми котельних сталей, була надрукована у працях Гути “Байльдон” у 1939 році [110], і стосувалась стійкості сталей для котлів і автоклавів, які працювали в інтервалі температур 20–600 °С.

Тут вже йдеться не про маловуглецеві сталі, а леговані хромо-нікель-молібденові сталі, які вже повинні бути жароміцними і протистояти повзучості і мати більшу стійкість проти структурної деградації. Відбувся перехід роботи котлоагрегатів на вищий рівень параметрів водяної пари – на тиск 50–60 атм. і температуру 425–450 °С.

Упродовж всього часу дослідження цієї металознавчої проблеми теплоенергетики І.А. Фещенко-Чопівський застосовував методи дослідження котельних сталей і сприяв становленню і розвитку служб металів на теплових електростанціях. З самого початку він формулював технічні вимоги до якості котельних сталей, якими користувалися як Товариство з нагляду за котлами царської Росії, так і польське Товариство контролю парових котлів, які стежили за дотриманням правил контролю і безпечної експлуатації парових котлів, посудин, які працюють під тиском.

Для оцінки порівняльних характеристик котельних сталей і визначення їхньої придатності І.А. Фещенко-Чопівський шукав комбінації механічних характеристик, які могли б бути мірою якості металу. Новаторським для свого часу стало запропоноване ним відношення твердості сталі до границі текучості (H/Q). Для безпечної експлуатації напруження $Q/2$ він запропонував зробити це відношення трохи більшим за “2” і впровадити границю текучості Q в приписи відбору матеріалу котлових листів, які треба термічно обробляти з метою покращання їх властивостей [12, 14]. Ці рекомендації були впроваджені у практику. Сьогодні діють фізично обґрунтовані критерії, які вибирають на основі побудови діаграм конструктивної міцності.

Експертні дослідження причин руйнування залізничних рейок зумовили необхідність працювати над проблемою підвищення їхньої надійності. Економіка Європи на початку ХХ століття сприяла потужному розвитку залізничного транспорту. Залізниці збільшують мережу сполучень, їх вантажопідймальність і швидкість руху. Це викликає збільшення витрати сталей для виготовлення залізничних рейок, локо-

мотивів, вагонів, колес, ресорних листів тощо. Щорічно прокладалося багато кілометрів залізничних колій. Одночасно із зростанням витрат сталей підвищуються вимоги до експлуатаційної надійності залізничного транспорту. Насамперед йдеться про надійну експлуатацію залізничних рейок. Висока надійність рейок з погляду безпеки руху вимагає повного виключення раптових відмов у вигляді небезпечних зламів під колесами поїздів, а також зминання і розкочування головок рейок у “грибок”. В той час рейки дуже швидко виходили з ладу, призводячи до залізничних катастроф і великих матеріальних збитків. Рейки належать до таких металовиробів, які під час експлуатації піддаються інтенсивним і динамічним навантаженням. Тому для безпечної експлуатації рейок треба було шукати технологію їх виробництва для отримання певного комплексу механічних властивостей. Одночасно постало завдання підвищення якості продукції. Для всієї європейської металургійної промисловості ці проблеми були першочерговими. В розвинених країнах колективи науковців та інженерів працювали над вирішенням цих проблем.

Вперше з необхідністю займатися вирішенням цієї проблеми І.А. Фещенко-Чопівський зіткнувся в КПП, де його науковий керівник професор В.П. Іжевський досліджував роль перліту в міцності сталевих рейок (Ж.Р.М.О, № 5, 1910 р.)

Його перша публікація про властивості рейкових сталей з'явилася у 1912 році [147], а в наступному 1913 році вчений опублікував другу статтю [141]. Його увага зосередилась на застосуванні мікроструктурного аналізу для встановлення зв'язку між структурою, властивостями й експлуатаційною надійністю рейок. Це дало йому можливість пов'язати працездатність рейок з негативним впливом неоднорідності мікроструктури. Спираючись на дослідження європейських дослідників, він зробив висновок, що причиною втрати надійності рейкових сталей є не вплив домішок фосфору, а першочерговий вплив грубозернистої і стовпчастої структури перлітних зерен. Оскільки рейкові сталі в той час містили вуглецю в межах 0,3÷0,7 %, то роль перліту в них була переважна. Серед бракованих рейок були такі, які мали відманштеттову структуру, що було свідченням перегріву заготовок перед прокатуванням.

Отже, вже в ті роки ця тематика йому була добре знайома. Тому, коли у 1927 році до нього звернулись керівники Гути “Покуй” з про-

ханням покращити якість залізничних рейок, він з впевненістю взявся за розв'язання цієї задачі.

Основними причинами виходу з ладу рейок були їх злами, зношення і деформація головок. Було визначено, що крупнозернистий перліт викликає значне їх змінання. Особливо це проявлялось у разі порушення температурного режиму при прокатуванні сталі. З підвищенням температури початку і кінця прокатки зерно значно збільшувалось. Змінювали склад сталей, наближаючи їх до евтектоїдної структури, створюючи однорідний тонкопластинчастий перліт і досягаючи цього пришвидшеним охолодженням сталі після прокатування. Така однорідна і подрібнена структура перліту мала високі пружні властивості і великий опір до повторних і змінних напружень. Таке покращання якості рейок вимагало зміни параметрів технології виробництва і дотримання його режимів на всіх етапах. Крім того, треба було змінювати правила приймання готової металопродукції. Довелось витримати певний опір з боку майстрів та інженерів, які звикли до роботи навпомацки без науково обґрунтованої технології. Цей консерватизм вдалось перебороти і професору запропонували при Гуті “Покуй” в Битомі створити науково-дослідний центр. Він погодився на цю пропозицію і створив науково-дослідний центр, об'єднавши окремі лабораторії, і залучив до роботи своїх учнів. Були впроваджені нові методи контролю якості залізничних рейок.

Результати цієї роботи були опубліковані в журналі «Інженер залізниці» у 1934 р. [66] і стосувались зміцнення головок залізничних рейок, виготовлених способом Гути “Покуй”. Для цієї Гути ця стаття відіграла важливу роль і збільшила попит на залізничні рейки. Ця продукція була основою для підприємства.

Під час виконання цих робіт професору вдалось запропонувати нові методи випробувань механічних властивостей сталі. Це дало можливість робити прогноз надійності металевих виробів. Він впровадив методи ударних і втомних випробувань, методи визначення схильності сталей до крихкого руйнування (відпускна крихкість, синьоламкість, воднева крихкість тощо).

Цікаві дослідження й випробування оригінальними методами велись з тонкими листами для глибокої витяжки [44]. Поряд з пробєю Еріксена, здійснювались випробування на “горщик”, при якому деформація здійснювалась у вигляді зрізаного конуса під кутом 30–35° до плаского дна “горщика”. Виявилось, що така проба дає чіткішу характеристику

технологічних властивостей. Вивчались чинники, які впливають на витяжку сталі: хімічний склад, розмір зерен, форма і розміри цементиту, неметалеві включення (сульфіди й оксиди), спосіб розкиснення тощо. Оптимальний хімічний склад: $C\ 0,11 \div 0,09\ %$; $Mn\ 0,40 \div 0,45\ %$. На ступінь глибокої витяжки впливає температура і час витримки при відпалі і швидкість охолодження. За цим методом випробування дуже легко виявлявся початок виникнення ліній зсуву. І.А. Фещенко-Чопівський розробив і рекомендував “комбінований” спосіб охолодження сталі у воді з подальшим повільним охолодженням до кімнатної температури.

Ці сталі використовувались для виготовлення автомобілів [70] та літаків [97].

1.2. Хіміко-термічна обробка

У стінах Київського політехнічного інституту, який з відзнакою закінчив у 1908 році І.А. Фещенко-Чопівський, формувалися напрями його наукового-дослідної роботи. Деякі з них він продовжував протягом життя і одним з таких напрямів було дослідження явищ дифузії різних елементів у сплавах заліза та інших металів і створення на їхній поверхні шарів з особливими властивостями.

Почав цю роботу І.А.Фещенко-Чопівський із замовлення заводу сільськогосподарського заводу в Єлизаветграді (нині завод “Червона зірка” у Кіровограді) налагодити технологічний процес цементації лемішної сталі до плуга у твердому карбюризаторі. До того на заводі застосували стару технологію, яку він назвав “наосліп”, і мали великий відсоток бракованої продукції. Ця технологія була давно запозичена з-за кордону, зберігалась як сімейна таємниця і передавалась персонально з покоління до покоління. Але розшифрування і проникнення в сутність процесу цементації І.А. Фещенко-Чопівський почав з хімічних і металографічних аналізів, а також визначення залежності дифузійних процесів від температурно-часових умов і кількісних параметрів технології. Такий підхід дав йому змогу розв’язати цю задачу як з наукового, так і з практичного погляду, і передати розроблену технологію замовнику. Ця робота була виконана упродовж 1910–1911 років і вона дала поштовх до глибокого вивчення і подальших наукових досліджень, які продовжувались протягом всієї його творчої діяльності і принесли світове визнання.

У 1911 році результати своєї роботи він доповів в Петербурзі на Всеросійському з’їзді металургів і привернув увагу провідних металознавців. Провідний журнал російського металургійного товариства у

1914–1915 рр. опублікував теорію цементації у першій редакції в двох частинах результати цієї роботи [145,146]. Крім того, вона була опублікована у Франції в докладних рефератах в *Revue de Metalle* у 1915 і 1917 роках [127]. За порадою професора В.П. Іжевського І. Фещенко-Чопівський з метою прискорення процесу зробив спробу електричної цементації заліза і визначив властивості зразків [142].

Дослідження цементації заліза вчений продовжив під час стажування у м. Бреслау у професора П. Оберхоффера, де почав обґрунтування теорії цементації заліза, але Друга світова війна перервала цю роботу. Працюючи в Кракові в Гірничо-металургійній академії, він сформулював засади теорії дифузії вуглецю в залізо й опублікував її у вдосконаленому і розширеному вигляді німецькою мовою у Львові у 1926 році [117].

Крім того, ця інформація була опублікована в тому самому році в провідних фахових журналах Німеччини, Польщі і Росії. Відомий металознавець П. Оберхоффер у своїй праці "*Das technische Eisen*" (Технічне залізо) видання 1925 року на сторінках 507–508 наводить теорію цементації заліза, яку розробив І.А. Фещенко-Чопівський. В архіві НТШ у Львові зберігається лист професора П. Оберхоффера до І.А. Фещенко-Чопівського, в якому він визнав свої помилки у поясненні процесів при цементації заліза.

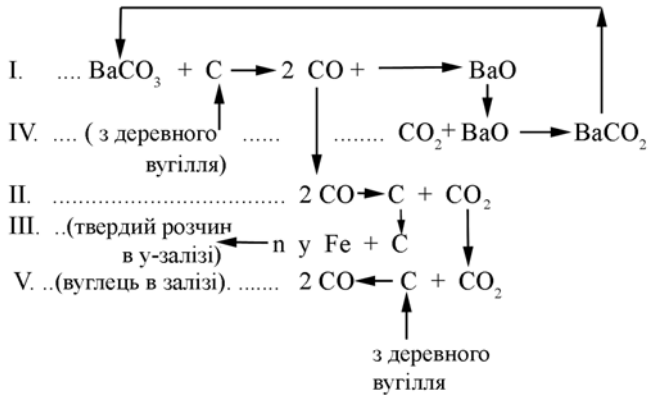
Оберхоффер Пауль – відомий металознавець, професор металографії Вищої технічної школи в Аахені (Німеччина).

Запропонував класифікацію сплавів за структурою у рівноважному стані. Побудував сучасну діаграму стану залізо-хром і довів, що ця металева система складається з неперервного ряду твердих розчинів. Дослідив залежність механічних властивостей сталей від вмісту вуглецю і температури відпалу. Визначив залежність властивостей загартованих сталей від вмісту вуглецю та вплив температури відпускання на комплекс механічних властивостей.

Розробив протравлювач для визначення в сталях загальної ліквідації домішок і наявності кремнію в залізі. Сконструював універсальний диференціальний дилатометр. Запропонував свій метод (вакуумно-редукційний) для визначення кількості кисню в сталях. Розробив таблиці оптимального застосування сірих чавунів. Вивчав рекристалізаційні процеси в сталях і побудував їх рекристалізаційні діаграми. Досліджував механічні властивості легованих сталей і їх зв'язок з хімічним складом і режимом термічної обробки.

Опублікував фундаментальну монографію "Технічне залізо, будова і властивості", яка витримала кілька перевидань і перекладів європейськими мовами.

Докладно теорія і практика цементації заліза та інші види хіміко-термічної обробки були викладені у 1936 році у третьому томі “Металознавства”, де наведена схема цементації заліза, яка отримала визнання серед металознавців світу. Вона має такий вигляд:



На схемі зображений хід реакцій, які відбуваються у цементаційному ящику в період цементації заліза у складному твердому карбюризаторі, до складу якого входить активізатор у вигляді солі $BaCO_3$ у різних кількостях.

Реакції, які відбуваються у головному напрямі, – це реакції I, II, III, що тривають стільки, скільки процес цементації.

Реакція III – це основна реакція процесу цементації.

Реакція IV – відбувається у виробничих умовах, швидше за все під час охолодження.

Якщо б можна було здійснити циклічний хід реакцій за схемою, то цементація відбувалась би до повної витрати деревного вугілля в цементаційному ящику. Однак у виробничій практиці необхідно враховувати нещільність цементаційного ящика, а саме зв'язати на вичерпання карбюризатора, тому що активний фактор цементації – газ, постійно витікають з цементаційного ящика через щілини. Тому процес цементації проходить в постійно слабшому темпі. Інтенсивність цементації залежить від вмісту оксиду барію BaO та його співвідношення до активізатора $BaCO_3$. За наявності 20 % BaO відсутні навіть

сліди цементациї. Двоокис вуглецю CO_2 реагує з вуглицем, який розчинився в аустеніті, і починається зневуглицювання поверхні деталей, що підтверджується експериментально (*реакція V*).

Більшість дослідів з хіміко-термічної обробки виконано в науково-дослідному центрі "Байльдон".

Третій том "Металознавства" має назву "Цементация заліза". У ньому І.А. Фещенко-Чопівський простежив історію цієї технології, починаючи з Р.А. Реомюра (1720–1722 рр.), Ж.Л. Гей-Люссака (1846), Л. Жиллета, С.А. Портевена (1910), а також ле Шательє (1912).

Цей том може слугувати настільною книгою інженеру-металознавцю, який займається хіміко-термічною обробкою металів і сплавів.

Докладно описана технологія цементациї заліза і сталей. Наведено визначені параметри режиму процесу: температуру, час, потрібну глибину цементациї тощо. Подано ґрунтовні фізико-хімічні засади технології цементациї заліза у трьох середовищах: порошки (тверде), газ та вуглеводні (газове), рідини (рідке). Він визначив роль активізаторів, які під впливом нагрітих частинок деревного вугілля і взаємодіючи з ним, утворюють додаткові порції оксиду вуглецю.

В цьому томі І.А. Фещенко-Чопівський навів результати власних досліджень, а також виконаних разом з учнями.

Він дає класифікацію активізаторів, які поділяє на 4 групи:

I – солі: а) літію; б) соди; в) поташ; г) $BaCO_3$.

II – $CaCO_3$.

III – $MnCO_3$, $COCO_3$, $NiCO_3$, $MgCO_3$, CaC_2 , Al_4C_3 .

IV – Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $NaCl$, KCl тощо.

За допомогою мікроструктурного аналізу вчений спостерігав нерівномірність формування цементованого шару. Коли процес цементациї відбувався за наявності необхідної кількості активованого вуглецю, структура цементованого шару, починаючи з ферито-перлітної структури всередині повільного, переходила у евтектоїдну (перлітну), а близько до поверхні в заевтектоїдну структуру. Якщо в процесі цементациї створювався дефіцит активованого вуглецю внаслідок виснаження активізатора, то мікроструктура цементного шару ставала неоднорідною. За допомогою такого аналізу І.А. Фещенко-Чопівський визначив ефективність і тривалість дії карбюризаторів, що давала підстави для оптимізації їхнього складу. Була також встановлена залежність між об'ємом карбюризатора і кількістю деталей, що цементу-

туються, з результатами цементації. Визначена зміна розмірів деталей після цементації. Встановлена також роль азоту в процесі цементації. Був використаний аналіз конструкційних сталей з вмістом вуглецю $0,15 \div 0,25$ %, придатних до цементації, а також вплив легуючих елементів на якість цементованих шарів. Великий експериментальний матеріал стосується вибору режимів термічної обробки для отримання оптимальних властивостей цементованих деталей. Окремо приділено увагу складним карбюризаторам, які можуть застосовуватись у заводській практиці. Розглядається метод цементації сталі за допомогою спеціальних паст, а також спосіб електролітичного цементування. У таких випадках, коли окремі частини поверхні деталей не повинні цементуватись, пропонувались охоронні заходи. Для користування у практиці дається опис печей і термічного обладнання, а також обертових печей з спеціальним пристроєм для газової цементації сталевих деталей. Для оцінки якості цементованого шару дається опис дефектів і види браку, зокрема аномальність мікроструктури.

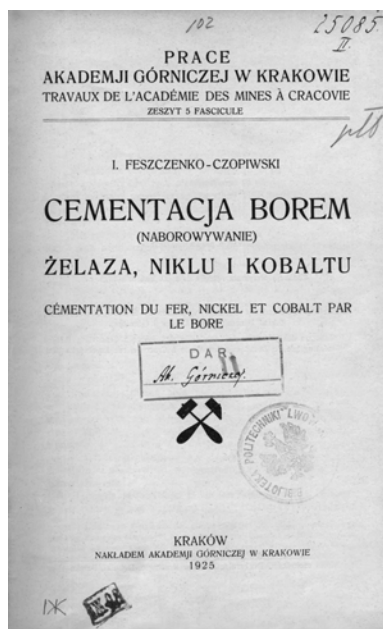
У період створення кафедри металографії у Гірничо-металургійній академії в Кракові було передбачено придбання і встановлення в науководослідній лабораторії пічного і термічного обладнання для продовження і розширення досліджень з хіміко-термічної обробки металів і сплавів [41]. Це уможливило виконання оригінальних робіт із зовсім новим переліком дифундуючих елементів для насичення поверхні не тільки заліза і легованих сталей, а і таких металів, як нікель, кобальт та інших. Особливо це стосується насичення деталей металами і неметалами.

Окреме місце займають дослідження процесів борування в порошках поверхонь заліза, нікелю і кобальту. Ця робота була запропонована у Варшаві професором В. Броневським. Вона була обґрунтована на підставі фізико-хімічного аналізу та температурних режимів насичення поверхонь заліза, нікелю і кобальту бором. Ставилось практичне завдання – розроблення технології борування з метою надання поверхні металів особливих властивостей і, зокрема, твердості і зносостійкості. Досліджувався вплив вмісту вуглецю та бору на твердість поверхневих шарів сталей. Використовувались різні середовища для борування, а саме: CO , CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2 , пара води, вакуум. Здійснювалось борування заліза та інструментальної сталі у вакуумі за різних температурно-часових умов.

Борування нікелю тривало в атмосфері водню і вакуумі при температурах 850–1000 °С близько 4 годин.

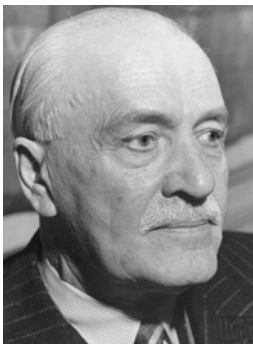
У таких умовах здійснювалось борування нікелю та хромонікелевих сталей.

Було встановлено, що нікелеві і хромонікелеві сталі порівняно з чистим залізом краще піддаються боруванню при температурах, нижчих від 1000 °С. З іншого боку, м'яке залізо краще піддається боруванню, ніж вуглецева сталь. Час борування повинен бути порівняно коротким для того, щоб утворювався крихкий лускатий евтектичний шар (Fe-B). Результати цієї роботи були опубліковані окремою брошурою [32] в Кракові у 1925 році, а також у реферативних оглядах [32, 33].



*Титульна сторінка монографії
“Цементация бором заліза, нікелю
та кобальту”, видана у Кракові у 1925 р.
(з фонду Науково-технічної бібліотеки
Національного університету
“Львівська політехніка”)*

Згодом ця робота була доопрацьована, теоретично обґрунтована, оформлена як узагальнена наукова робота і подана для захисту докторської дисертації [35]. Захист її відбувся у Варшавській політехніці у 1927 році в присутності Президента Польщі, професора І. Мосціцького. Промотором дисертації був професор В. Броневський.



Мосціцький Ігнацій (1867–1946) – Президент Польщі у 1926–1939 рр. Вчений, винахідник, педагог, хімік.

Професор І. Мосціцький – засновник і керівник кафедри неорганічної хімії, хімічної технології і технічної електрохімії Львівської політехніки (1912–1926). Відомий як автор способу одержання азотних сполук з азоту.

У 1907 році почав працювати викладачем фізики у Фрибурзькому університеті (Швейцарія). Керував науковими працями в галузі електротехніки. Сконструював конденсатор високої напруги. У 1910 році отримав першу у світі зріджену азотну кислоту у промисловому виробництві. Працював над проблемою добування нафтової ропи, очищення і переробки нафти.

У 1925–1926 навчальному році обраний ректором Львівської політехніки. Йому присвоєно звання почесного професора і почесного доктора Львівської і Варшавської політехнік.

Є автором понад 60 наукових праць, отримав 40 патентів. Був обраний членом-засновником Академії технічних наук Польщі.

Президент і промотор були свого часу професорами Львівської політехніки. Ця робота дала можливість ознайомитися з діаграмами стану між металами та бором, які на той час ще не були побудовані.

Оскільки залізо і нікель є феромагнетиками, то процес борування був цікавим для виконання згодом розробок із створення на базі *Fe-Ni-Al* сплавів магнетожорстких матеріалів.

Наступним кроком у галузі хіміко-термічної обробки було дослідження утворення дифузійних шарів на поверхні металів, насичених берилієм. Було встановлено, що борування і бериліювання нікелю і кобальту не створює на поверхні твердих і зносостійких шарів, як це відбувається у залізі і сталях. Металографічний аналіз дав можливість визначити рівноважні фази діаграм стану *Co-Be*, *Ni-Be*.

Результати цього циклу робіт були опубліковані [34, 153], а у Львові [5, 6, 7] метод цементації було використано для визначення спадкового аустенітного зерна сталі, границі якого виявлялись у цементованому шарі у вигляді сітки вторинного цементиту [92, 129].

На початку двадцятих років минулого століття почалось промислове застосування азотування для отримання на поверхні сталі

тонких зносостійких шарів. Професор І.А. Фещенко-Чопівський приділив цьому виду хіміко-термічної обробки особливу увагу. Експериментальна база науково-дослідної лабораторії дала змогу виконати великий обсяг дослідів з азотування заліза і спеціальних сталей.

Результати цих досліджень наведено у III томі “Металознавства”. У другому розділі цього тому розглянуто теорію і практику азотування сталей.

I. Фещенко-Чопівський побачив у застосуванні цього процесу велику виробничу перспективу й окреслив коло його застосування. На підставі діаграми стану $Fe-N$ були початі експерименти з дослідження умов формування азотованих шарів на залізі і вуглецевих сталей. Досліджувався вплив легуючих елементів сталі на процес азотування. Відзначено особливий вплив нітридоутворюючих елементів, які наявні у невеликих кількостях [69], і особливо наявність алюмінію до 1,2 %, який утворює твердий і міцний нітрид. Визначились механічні властивості азотованих шарів і зв'язок з ними структури, режимів азотування і подальшої термічної обробки. Режими визначились не тільки для вуглецевих сталей, а також для легованих конструкційних сталей, які містили карбідоутворюючі елементи: Cr , Mo , Ti , V . Досліджувався вплив параметрів режиму азотування, а саме: температура процесу, час витрати газу та швидкість дисоціації амоніаку (NH_4) на глибину шару та його твердість. Застосовувались різні режими азотування:

двоступеневе азотування:

I – $t = 500-510$ °C – тривала витримка;

II – $t = 620$ °C, час – 3–4 години

триступеневе азотування: – $500+650+500$ °C, а також вплив різних каталізаторів: $CaCl_2$, $NiSO_4$, $CoSO_4$, $CuCO_4$, CaF_2 , AlF_3 , NH_4Cl .

Азотування здійснювалось при нагріванні струмами високої частоти. Для захисту поверхні від азотування використовувався сплав: 60–80 % Pb +40–20 % Sn . Вимірювались зміна розмірів після азотування. Застосовувались різні протравлювачі для виявлення мікроструктури азотного шару. Виконувались експерименти з азотування чавунів. При дослідженні твердості азотованих шарів виявилось, що після штучного старіння при температурах 40–350 °C спостерігалось збільшення твердості на 100 НВ для сталей з алюмінієм, для хромистих сталей до (60÷80) НВ і високовуглецевих на (30÷40) НВ [55].

У третьому томі “Металознавства” в окремому розділі розглянуто дифузійне насичення сталі металами і неметалами. Описано

принципові можливості дифузійного насичення сталевих поверхонь металами (*Cr, Ni, Cu, Al, Sn, Zn, Pb, Ti, Mn, V, Co, W, Ta, Zr, U, Be*) і неметалевими елементами (*S, P, Si, B, O₂, H₂*).

Багато технологічних процесів, які вивчав професор І.А. Фещенко-Чопівський та його учні, продовжували розвиватись як в наукових лабораторіях, так і на виробництві.

1.3. Керована металургія. Удосконалення металургійних технологій

В кінці тридцятих років, маючи великий досвід роботи як в наукових лабораторіях вищих технічних закладів, так і на виробництві, професор І.А. Фещенко-Чопівський написав низку статей з “кермованої металургії”.

Ці статті спочатку з’явилися в польському журналі “Hutnik” у 1936 році [76, 88, 105, 108], у наукових працях Гути “Байльдон”, які він редагував [105, 108, 109, 82, 102], в журналі “Технічні Вісті” і в наукових працях Наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка (НТШ) у Львові [22, 23, 24] та в інших виданнях [82, 89, 91, 92, 109, 129].

У цих статтях І.А. Фещенко-Чопівський піднімає питання стабільності та якості металевої продукції в умовах масового виробництва. Оскільки застосовувались старі металургійні технології, побудовані на використанні “рецептури” та “інтуїції”, він пропонує способи цілком нового науково обґрунтованого підходу до створення сучасних технологій.

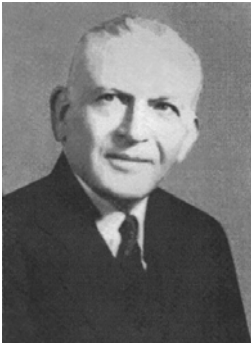
Ще працюючи в КПІ над проблемою цементації лемішної сталі, вчений стикався з проблемою отримання аномальної і нормальної структури сталі, яка істотно впливає на властивості і тривалість процесу цементації сталей. При нормальній структурі цементит розташовується по границях зерен, а в аномальній – надлишковий цементит наявний у вигляді масивних включень й оточений феритною обвідкою. Ці грубі включення цементиту важко переходять у твердий розчин аустеніту, який має дефіцит вуглецю. У сталях, схильних до утворення аномальної структури, після гартування на поверхні цементованих деталей утворюються м’які плями, що призводять до браку. Дрібнозернисті вуглецеві сталі гірше піддаються цементації і необхідна значно більша тривалість процесу цементації. Спостерігається низька здатність аномальних сталей до гартування порівняно з нормальною структурою сталей.

Дослідження у 1922 році американських металознавців Мак-Кведа та Ена показали, що схильність сталі до росту зерна залежить від способу її виробництва. Крім того, величина зерна сталі залежить від попередньої термічної обробки і температури кінця прокатки. Така структура може утворюватися навіть в сталях однієї марки й однакового хімічного складу. Різномірність структури сталі призводить до значних відхилень рівня механічних властивостей від номінального значення для конкретної марки сталі. Численні дослідження властивостей сталей показали їхню залежність від способу виплавки, температури і способу розливання, швидкості охолодження зливка. Отже, відбувається спадкування структури сталі залежно від технології її перероблення.

І.А. Фещенко-Чопівський запропонував термін “кермована металургія”, розробивши не тільки засіб отримання металопродукції стабільної якості, а і методи управління нею. Так, для ливарників ці технологічні засоби повинні забезпечити одержання якісних відливок з наперед заданим складом і властивостями, щоб не потрібно було “*post factum*” класифікувати відливки за якістю або кваліфікувати як брак.

Головною засадою “кермованої металургії” вчений вважав змінювання. Сутність його полягала у додаванні до рідкої сталі визначеної кількості і способі введення змінювача (додатка, компонента) перед кристалізацією. Ці компоненти, з’єднуючись з киснем, азотом або вуглецем, створюють продукти змінювача (оксиди, нітриди, карбіди). Вони розсіюються по всьому рідкому об’єму у вигляді зародків кристалізації і виникає “скелет”, що визначає розміри природної зернистості аустеніту. Дисперсні і розпорошені зародки кристалізації зумовлюють однорідну дрібнозернисту структуру сталі. Змінювачами можуть бути: алюміній, ванадій, титан, або шлак з великою здатністю сполучатися з оксидами заліза. Розпорошення можна досягти і за допомогою неметалевих частинок. Така обробка впливає на структуру аустеніту і на його зернистість і, як наслідок, на їхні властивості. Після такої обробки сталь має той самий хімічний склад, але її властивості різні: зміна інтервалу крихкості, комплекс механічних властивостей, а також фізико-хімічні властивості [82, 102]. За допомогою такого методу можна змінювати властивості легованих сталей, особливо тих, які мають такі дороговартісні легуючі елементи, як нікель і хром, вольфрам та інші. Цю технологію І.А. Фещенко-Чопівський застосував на Гуті “Байльдон” [108] для стабілізації розмірів аустенітного зерна.

Сучасна металургія застосовує для подрібнення структури металів і сплавів технологічну операцію під назвою “модифікування”. Як модифікатор застосовують поверхнево-активні елементи (наприклад, бор у сталях у тисячних частках відсотка), а також елементи, які утворюють дрібні тугоплавкі частинки (Al_2O_3 , TiC у сталях). Досліджуючи швидкості охолодження в гартівних ваннах сталей, і порівнюючи їх з діаграмами ізотермічного розпаду аустеніту (S криві – Бейна), І.А. Фещенко-Чопівський для отримання найкращого комплексу механічних властивостей вважав за доцільне застосовувати процедури, які входять у сфери “керованої металургії” [22, 109].



Бейн Едгар Коллінз (1891–1974) – американський металург. Досліджував кінетику перетворень в сталі, які відбуваються під час її нагрівання і охолодження. Заклав теоретичні основи термічної обробки легованих сталей. Визначив хімічний склад легованих сталей для отримання оптимального комплексу їх властивостей, які забезпечують експлуатаційну надійність.

У 1930 році разом з Е.С. Давенпортом побудував перші діаграми ізотермічного розпаду аустеніту, які були названі S -кривими Бейна.

У 1940 році продукти структурних перетворень в проміжній області C -подібної діаграми ізотермічного розпаду аустеніту були названі на його честь бейнітом.

Е. С. Бейн побудував діаграму стану залізо-марганець-вуглецевих сплавів промислової чистоти (1932 р.). Визначив вплив більшості легуючих елементів на прогартуваність і властивості термооброблених сталей. Встановив, що легуючі елементи, крім нікелю, збільшують вміст крихкої складової в зламах сталей.

Опублікував монографію “Вплив легуючих елементів на властивості сталей”. Організував і впроваджував в практику сталеплавильних заводів методи контролю якості сталі.

Був організатором виконання міждисциплінарних фізико-хімічних досліджень металів і сплавів.

Йдеться про об’єднання двох окремих технологічних операцій – гартування і відпускання, в одну операцію. Для цього використовували двошарові гартівні ванни. Для охолодження нагрітої до гартування сталі з швидкістю, більшою, ніж критична, використовується верхній

шар ванни з водою, а після охолодження сталі нижче від інтервалу температур найменшої стійкості аустеніту в межах 500–550 °С деталі опускаються у нижній шар з веретенним маслом, яке має більшу питому вагу, ніж вода, і меншу охолоджуючу здатність. Така технологія зменшує рівень внутрішніх напружень в загартованій сталі і вона має більший запас в'язкості. Гартуванням у двошарових гартівних ваннах можна керувати і одержувати довірливі результати – від звичайних до зміцнених з підвищеною в'язкістю. Ця технологія була впроваджена на машинобудівних заводах Польщі.

Сучасна технологія термічної обробки сталі широко використовує різні способи охолодження при гартуванні сталей: гартування в двох середовищах, ступінчате гартування, ізотермічне гартування. Ці способи дають можливість отримати термічно оброблені деталі з потрібним діапазоном механічних властивостей.

І.А. Фещенко-Чопівський бачив доцільність використання методів “кермованої металургії” і в технології зварювального виробництва [89], впроваджуючи в параметри режиму електродугового зварювання та використання легуючих елементів в хімічному складі зварювального дроту та покриття електродів.

У своїй праці [105] І.А. Фещенко-Чопівський розглядає вплив гарячої пластичної деформації на первинну зернистість вуглецевих сталей і звертає увагу на те, що об'єднання гарячої пластичної деформації з подальшою термічною обробкою значно впливає на комплекс механічних властивостей сталі. Управління розміром зерна за допомогою гарячої пластичної деформації аустеніту з подальшою термічною обробкою може забезпечити ефект досягнення вищого рівня міцності і в'язкості сталі, ніж застосування легування і термічної обробки окремо. В своїх дослідженнях він вивчав вплив гарячої пластичної деформації на розмір зерен аустеніту та їхню стійкість [105, 108].

Сьогодні це необхідні операції для високотемпературної термо-механічної обробки, ідеї якої впроваджено лише після закінчення Другої світової війни.

Висунення ідей “кермованої металургії” було своєчасним і можна сприймати її як науково-технічний прогноз. Втілив його в практику сам автор, професор І. А. Фещенко-Чопівський.

Розвиток сучасного металургійного виробництва підтверджує правильність ідей “кермованої металургії” і розроблення нових технологій з чинниками управління технологічних процесів з метою стабільного отримання якісної металопродукції.

1.4. Дослідження спеціальних сталей і сплавів

Вивчення структури і властивостей легованих конструкційних й інструментальних сталей, а також сталей з спеціальними властивостями і, зокрема, хромистих і марганцевих сталей І.А. Феценко-Чопівський почав ще в київський період його роботи [132, 135]. Взаємодія легуючих елементів та домішок розглядалась у подвійних діаграмах стану *Fe*-елемент, у потрійних діаграмах стану *Fe-C*-елемент і, зокрема, з такими елементами: арсен [48], алюміній [59], кисень [51], мідь [64], титан [90], ванадій [106], марганець [112, 135]. Оскільки, крім легуючих елементів, наявні нормальні домішки, такі, як марганець і кремній, вони впливають на розташування ліній діаграм стану і зміщують їх від положення чисто подвійних сплавів.

Частина публікацій, які стосуються спеціальних сталей, а також інструментальних сталей, є рефератами з повною інформацією про досягнення у цій царині металознавства [18, 19, 49, 61, 73, 75, 96, 97]. В цьому проявився талант популяризатора світових наукових досягнень в галузі металознавства. Такі реферати часто інформують і про власні дослідження автора та його учнів. Особливо це стосується тих статей, де викладено результати досліджень технологічних властивостей спеціальних сталей [52, 60, 73, 86, 94], зміна структури на різних етапах їх обробки [75, 83], а також визначаються режими термічної обробки для отримання оптимальних властивостей [61, 100, 125].

Його науковий інтерес був викликаний тим, що у 1927 році вчений був призначений консультантом державних заводів зброї в Польщі, а з 1930 року очолював Дослідний центр Гути “Байльдон” в Катовіце. Виготовлення військової техніки особливо артилерійських систем здійснювалось з легованих сталей. Тому весь час була актуальна проблема вдосконалення технологічних властивостей спеціальних сталей, а також інструментальних сталей для обробки легованих сталей. Методи “кермованої металургії” значною мірою стосувалися спеціальних сталей: вплив режиму відливання на розмір зерен аустеніту [91, 94], надійність артилерійських жерл гармат з хромонікелевих сталей [92, 93]. Під час роботи І.А. Феценка-Чопівського на гутах “Покуй” і “Байльдон”, виконуючи дослідження з метою покращання якості і надійності зброї, він публікував їхні результати в дослідницьких збірниках міністерства оборони. У цих роботах [58, 97] визначено вплив хімічного складу і структури на підвищення надій-

ності ладункової сталі, а також оптимізація параметрів режиму термічної обробки на сталеві деталі для виготовлення літаків.

Працюючи над створенням нових спеціальних сталей, вчений розробив і упровадив у практику шкалу оцінки неметалевих включень [67]. Шведськими і німецькими металознавцями того часу були розроблені шкали неметалевих включень для підшипникових сталей.

Тривалий час вчений досліджував структуру, властивості і залежність їх від режимів термічної обробки інструментальних сталей. З метою підвищення їх продуктивності, надійності та економічного легування виконувався комплекс наукових досліджень. З одного боку, ці якості досягались оптимізацією режимів термічної обробки [85]. Разом з Ф. Масром вчений розробив технологію гартування інструментальних сталей у гарячих гартівних ваннах для виготовлення ножів для різання металів [84]. З іншого боку, на стадії виплавки високолегованих швидкорізальних сталей з метою зменшення їхньої вартості була запропонована заміна дорогого вольфраму дешевшим і добре засвоюваним хромом [87]. Крім того, для цієї сталі була розроблена нова технологія термічної обробки. Для потреб військової техніки вченим були розроблені спеціальні сталі, леговані марганцем і кремнієм.

Для створення радіотехнічної апаратури і телефонного зв'язку вимагалось застосування висококоерцитивних сплавів з високою магнітною енергією $(B \cdot H)_{\max}$. Цій проблемі І.А. Фещенко-Чопівський приділив велику увагу і результати його досліджень були опубліковані в його статтях [21, 27, 103, 107], в яких проаналізовано існуючі матеріали з широкою петлею гістерезису. Це зацікавлення у нього виникло ще в період дослідження хіміко-термічної обробки таких металів, як нікель, кобальт, берилій, з яких нікель і кобальт були феромагнетиками і при додаванні заліза могли бути основою магнітотвердих сплавів. У роботі [27] вчений виконав аналіз висококоерцитивних сплавів, які були створені на основі вуглецевих сталей з добавками вольфраму, кобальту і молібдену. Він описує нові сплави, що пропонуються автором та його колегами, які виготовлені на основі маловуглецевих сталей з вмістом вуглецю менше ніж 0,1 %, з добавками нікелю до 25 % та алюмінію в межах 9,6÷17,5 %. Він досліджував вплив різних режимів термічної обробки таких сплавів на умови утворення висококоерцитивного стану з високою магнітною енергією. Крім того, досліджувались [103, 128] сплави на нікель-алюмінієвій

основі та *Fe-Ni-Al* основі [128] з добавками титану і молібдену, які сприяли підвищенню магнітної енергії. Розроблені магнітні сплави піддавались різним режимам термічної обробки і рекомендувались до впровадження. Стаття І.А. Феценка-Чопівського “Новітні магнети” [34], що була опублікована в 1939 році у Львові у збірнику математично-природописно-лікарської секції НТШ ім. Т.Г. Шевченка, була першою “ластівкою” напряму досліджень висококоерцитивних сплавів. Через чотирнадцять років у 1953 році у Львові на кафедрі технології металів, металознавства і термічної обробки Львівської політехніки під керівництвом професора М.Г. Шульги почалось розроблення і дослідження магнітних висококоерцитивних сплавів і була створена наукова школа магнітологів.

Окрема стаття стосується підшипникових сплавів [31].

На основі аналізу подвійної діаграми *Fe-S* вчений вивчав вплив пічних газів на міцність та корозійну стійкість чавунних і сталевих конструкцій [56, 57]. В той час відбувався потужний розвиток технології електродугового зварювання, професор взяв у цьому участь – запропонував нові електроди і зварювальний дріт [36, 70]. Не залишились поза його увагою нові методи електромагнітного контролю якості сталей і виявлення поверхневих дефектів [104].

Великий обсяг робіт, пов’язаних з обробкою спеціальних сталей і, зокрема, дослідження автора та його учнів, увійшли у II том “Металознавства”.

2. Педагогічна діяльність

І.А. Феценка-Чопівського у вищій школі

Педагогічний шлях для І.А. Феценка-Чопівського почався відразу після закінчення Київського політехнічного інституту у 1908 році. В цей час у КПІ під впливом колишнього ректора В.Л. Кирпичева склалась традиція підготовки студентів на базі фундаментальних наук – математики, фізики, хімії. Це давало студентам можливість отримати ґрунтовну теоретичну базу і практичні навички як в лабораторіях інституту, так і на виробничих практиках.

Перше знайомство з металургійним промислом І.А. Феценка-Чопівського відбулось в юнацькі роки недалеко від містечка Чуднова, де він народився, у містечку Денешів.

Металургія на Правобережній Україні. Матеріальне підтвердження розвитку металургії на правому березі Дніпра археологи знаходили в культурних шарах ще на початку нашої ери. Вироби із заліза застосовували для виготовлення засобів праці і зброї.

Спочатку залізо добували сиродутним способом у горні (тобто без попереднього підігріву дуття) і температура нагрівання шахти була порівняно невисокою і тому відновлене залізо отримували у твердому стані. Після проковування твердої маси одержували “крицю”, з якої виготовляли залізні вироби.

Першими з народів Центральної Європи в епоху європейського залізного віку вступили скіфи, в яких рівень виробництва заліза і виготовлення зброї і сільськогосподарського знаряддя був високим. Збереглись горни з штучною подачею повітря на ковальські міхи. Залишки залізоробного промислу були знайдені на правому березі річки Ірпень. Були знайдені скупчення шлаку як свідoctво виплавки чавуну в культурному шарі в цій місцевості. Багато знайдено залізних предметів у закинутих ковальських майстернях (ножиці, замки, кольчуги тощо). У IX–X століттях з'явилися “домниці” заввишки кілька метрів. За часів Київської Русі металургія заліза набула значного розвитку. Головним районом виплавки заліза в цей період була територія сучасної Житомирщини, де у багатьох місцях були знайдені залишки залізоплавильного виробництва того часу.

В цій місцевості давно була відома і термічна обробка сталі. В ті часи виготовлялось близько 150 залізних виробів. Сталь отримували або в сиродутній печі або в ковальському горні. Краці сорти сталі виготовляли методом цементації заліза.

Київ був центром ливарної промисловості. Домниця в Вишгороді збереглась до наших часів. Для опалення печей використовувалась деревина з лісів, які оточували місця видобування залізної руди.

Металургійне виробництво часів Київської Русі було значною мірою зруйноване в період татаро-монгольської навали. Місця, де здійснювався металургійний промисел у 1390 році, отримали назву “рудня”. Будували рудні вздовж басейну верхньої течії рік Тетерів, Ірпень, Ужа, Здвиж. В околицях Житомира рудні утворювали більш-менш компактну групу. Назви Рудня, Руда, Рудники, Димарка, Гамарія зустрічаються на Київщині, Волині, і до Карпат. В цих місцевостях виробляли плуги, коси, серпи, сокири, зброю тощо. Великі рудки стали згодом первинними металургійними мануфактурами. Деревовугільна металургія почала інтенсивно розвиватись. На Правобережному Поліссі було багато рудень. Так, до кінця століття їх було близько 500. Збільшувалось будівництво великих доменних мануфактур. У 1770–1850 роках на правому березі Дніпра було побудовано 7 доменних мануфактур: Високопчанська, Кропивненська (1773 р.), Чигиївська (1778 р.), Городоська (1783 р.), Симоновська (1847 р.), Денишевська (1848 р.). У зв'язку з тим, що в цих місцевостях були доволі великі поклади залізної руди, це сприяло будівництву великих доменних підприємств.

Високопчанська доменна мануфактура у 1797 році виробляла 10,8 тисячі пудів чавуну і заліза. Повітря в домну подавалось за допомогою водяного колеса, встановленого на річці Тетерів. За добу переробляли до 120 пудів залізної руди.

Однак можливості розвитку деревновугільної металургії Полісся були обмежені. Мінеральна база коксуючого вугілля створювалась на Донбасі. Крім того, у 1866–1874 роках було обстежено територію Криворіжжя і знайдені значні поклади високоякісної залізної руди. Розробка залізних руд Криворіжжя почалась у 1881 році. 22 травня 1887 році у Катеринославі (нині Дніпропетровськ) було запущено першу домну Південного залізо-прокатного заводу з повним металургійним циклом. У 1884 році була відкрита Єкатериненська залізниця, яка з'єднала Кривий Ріг з районом коксувального вугілля Донбасу. Конкуренція металургійного виробництва на Правобережній Україні з мінеральною базою коксувального вугілля Донбасу і криворізьким залізрудним басейном стала неможливою. Металургійні мануфактури правобережного Полісся почали зупинятися.

Економічна криза, яка почалась у 1900 році, прискорила закриття металургійних заводів Полісся. Останню домну тут видали у 1901 році. Загалом металургійними підприємствами за 1876–1901 роки було проплавлено близько 16 млн. пудів місцевих руд на місцевому деревному вугіллі і було виплавлено близько 4,1 млн. пудів чавуна. І треба зазначити, що якість сталі, яка була виготовлена з такого чавуну, була висока, тому що вміст таких шкідливих домішок, як сірка і фосфор, був незначний.

Ще студентом І.А. Фещенко-Чопівський мав можливість ознайомитись з хімічними і металургійними технологіями, а також із загально-технічними і фізико-хімічними дисциплінами. У 1907 році він, перебуваючи на виробничій практиці на півдні України, вибрав свою спеціалізацію – металургію і металознавство, якій і присвятив своє життя. В своїй “Хроніці...” вчений писав: “Металургом я залишився назавжди”.

Керівником його дипломної роботи став професор В.П. Іжевський, який мав значний вплив на формування І. Фещенко-Чопівського як фахівця, і як вченого й педагога. Під час навчання в КПІ він пройшов три виробничі практики на територіях південних металургійних заводів України (Катеринослав, нині Дніпропетровськ). Після цих практик він розробив проект мартенівського цеху і у травні 1908 року захистив з відзнакою дипломний проект: “Мартенівська сталетопна фабрика”. На кафедрі під керівництвом професора В.П. Іжевського працював науковий семінар, який допоміг І.А. Фещенко-Чопівському визначитися у виборі своїх наукових переваг.

На прохання професора В.П. Іжевського у 1909 році його затверджено на кафедрі металургії безоплатним професорським стипендіатом, а у 1910 році його призначено на посаду понадштатного лаборанта цієї кафедри. Крім того, він керував виробничою практикою студентів. Під час виробничих практик брав участь в роботі лабораторій металургійних заводів і після повернення в інститут продовжував роботу в лабораторіях кафедри. Так були зроблені його перші кроки в науково-дослідній роботі, пов’язаній з потребами промисловості.

Після повернення у 1914 році з припиненого стажування в лабораторії проф. П. Оберхоффера через початок Другої світової війни І. Фещенко-Чопівський працював асистентом кафедри технології мінералів в Києві у КПІ, а згодом перейшов на кафедру металургії як старший асистент і доцент. В цей період педагогічна робота в КПІ поєднується з роботою в органах державного управління. У 1919 році його призначили на посаду віце-прем’єра та міністра торгу і промисловості і в цьому самому році призначили заступником посла та радником з господарських питань Української дипломатичної місії в Румунії. Історичні обставини склалися так, що він був вимушений жити і працювати за межами України, але відданість їй зберіг упродовж всього життя. У 1920 році уряд УНР призначив його головою Військової закупівельної комісії у Варшаві, в 1921 році він перебував у місті Тарнув (Польща) до розпуску Ради Республіки.

У січні 1922 року вчений обіймав посаду контрактного старшого асистента кафедри металургії Варшавської політехніки – це означало повернення на викладацьку роботу у вищій школі.

Ідея заснування вищої металургійної освіти у технічному виші знайшла продовження у Гірничій академії у м. Кракові, куди від імені Сенату Академії його запросив на посаду професора металознавства на металургійному відділенні професор Т. Корвін-Круковський.

З бажанням та енергією І. Феценко-Чопівський почав фахово створювати кафедру металографії і науково-дослідну лабораторію при кафедрі в Гірничо-металургійній академії у Кракові.

Діяльність кафедри і науково-дослідної лабораторії І. Феценко-Чопівський організував у трьох напрямках: а) навчальна робота; б) науково-дослідна робота; в) технологічно-дослідна робота. До першого напрямку належали лекції, лабораторні і практичні роботи, до другого – дослідницька робота; до третього – роботи практичного характеру, пов'язані з випробуванням металів і сплавів, експертизні дослідження, виконання технологічних проб на замовлення підприємств.

Вчений викладав свої погляди на зміст навчального процесу і роль наукових досліджень у підготовці інженерів для потреб металургійних і машинобудівних підприємств [41]. Вказував, що наука, яка має назву металографія, вивчає зв'язок структури металів і сплавів з їхніми властивостями. Підкреслював, що провідну роль у впливі на механічні властивості відіграє не хімічний склад, а структура, яка залежить від термічних умов її формування. Роль структури у визначенні цього впливу можна вивчити за допомогою методів металографії.

Технологія металургійних процесів пов'язана зі змінами структури і металографія дає технологу інструмент, щоб визначити напрям, в якому треба рухатись для того, щоб добитися покращання якості металургійної продукції. Це дає можливість перетворити емпіричну металургію на науку про метали та їхні сплави. Вчений звертав увагу, що зв'язок структури і хімічного складу з властивостями притаманний не тільки металевим системам, а й усьому природному світу, в якому властивості речовини залежать не тільки від елементарного складу, а і від внутрішньої будови матеріалу.

Ці погляди стали далекосяжною програмою мети навчання студентів. Поряд з теоретичними дослідженнями, І. Феценко-Чопівський був дуже міцно пов'язаний з вирішенням практичних завдань, які виникали в промисловості.

Для студентів металургійних спеціальностей, які навчались в Академії, вчений складав навчальні плани як теоретичної частини, так і лабораторних робіт. Вражають його знання європейської науково-технічної літератури в галузі металознавства всіма іноземними мовами, а також періодичних видань в галузі металургії.

Професор привертав увагу студентів та інженерів-металургів до дослідження спадковості структури та її впливу на властивості металів і сплавів. Привчав до застосування нових методів випробувань металів і сплавів і особливо їх технологічних властивостей, встановлення зв'язку структури металів з їхньою здатністю піддаватись тій чи іншій обробці.

Науковець підкреслював особливу роль металографії у створенні нових сплавів, зокрема тих, які мають особливі фізичні властивості, а також застосування металографії для підвищення надійності металевих виробів в процесі їх експлуатації. За допомогою методів металографії можна виявити причини відмов, підвищеної крихкості, розвитку втомних процесів, накопичення і розвиток тріщин біля дефектів тощо. Він звертав увагу на необхідність експертних досліджень, які необхідні для з'ясування причин аварійного руйнування металевих деталей і металевих конструкцій.

Була також відзначена роль фундаментальних наук у навчальному процесі під час підготовки інженерів-металургів (табл. 1).

Це дає змогу зрозуміти, які фізико-хімічні реакції відбуваються і супроводжують металевий стан матеріалу. На ці питання відповідає металографія, що дає можливість створювати сплави з наперед заданими властивостями. Вчений запропонував у зв'язку з потребою ширшого тлумачення знань, які необхідні виробникам, інженерам, конструкторам, технологам, застосовувати термін "металознавство".

У виконанні програми професор і сам брав участь. Він склав програми з курсів, які він викладав, а саме: 1) загальна металургія; 2) металографія і термічна обробка; 3) лабораторні роботи з металографії.

Ці програми складались для студентів металургійного відділення. Кожний курс обов'язково мав теоретичну частину у вигляді лекцій і практичну частину у вигляді практичних або лабораторних занять. До цих програм надавався список наукової і технічної літератури, а також періодичних європейських видань.

Таблиця 1

Розклад дисциплін і лабораторних занять упродовж семестру

Групи предметів	Кількість годин				I рік		II рік		III рік		IV рік	
	лекції	лабораторні, практичні	разом	%	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Математика і теоретична механіка	23	12	35	13	11+7	6+3	3+1	3+1	–	–	–	–
Хімія, фізика, мінералогія з елементами кристалографії та геології	26	36	62	22	8+2	10+11	4+12	4+11	–	–	–	–
Технологія і супутні науки	30	7	37	13	2+1	3+0	2+1	2+1	2+2	3+1	10+1	6+0
Прикладна механіка і інженерія	40	28	68	24	0+2	0+2	8+5	7+4	12+5	11+7	2+3	–
Теоретична і практична металургія	42	39	81	28	–	–	–	3+0	7+8	5+11	11+9	16+11
Разом	161	122	283	100	21+12	19+16	17+19	19+17	21+15	19+19	23+13	22+11

Зміст програми курсу був пов'язаний з іншими предметами.

Курс загальної металургії охоплював металургію чорних, кольорових і дорогоцінних металів.

Лабораторні роботи з металографії складались з 4 підрозділів: 1) металографічний аналіз; 2) термічний аналіз; 3) макроструктурний аналіз; 4) спеціальна фотографія.

Лабораторні роботи з термічної обробки виконували у сьомому семестрі по 3 години на тиждень.

Питому вагу металургійних курсів наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльна кількість металургійних дисциплін

Дисципліни	Лекції	Лабораторні та практичні	Разом	%
Загальна металургія	3	0	3	
Гірнична справа	–	12	12	
Металографія і термічна обробка	4	8	12	} 17,4
Кольорові метали	2	–	2	
Металургія заліза	10	7	17	21,0
Металургія кольорових металів	6	2	8	10,0
Ливарне виробництво	3	–	3	
Електрометалургія	4	–	4	
Машинознавство	6	6	12	} 24,7
Обробка тиском	4	4	8	

Ці програми були гнучкі і з роками їхня питома вага змінювалась. Упродовж 5 років, починаючи з 1922 року, збільшувалась кількість лекційних годин з 30 до 42 годин із загальної металургії і з 36 до 56 годин на семестр з металографії та термічної обробки. В зв'язку з цим зростав відсоток металургійних предметів до 30 %, а металографії до 19 % від загальної кількості металургійних предметів.

Лабораторні роботи з металографії виконувались у п'ятому і шостому семестрах і на них відводилось відповідно 1 і 4 години на тиждень.

Вони складались з двох розділів – А і В. У розділ А входили: 1) вуглецеві сталі; 2) чавуни; 3) технічне залізо; 4) леговані сталі; 5) кольорові метали. Розділ В охоплював: 6) термопари; 7) визначення критичних точок; 8) побудову кривих охолодження; 9) гартування і відпуск сталей.

З 1925/26 навчального року були впроваджені додаткові практичні роботи в сьомому семестрі, які мали синтетичний характер.

Якщо у шостому семестрі практичні роботи мали ознайомчий характер з практичними прикладами з металографії і термічної обробки, то заняття у сьомому семестрі мали за мету розвинути у студентів здібності синтетичного характеру і самостійного розв'язання задач із застосуванням знань з металографії. Метою практичних занять з термічної обробки було узагальнення даних, які були визначені за допомогою аналізу.

У ці роботи входили [48]:

1. Синтез термічної обробки сталей: вуглецевих, нікелевих, хромистих, швидкорізальних, ресорно-пружинних тощо.
2. Синтез виправлення дефектів сталі (за допомогою термічної обробки та механічною обробкою).
3. Вибір матеріалів з певним комплексом властивостей.
4. Розв'язання задач: леговані сталі зі спеціальними властивостями.
5. Покращання сталей за допомогою термічної обробки.
6. Вибір потрібного виду хіміко-термічної обробки.
7. Виготовлення сплавів з кольорових металів.
8. Алюмотермія.

Кожний студент повинен був виконати 2 завдання з цієї програми другого циклу практичних занять з термічної обробки.

У 1925 році завершилось обладнання науково-дослідної лабораторії і вона почала працювати. Створення матеріально-технічної бази кафедри металографії і науково-дослідної лабораторії здійснювалось за допомогою підприємств, для яких виконувались експертизні дослідження, а також колег з інших інститутів, які відгукнулись на пропозицію професора. Були створені: лабораторії для випробування механічних властивостей, печі для термічної обробки, обладнання для хіміко-термічної обробки. Було за валюту придбано металографічні мікроскопи, прилади і машини для випробування металів на втому, вимірювання твердості металів, ударні випробування тощо. Це значно

розширило кількість показників якості металопродукції, за якими можна було її приймати.

Покращання матеріально-технічної бази кафедри сприяло підвищенню якості підготовки інженерів і кафедра стала одним з найкращих осередків підготовки спеціалістів для металургійних і машинобудівних підприємств Польщі.

Відмінною рисою І.А. Феценка-Чопівського як педагога було те, що він не сприймав моду на “масову підготовку спеціалістів”, а здійснював підготовку інженерів-науковців індивідуально. Особливо уважно він ставився до керівництва дипломною роботою. Як правило, дипломна робота одночасно виконувалась і на виробництві, і в стінах науково-дослідної лабораторії кафедри. Вчений керував 44 дипломними роботами.

Його випускники зайняли ключові позиції в польській металургійній промисловості, що було вагомим результатом активної праці в Гірничо-металургійній академії в Кракові науково-педагогічної школи професора І.А. Феценка-Чопівського.



*Професор І. Феценко-Чопівський зі студентами-дипломниками
Гірничо-металургійної академії в Кракові*

У 1931 році науковець отримав титул звичайного професора Гірничо-металургійної академії в Кракові.

Після переходу у 1928 році на роботу у промисловість вчений не пориває свої зв'язки з Академією у Кракові. Під час роботи керівником дослідних інститутів в гутах “Покуй” та “Байльдон” він опублікував тритомну монографію “Металознавство” [114–116], яка була підручником для студентів вищих навчальних закладів Польщі.

У 1933 році він підготував проект запровадження фундаментальних понять до діаграми $Fe-C$, який був затверджений Металургійною комісією Польщі [69], а в 1936 у Варшаві вийшов його технічний підручник для інженерів з діаграмою $Fe-C$ [77].



*Іван Феценко-Чопівський серед українських студентів Гірничо-металургійної академії в Кракові, переважно вихованців вченого.
Сидять зліва направо: Олександр Сорокін, Михайло Корначевський, професор Іван Феценко-Чопівський, Микола Чижевський, Степан Суходол.
Стоять у першому ряді зліва направо: Микола Зінченко, Іларіон Ортинський, Богдан Біляк, Микола Дубовицький, Євген Мулькевич. Стоять у другому ряді зліва направо: Степан Новосільський, Роман Монастирський, Адріян Маруценко-Богданівський, Орест Шпіцер-Спіральський, Іван Камінський, Євген Перхорович. Краків, 1927 р.*

В 1936 році вчений також отримав від імені Президента Польщі почесне звання титулярного професора металургії. Такі звання присвоювали найзаслуженішим професорам вищої школи.

Особливу увагу І. Феценко-Чопівський приділяв українським студентам в Польщі, а також викладав в Українській (таємній) політехніці у Львові. Постійно контактував з громадською українською студентською організацією у Львівській політехніці, яка у 1927 році нараховувала 198 студентів. Він виступав перед студентами у Львові і надав їм за рахунок гонорарів грошову допомогу у розмірі 630 злотих. У Львові професор опублікував в “Технічних Вістях” і працях НТШ ім. Т.Г. Шевченка цілу низку науково-популярних статей та технічних рефератів і оглядів для студентів та інженерів.

3. Монографічна спадщина вченого

Перші кроки у написанні монографій молодий інженер І.А. Фещенко-Чопівський зробив у Києві, працюючи під час Першої світової війни у Військово-промислового комітеті і в період встановлення незалежної України.

На прохання першого Президента України М. Грушевського вчений створив серію монографій в галузі оцінки ресурсного і промислового потенціалу України, а саме:

1. Економічні нариси: природні багатства та велика промисловість України. – К.: Праця, 1917.
2. Цукрова промисловість України. – К.: Праця, 1918.
3. Природні багатства України. – Ч. I – Ч. II. – К.: Всеукр. Кооп. вид. “Союз”, 1919. – 319 с.
4. Промышленность и природные богатства Галиции. – Киев, 1915.

Після переїзду до Польщі вчений видав ще 3 монографії як продовження попереднього циклу:

1. Економічна географія України – Київ–Відень–Львів: Укр. акційне вид-во тов-ва “Земля”, 1922. – 144 с.
2. Проблема палива на Україні: Економічний збірник. – К.: Тарнув. Вид-во. С.У.Д. 1922 – № 1. – С. 42.
3. Економічні основи для існування незалежної держави // Трибуна України. – Варшава, 1923. – Ч. 2–3.

Історичні події склались так, що розвиток започаткованого наукового напрямку – металургія і металознавство, з якого було опубліковано 30 статей, тимчасово припинився.

Такі були вимоги часу і його другий науковий напрям отримав розвиток. Ці видання, які мали велике значення в той час і знайшли практичний відгук, не втратили актуальності і сьогодні. Не залишив вчений без уваги стан промисловості у Галичині і звернув увагу на те, що вона є потужним арсеналом добування газу і нафти. На початок ХХ століття ця нафтова провінція була на четвертому місці у світі.

Це монографічне гроно заслуговує на поглиблене вивчення вченими-економістами.

Коли І.А. Фещенко-Чопівський почав викладацьку роботу в Кракові, першою монографією стали “Нариси з теорії металознавства”, видані в Кракові у 1926 році. Це була перша спроба підготувати підручник з металознавства для вищої польської школи. Ці нариси містили такі розділи:

- будова металів і металевих сплавів;
- зміцнення металів і сплавів;
- рекристалізація і старіння металів і сплавів;
- самопокрощання при старінні;
- втомна міцність металів і сплавів;
- підшипникові сплави;
- крихкість металів.

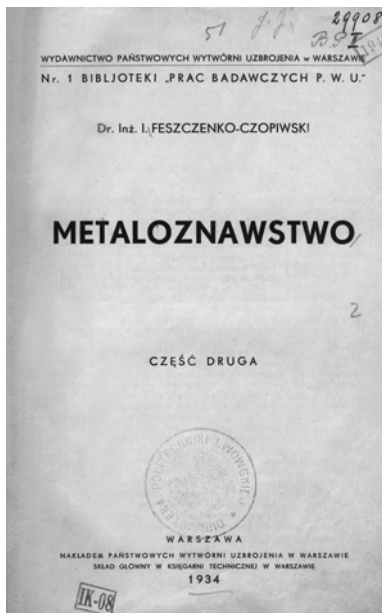
Ці матеріали викладені з урахуванням світових літературних джерел і власних досліджень автора в цих розділах металознавства. Фактично це був докладний і розгорнутий план тритомної монографії з металознавства – вершини монографічної творчості І.А. Фещенко-Чопівського.

До створення цієї капітальної монографії в науці про метали відбулись істотні зміни, які полягали у використанні нових методів дослідження, що дало змогу проникнути глибше в знання структури. Розвиток макроскопічних методів дослідження, а також застосування рентгенівського структурного аналізу, нових методів хімічного аналізу дало змогу вивчати виробничі технологічні процеси на міцнішій основі фундаментальних наук – фізики та хімії. Створилися умови для глибшого проникнення в сутність технологічних процесів та їх теоретичного обґрунтування. І якщо раніше технологічна практика спиралась на описові рекомендації, на почуття та інтуїцію, то наукове металознавство – на знання сутності фізико-хімічних процесів, які відбуваються в певному середовищі, часі і температурі. Ці обставини давали можливість знайти оптимум у виготовленні металопродукції економічно і продуктивно, а найголовніше – підвищувати якість продукції і підтримувати її на стабільному рівні. Всі ці теоретичні знання необхідно було поєднувати з практичною діяльністю, а для цього потрібна підготовка спеціалістів, які могли самостійно мислити і приймати правильні рішення. Ці обставини схилили професора до необхідності створення сучасного підручника з металознавства.

Характерним для цієї монографії є те, що, викладаючи погляди на пояснення важливих і неоднозначних явищ, автор намагається розвинути пошук власної думки у студента, яка б підтверджувалась

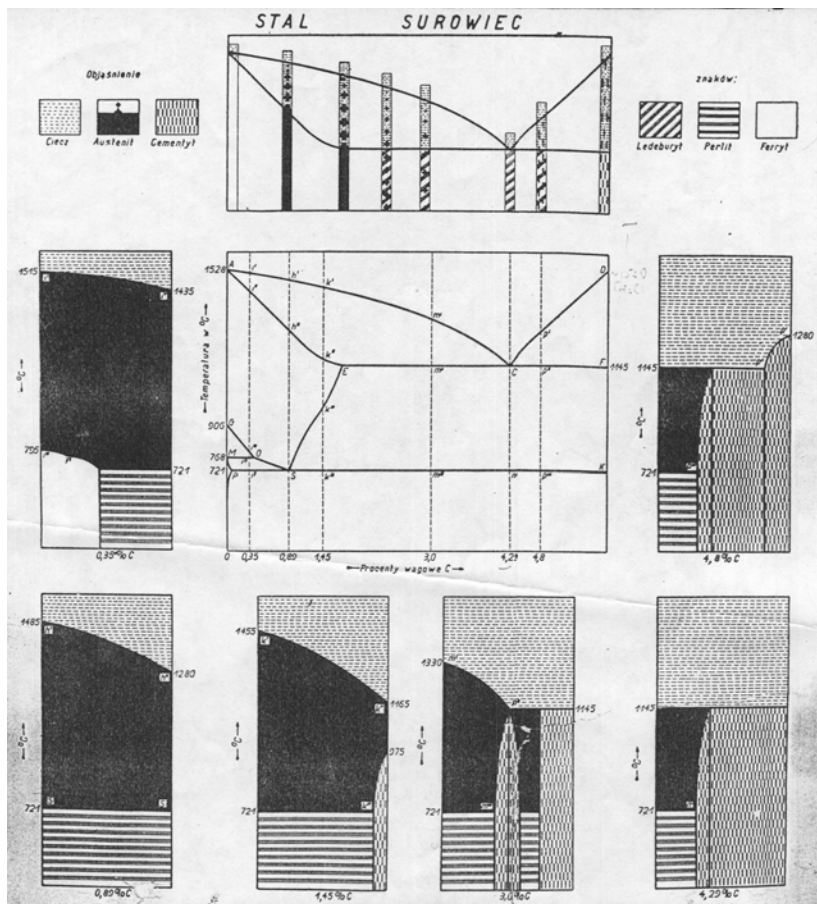
практичною діяльністю. Такий підхід виховує у студента відповідальність за вирішення тієї чи іншої технічної проблеми.

Підручник врахував всі сучасні на той час технології, які описані у європейських та американських роботах і це давало можливість передбачити напрям їхнього подальшого розвитку.



*Перший том монографії
"Металознавство" (1934 р.)*

Перший том монографії, що вийшов у світ у 1930 році і виданий у Варшаві, має 420 сторінок. Його назва – "Вступ та засади термічної обробки" і зміст його відповідає тому плану, що був накреслений в "Нарисах з теорії металознавства", виданих у 1926 році. В ньому описана атомна будова елементів на підставі моделей Н. Бора і Е. Резерфорда, висвітлена теорія утворення фаз у сплавах і застосування правила фаз Д. Гіббса, а також закономірності утворення твердих розчинів. Подано типи побудованих діаграм стану для дво- і трикомпонентних металевих систем. Розглянуто основи фізико-хімічного аналізу і зв'язок діаграм стану металевих систем з властивостями сплавів. Викладається теорія і практика кристалізації металів і сплавів. Подано детальний опис діаграм стану $Fe-C$ і Fe -графіту, опис перетворень, які відбуваються в цій системі, і дуже наочне графічне зображення на рисунку.



Графічне зображення перетворень у системі Fe-C

Згодом І. Фещенко-Чопівський у своїй окремій праці [62] у 1933 році обґрунтовує положення всіх точок і основних ліній діаграми Fe-C, які були затверджені металургійною комісією 7 березня 1933 року. Далі цей варіант діаграми наводиться у довідниках для інженерів [77, 98]. Після цього викладено варіанти теорій зміцнення металів і сплавів у результаті холодної пластичної деформації і перебігу рекристалізаційних процесів під час подальшого нагрівання. Детально описуються теоретичні засади термічної обробки сталі та її практичне застосування.

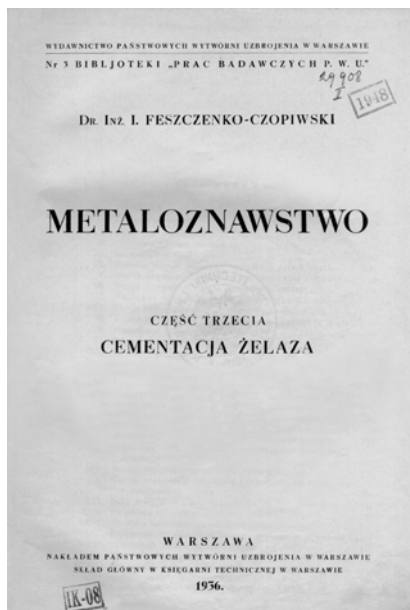
Процеси перетворень, що відбуваються при термічній обробці, подаються з погляду різних теорій, які існували в той час. Студенти мали можливість простежити, як відбувається теоретичне обґрунтування на їх очах.

Окрема глава стосується питання крихкості металів і сплавів при низьких і підвищених температурах, причин її виникнення і методів її уникнення. Викладається теоретичне пояснення крихкості після відпалу і відпуску. Розглядаються причини окрихчення при старінні металів і сплавів і, зокрема, котельних сталей та причини виникнення синьолоамкості сталей. Причини крихкості розглянуто не тільки у сплавах на основі заліза, а також у сплавах на основі кольорових металів (дуралюмінів, силумінів тощо). Приділяється увага розгляду питання втомної міцності сталей і дається аналіз теоретичних засад процесів втомлення і методи визначення границі втомного руйнування за різних температур. Даються рекомендації щодо підвищення границі втомного руйнування.

Другий том “Металознавства” вийшов у світ у 1934 році і виданий у Варшаві, у ньому 357 сторінок. Цей том має назву “Спеціальні сталі”. На початку тому наведено порівняльний та узагальнювальний аналіз 28 подвійних діаграм стану ($Fe-Me$) та 6 подвійних діаграм стану ($Fe-газ$), а також численні потрійні діаграми стану ($Fe-C-Me$). Розглядається вплив легуючих елементів на положення алотропічних точок залізної основи й умови формування структури, а також теоретично обґрунтований вибір режиму термічної обробки для отримання потрібних механічних та особливих властивостей легованих сталей. Для викладення цих засад І. Феценко-Чопівський використовував всю європейську науково-технічну літературу свого часу і багато матеріалу не втратило свого значення і сьогодні.

У підручнику для студентів у § 41 професор висвітлював проблему “анормального” росту зерен сталі при цементації сталі і причин його виникнення, починаючи з процесу виплавки сталі. Це була не другорядна металознавча проблема. Нею в той час займалися відомі металурги і металознавці: Е. Гудремон, Е. Бейн, Г. Тамман, М. Карнаухов та інші, які вивчали проблему “анормального” росту зерен сталі, тому що це впливало на їх властивості.

У параграфі “О аномальных сталях” використано мікрофотографії цементованої сталі, які були виготовлені інженером Е. Перхоровичем (учнем І. Феценка-Чопівського і майбутнім завідувачем кафедри технології металів Львівської політехніки).



*Другий том монографії
“Металознавство” (1936 р.)*

В цьому томі він звертав увагу на проблему взаємодії кисню з залізом та його впливу на властивості, посиляючись на власні дослідження. Це стосується також газів CO , CO_2 , N_2 , H_2 , O_2 та їхньої ролі в процесі виплавки сталі, впливу їх на утворення неметалевих включень та на властивості сталей. Окремим параграфом подана інформація про нові на той час надтверді сплави зі спечених карбідів вольфраму.

У додатку надаються відомості про нікелево-мідні сталі, які містять $0,4 \div 1,2$ % Si , та їхній вплив на корозійну стійкість, роль неметалевих включень у сталевих виробках і висвітлюється проблема зажування сталі.

Розповідається про методи боротьби з міжкристалічною корозією в аустенітних сталях, вплив домішок у сплавах на поліморфізм заліза.

У кінці тому подано покажчики: сплавів (феросплавів), які використовуються при виплавці спеціальних сталей.

Третій том “Металознавства” видано у 1936 році у Варшаві. Він має 384 сторінок і стосується теорії і технології хіміко-термічної обробки сталей і сплавів. Ця робота є підсумком багаторічної науково-педагогічної і дослідницької роботи.

Том складається з трьох розділів:

1. Теорія і практика цементації сталі.
2. Теорія і практика азотування сталі.
3. Дифузійне насичення сталі металами і неметалами.

У першому розділі використано дослідження, виконані під час роботи вченого у Київській політехніці.

У другому розділі були використані дослідження, виконані професором разом з учнями та під його науковим керівництвом, а також дослідження дипломників та працівників.

У цьому томі дається детальний опис як теорії, так і практики хіміко-термічної обробки сталі. Цей опис починається з розгляду теорії і технології цементації сталі як у твердому карбюризаторі, так і в газовому та рідкому середовищах і, зокрема, у вуглеводнях.

Наведено аналіз якостей простих та складних карбюризаторів. Спеціальна глава стосується теорії цементації в інтерпретації автора, яка стала відома металознавцям усього світу. Описана роль вуглецю при цементації, а також визначена роль азоту в процесі цементації, що сприяло теоретичному обґрунтуванню нітроцементації сталі. Визначені сталі, які сприймають цементацію, та режими термічної обробки після цементації. Ці режими найближені до заводської практики. Описується також технологія цементації за допомогою спеціальних паст та електrolітична цементація. Пропонується технологія цементації в спеціальних обертових печах, яка значно покращує здійснення цементації деталей, що мають вісь обертання. Таких деталей в машинобудуванні велика кількість. Наведено опис обладнання для цементації і технологічних пристроїв. Описано дефекти науглецьованих деталей. Знову І. Феценко-Чопівський повертається до причин утворення аномальної структури сталі. Розглянуто багато мікрофотоцементованих сталей дуже високої якості.

Розглянута теорія і практика застосування процесу насичення поверхні сталей азотом, тобто описано азотування вуглецевих і легированих сталей. Визначені сталі, які придатні для азотування, а також наведені режими їх термічної обробки. Відзначений позитивний вплив алюмінію в сталях в кількості до 1,2 % для процесу азотування, а також хрому, молібдену і ванадію, які утворюють нітриди високої твердості. Визначаються властивості азотованих шарів у різних сталях та чавунах. Наводяться різні режими процесів азотування – одно-, дво-

і триступеневі, і описано вплив на формування азотового шару катализаторів. Розглянута технологія азотування у високочастотній печі. Це високопродуктивна і цілком сучасна технологія.

Розглянуті можливості дифузійного насичення поверхонь сталі металами (*Cr, Ni, Cu, Al, Sn, Zn, Pb, Ti, Mn, V, Co, W, Ta, Zr, U, Be*), а також неметалевими елементами (*S, P, Si, B, O₂, H₂*). У висновках вказано суто практичні галузі застосування всіх цих видів хіміко-термічних обробок.

Побудова подвійних і потрійних діаграм здійснювалась за допомогою вивчення структури косих перетинів дифузійних шарів. Маючи пошаровий хімічний аналіз і спостерігаючи структуру і фази, які утворились в процесі дифузії, враховуючи тривалість операції і повільне охолодження наближеного до врівноваженого стану, можна будувати діаграми стану. Таким методом хіміко-термічної обробки І. Феценко-Чопівський уточнив ряд подвійних і потрійних діаграм стану.

Його металознавча трилогія вирішує два завдання. З одного боку, це стисле викладання й узагальнена інформація про досягнення сучасного стану того часу в металознавчій царині, яка необхідна для студентів вищої школи і по-друге, – посібник для інженерів і техніків, які працюють на підприємствах. Крім довідкових і фактичних даних про властивості металів і сплавів, простежується зв'язок між теорією і практикою.

Трилогія з металознавства – наукова монографія, створена професором І. Феценком-Чопівським, пройшла випробування часом і не втратила свого значення не тільки як пам'ятник європейського металознавства, а і для практики.

Більшість глав трилогії насичена практичними прикладами з великого досвіду автора і його учнів і колег, які брали участь в роботі.

Поряд із заводським випробуваннями в монографії наводяться чудово виконані мікрофотографії, дані наукових досліджень і таблиці механічних властивостей, виконаних в лабораторіях кафедри металографії Гірнично-металургійної академії в Кракові. Загальний обсяг монографії – 1161 сторінка, в ній наведена велика кількість подвійних і потрійних діаграм стану, даних про властивості металів і сплавів. Таку енциклопедичну монографію важко було б створити фаховій установі або великому авторському колективу, але професору це вдалось. Металознавча трилогія отримала схвальні відгуки польських та

іноземних фахівців. Книга стала настільною для інженерів та науковців-металознавців.

До монографічної творчості можна зарахувати монографію, яка видана у Кракові у 1926 році під назвою: “Міцність алюмотермічних зварних швів” [37], яка була дуже актуальною в той час, коли трамвайні рейки зварювались виключно алюмотермічним способом. У ній викладені результати досліджень міцності та якості зварених алюмотермічним способом трамвайних рейок та їх відновлення. Описуються варіанти технології ремонту деталей машин. Наведені дані металографічного аналізу поєднуються з їхніми механічними властивостями. Відзначена залежність механічних властивостей від вмісту вуглецю в зварному шві та їх зв’язок з режимом термічної обробки зварних швів.

Подано технологічні рекомендації до вибору оптимального режиму алюмотермічного зварювання та термічної обробки в конкретних випадках, які трапляються на практиці. Використовувана до того часу технологія застосування цього способу зварювання цілком залежала від досвіду і кваліфікації майстра, який здійснював зварювання.

Наукові засади дали змогу зробити технологію незалежною від вміння майстра, запропонувати оптимальні режими, які гарантують надійність і працездатність виробів.

Додатки

1. Основні дати науково-педагогічної діяльності Івана Феценка-Чопівського

- 1884 р., 20 січня – народився на Волині у м. Чуднові, тепер Житомирська область.
- 1907 р. під час екскурсії на металургійний завод півдня України вибрав металургію як професію.
- 1907 р., травень – з відзнакою закінчує КПП і отримує диплом інженера-металурга I ступеня.
- 1909 р. затверджений безоплатним професорським стипендіатом при кафедрі металургії Київського політехнічного інституту.
- 1910 р. призначений на посаду понадштатного лаборанта при цій самій кафедрі і керував практикою студентів.
- 1910 р. взяв участь в міжнародному металургійному конгресі в Дюссельдорфі (Німеччина) і в міжнародній виставці в Брюсселі (Бельгія), відвідував науково-дослідні центри Лондона та Шеффілда.
- 1910 р. з'явилися перші його наукові публікації в галузі металознавства.
- 1910 р. став членом Київського наукового товариства, співредактором природничо-технічних записок (т. I, II і III).
- 1911 р. прийнятий до Союзу німецьких металургів заліза і сталі, відвідував міжнародну виставку в Турині (Італія).
- 1911–1913 рр. період наукового стажування в ад'юнктурі КПП і праці помічником професора В. Іжевського, виконання циклу наукових праць з хіміко-термічної обробки сталей, відвідування міжнародної виставки в Парижі.
- 1914 р. отримав професорську стипендію Міністерства промислу і торгівлі для стажування в лабораторії металографії професора П. Оберхоффера (м. Бреслау, Німеччина).
- 1914 р. повернувся до КПП і працював асистентом кафедри мінеральної технології і одночасно керівником відділу військово-промислового комітету.
- До 1919 р. – старший асистент, доцент кафедри металургії КПП.
- 1922 р., січень – посідає посаду контрактного старшого асистента кафедри металургії Варшавської політехніки.
- 1922 р., серпень – запрошений на посаду професора металознавства на металургійному відділенні Гірничої академії в Кракові.

- 1922 р. складає програми вивчення курсів: “Загальна металургія”, “Металографія і термічна обробка” для студентів металургійного відділення.
- 1923 р. дає згоду на зайняття посади професора кафедри Української (таємної) політехніки у Львові.
- 1923 р. розпочинає викладання на Технічних курсах Українського технічного товариства (УТТ) у Львові.
- 1924 р., 25 січня обраний членом Німецького товариства металургів.
- 1925 р. створює дослідну лабораторію на кафедрі металознавства Гірничої академії в Кракові.
- 1926 р. видає свою першу польськомовну монографію “Нарис з теорії металознавства”.
- 1926 р. обраний дійсним членом Наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка (НТШ).
- 1926 р., 3 червня – обраний членом Інституту заліза і сталі в Лондоні (Iron and Steel Institute).
- 1927 р., 13 листопада – за дослідженнями проблем дифузії різних елементів в *Fe*, *Ni*, *Co* захищає докторську дисертацію у Варшавській політехніці.
- 1927 р. Науковця запросив до співпраці харківський “Науково-технічний Вісник”, в якому був опублікований цикл статей з металознавства.
- 1927 р., 26 жовтня призначений консультантом державних оборонних заводів Польщі.
- 1927 р. знайомство в Берліні з відомим металознавцем, професором І. Чохральським.
- 1928–1935 рр. – відрядження в Німеччину, Чехословаччину, Швецію, Францію, Англію, ознайомлення з металургійними і машинобудівними заводами провідних країн Європи.
- 1928 р., 15 серпня – обійняв посаду керівника дослідного інституту металургійного комбінату “Покуй” у Битомі.
- 1930 р. переходить на посаду керівника Дослідного центру Гути “Байльдон” в Катовіце, стає постійним радником польських оборонних заводів.
- 1930 р. опублікований I том монографії “Металознавство” у Варшаві.
- 1930 р., 9 березня – обраний почесним членом Українського технічного товариства у м. Львові.
- 1931 р. отримує титул звичайного професора Гірничо-металургійної академії в Кракові.

- 1931 р. обраний почесним членом Українського культурно-освітнього товариства “Тарас Шевченко” в Болгарії (м. Варна).
- 1931 р. обраний членом-кореспондентом Академії технічних наук Польщі.
- 1933 р. розробив фундаментальні поняття діаграми *Fe-C*, затверджений металургійною комісією Польщі.
- 1934 р. вийшов у світ II том монографії “Металознавство” у Варшаві.
- 1936 р. вийшов у світ III том монографії “Металознавство” у Варшаві.
- 1936 р. отримує від імені Президента Польщі почесне звання титулярного професора металургії.
- 1936–1938 р. бере активну участь у міжнародних конференціях, конгресах, симпозіумах, знайомиться з провідними європейськими вченими-металознавцями: Т. Карпентьером, Е. Бейном, В. Гадфілдом, У. Евансоном (Великобританія), Л. Жіллетом, А. Портевенном, ле Шательє (Франція) та іншими.
- 1939 р., 9 травня – обраний Почесним членом Українського наукового інституту в Варшаві.
- 1939 р. працює технічним консультантом на Гуті “Байльдон” в Катовіце.
- 1945 р., 14 березня заарештований органами НКВД в Катовіце (Польща).
- 1945–1952 рр. перебуває в ув’язненні у північних таборах ГУЛАГу.
- 1952 р., 2 вересня професор Іван Фещенко-Чопівський помер після тривалої хвороби в таборі Абезь (північ Комі), відбувши 7 років, 5 місяців та 19 днів ув’язнення.
- 1993 р. професор Іван Фещенко-Чопівський реабілітований Генеральною прокуратурою України.

2. Бібліографія праць професора у галузі металознавства, металургії та техніки

Професор О.М. Романів у своїй праці, присвяченій життю і творчості І.А. Фещенко-Чопівського (Романів О. Життя і творчість І.А. Фещенко-Чопівського. Біографія, покажчики, Львів, 2000 рік), зазначив, що кількість його друкованих праць сягає 218 публікацій. Список наукових праць І.А. Фещенко-Чопівського в усіх напрямках його наукової діяльності складається із 157 джерел, не враховуючи рефератів, опублікованих в іноземних виданнях. Великий бібліографічний список праць був опублікований Гірничо-металургійною ака-

демією в Кракові в польському журналі *Hutnik* (№ 7–8, 1984. – С. 237–240) до 100-річного ювілею від дня народження І.А. Феценка-Чопівського. Кожне джерело позначено як нову наукову розробку, як і її реферат в іноземному журналі, але в багатьох випадках ці реферати перероблені і доповнені даними автора і мають самостійне значення. Професор О.М. Романів висловив “жаль, що не вдалося описати *de visu* значну частину праць, чим і пояснюються певні прогалини в їх біографічному описі”. Наша мета – зменшити розмір цієї прогалини і описати ті праці І.А. Феценка-Чопівського, які стосуються його наукового напрямку – металургії і металознавства, спираючись на самі джерела. В цьому бібліографічному списку відзначено 154 джерела і ми сподіваємось на те, що він з часом збільшиться. Загальна кількість наукових праць професора І.А. Феценка-Чопівського у всіх напрямках його творчої діяльності з урахуванням 65 рефератів становить 229 джерел. Одночасно ця бібліографія слугує списком літератури, на джерела якого є посилання в основному тексті.

ПРАЦІ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ

1. Досліди над поверхнею блях уральського виробу // Записки природ.-техн. секції Укр. Наук. Т-ва у Києві. – 1911. – С. 13.
2. Всесвітня виставка 1910 р. в Брюсселі // Літературно-науковий вісник. – 1910.
3. Будова металів і металічних стопів. – Львів: Укр.-тех. Т-во у Львові, 1926. – 70 с.
4. Як метал протистоїть силам, його деформуючим (Зміцнення металів і металічних стопів). – Укр.-тех. т-во у Львові, 1927. – 27 с.
5. Цементованне заліза і стали бором і берилієм // Зб. мат.-природ.-лік. секції НТШ. – Львів, 1926. – Т. XXV. – С. 49–71.
6. Цементованне нікелю й деяких стопових сталей бором і берилієм // Там само. – Львів, 1927. – Т. XXVI. – С. 21–41.
7. Цементованне кобальту бором і берилієм // Там само. – Львів, 1927. – Т. XXVI. – С. 161–169.
8. Як метал реагує на зміни температури, в котрій йому доводиться працювати // Технічні Вісти. – Львів, 1927. – С. 11–17, 37–39, 74–80.
9. Поліпшення звичайного (м'якого) заліза способом термічної обробки // Наук.-техн. Вісник. – Харків, 1927. – № 5–6. – С. 177–188.
10. Про причини повстання щілин на тілі парового казана // Там само. – 1927. – № 8–9. – С. 305–314.
11. Про деякі фізичні властивості рекристалізованого м'якого заліза та структуральні особливості рекристалізованої будови // Зб. Мат.-природ.-лік. секції НТШ. – Львів, 1928. – Т. XXVII. – С. 1–7.
12. Яке випробування належить рахувати міродайним при оцінці матеріалу для кітлових блях? // Технічні Вісти. – Львів, 1928. – С. 68–71.
13. Крихкість вижарювання й відгартування // Наук.-техн. вісник. – Харків, 1928. – № 6. – С. 4–10.
14. Відношення H і Q (твердості до границі текучості) може правити за міру якості сталевого матеріалу // Там само. – № 6. – С. 97–100.
15. Стійкість термічного поліпшення м'якої сталі в температурах праці паровика // Там само. – № 6. – С. 143–147.
16. Алюміній (магній), його стопи та застосування // Там само. – 1929. – С. 43–48, 75–83.
17. Нові дороги в дослідях над камінним вуглем й коксуванням // Технічні Вісти. – Львів, 1929. – С. 113–117.
18. Нові сорти ножів, уживаних у механічних майстернях // Там само. – Львів, 1930. – С. 1–4.

19. Нові сорти різців, уживаних у механічних майстернях // Науково-технічний Вісник. – Харків, 1930. – № 5. – С. 171–172.
20. Теоретичні підстави для класифікації спеціальних (стопових) сталей // Укр. Інжинір. – Подєбради, 1931. – Вип. 1. – С. 7–15.
21. Про новочасні тривалі магнети // Там само. – 1931. – Вип. 2.
22. Спроби об'яснення явищ дифузії в твердих розтворах // Технічні Вісти. – Львів, 1931. – С. 108–109.
23. Які мусять бути швидкості остигання в залізних та сталевих виробках, щоби надати матеріалові добрі механічні властивості // Там само. – 1931. – С. 100.
24. Про вплив сірки, що містить генераторні гази, на витривалість залізних та чавунних конструкцій та про систему Fe-S // Науково-технічний Вісник. – Харків, 1931. – С. 1–12.
25. Що треба розуміти під “кермованою металургією”? // Зб. мат. природ.-лік. секції НТШ. – Львів, 1938. – Т. XXXII. – Вип. 1. – С. 1–18.
26. Новочасне гартування сталі та двоверства купіль // Там само. – Т. XXXII. – Вип. 1. – С. 38–45.
27. Новітні магнети // Там само. – Львів, 1939. – Т. XXXII. – Вип. 2. – С. 55–62.
28. Техніка і наука, природа і людина // Студ. прапор. – Львів, 1943. – № 4. – С. 8–17; № 5. – С. 5–17; № 6.
29. Чого наука не знає // Холмський православний народний календар. – 1944. – С. 54–56.

ПРАЦІ ПОЛЬСЬКОЮ МОВОЮ

30. (1). Szkice z teorii metaloznawstwa. – Kraków, 1926. – S. 101 (Odbitka z artykułow w czasopiśmie Przegląd Gorniczo-Hutniczy. – 1925. – S. 181–191, 22–227, 270–277, 458–465, 502–508, 906–922, 1043–1055, 42–52, 1926, 190–199, 240–249.
31. (2). O stopach lozyskowych // Przegląd Gorniczo-Hutniczoj. – 1926. – S. 68:82 Przegląd Techniczny. – 1927. – S. 963–966; 1928. – S. 193–196.
32. (3). Cementacja borem zelaza, niklu i kobaltu // Prace Akademii Gorniczej w Krakowi. – 1925. – Zeszyt 5.
Peфeпaтy: Revue de Met. 1926. II. 267–268; Journal of the Iron and Steel Inst. London. 1925. II. 454; Journal Inst. Of Metals, 1926. II. 476; Stahl und Eisen, 1927.

33. (4). Stale naborowywane. Przegląd Techniczny. – Kraków. 1926.
34. (5). Stale naberylowywane. Przegląd Techniczny 1927. – S. 73–78.
35. (6). O cementacji borem żelaza, niklu, kobaltu i pewnych stali specjalnych. Praca doktorska. – Kraków, 1927. – S. 87. – rys. i mikrofot. 67.
Реферати: Journal Iron and Steel Inst. 1928. I.856; Journal Inst. Of Metals 1927. 460–693; Stahl und Eisen, 1928.I.420; Журнал Русского Metallургического Общества, 1928.II.167.
36. (7). Ulepszanie miejsc spawanych elektrycznie droga obróbki termicznej // Czasopismo Techniczne. – Lwów, 1927. – S. 172–179.
37. (8). Trwałość miejsc aluminotermicznie // Kraków. – 1926.
38. (9). Blachy kotłów parowych. Praca habilitacyjna. – Warszawa, 1928. – S. 75. – Rys. 103. Cześciowo opublik. W czasop. Technika Ciepłna, Warszawa, 1926–1928. 1926, S. 93–97, 107–116, 137–142, 160–164. 1927, S. 2–4, 16–20, 54–56.
39. (10). O ciemnawych pasmach na powierzchni wyrobów stalowych abrobionych narzędziami tnącymi i scinającymi // Przegląd Techniczny. – 1927. – S. 764–768.
40. (11). O kruchości metali i stópów metalowych // Przegląd Techniczny. – 1927. – S. 231–235.
41. (12). Zakład Metalografii Akademii Górniczej w Krakowie (wspólnie z W.Łoskiewiczem) // Przegląd Górniczo-Hutniczy/ Debrowa Górnieszá. – 1927.
42. (13). Kruchość wyżarzania i odpuszczania // Przegląd Techniczny. – 1928. – S. 5, 69.
43. (14). Dziesięciolecie polskiego przemysłu metalowego. Wspólnie z J. Krauze // Przegląd Techniczny. – 1929.
44. (15). O cienkich blachach do głębokiego tłoczenia (wspólnie z M. Opałką) // Przegląd Górniczo-Hutniczy. Dabrowa Górnicza. – 1930. – S. 379–382
45. (16). Pewne spostrzeżenia dotyczące teorii procesu cynowania (wspólnie z M. Strzałką) // Przegląd Górniczo-Hutniczy. – 1930. – S. 379–382.
46. (17). O stali miękkiej i jej ulepszaniu termicznym (wspólnie z S. Pewniakiem) // Przegląd Techniczny. – Warszawa. – 1930. – S. 813–819, 837–848.
47. (18). Własności wytrzymałościowe miękkich stali niklowych w temperaturach wyższych od zwyczajnych (wspólnie z J. Guschlbauerem) // Przegląd Górniczo-Hutniczy. – 1930.
48. (19). Arsen w żelazie // Przegląd Techniczny. – 1930. – S. 578.
49. (20). Nowe stopy do noży dla obrabiarek szybkoobrotowych // Hutnik. – 1930.

50. (21). Podstawy teoretyczne do klasyfikacji stali specjalnych // Przegląd Techniczny. – 1931. – S. 401–408.
51. (22). Tlen w żelazie (wspólnie z S. Orzechowskim) // Przegląd Techniczny. – 1931. – S. 665–671, oraz prace Badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1931. – № 2.
52. (23). Wpływ szybkości chłodzenia i sztucznego starzenia na własności stali narzędziowych węglowych (wspólnie z S. Orzechowskim) // Prace badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1931. – № 2.
53. (24). Glin w żelazie (wspólnie z E. Perchorowiczem) // Hutnik. – 1931. – № 6. – S. 373–377.
54. (25). Azotowanie stali przez amoniak oraz zjawisko starzenia (wspólnie z A. Wójcikiem) // Prace Badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1931. – № 1.
55. (26). Wpływ szybkości chłodzenia stali węglowych półtwardych na mikrobudowę i własności wytrzymałościowe (wspólnie z B. Kołomyjskim) // Prace badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1931. – № 2.
56. (27). O wpływie siarki znajdującej się w gazach czadnicowych na trwałość konstrukcji żeliwnych na tle uwag o układzie Fe–S (wspólnie z M. Strzałką) // Hutnik. – 1931. – S. 84–91.
57. (28). O wpływie siarki znajdującej się w gazach wielkopiecowych na trwałość konstrukcji żelaznych, na tle uwag o układzie Fe–S (wspólnie z Z. Preissnerem) // Hutnik. – 1931. – S. 150–158.
58. (29). Stopień rozsiewu składu chemicznego, struktury i własności wytrzymałościowych stali pociskowych (wspólnie z A. Maruszczenko-Bohdanowskim) // Przegląd Artyleryjski. – 1931.
59. (30). Stale konstrukcyjne // Przegląd Techniczny. – 1932. – S. 214–221.
60. (31). O stalach narzędziowych // Prace Badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1933. – № 4. – S. 7–44.
Peřepam: Journ. Iron and Steel Inst. 1 936.1. – P. 146.
61. (32). O stalach anormalnych // Przegląd Techniczny. – 1933.
62. (33). Projekt ustalenia podstawowych pojęć dotyczących układu żelazo-węgla. Przyjęty przez Komisję Hutn. IB MM a dn 7/III 1933 r.
63. (32). Prace badawcze Huty Baildon nad elektrodami z drutami do spawania // Przegląd Elektrotechniczny. – 1934, zeszyt 16. – S. 391.
64. (33). Czy miedź jest domieszką szkodliwa? // Hutnik. – 1934. – S. 12.
65. (34). Skurcze i rośnięcie surówki i żeliwa (wspólnie z S. Nowosielskim) // Hutnik. – Katowice, 1934. – S. 47.
Peřepamu: Journ. Iron and Steel Inst. 1934.11–638; Stahl und Eisen 1934.1–520.

66. (37). Utwardzanie głowic szyn kolejowych sposobem Huty "Pokój" (wspólnie z B. Absolonem) // Inżynier Kolejowy. – 1934. – № 6. – S. 12–16.
67. (38). Projekt oceny wtrąceń niemetalicznych w tworzywach stalowych (wspólnie z K. Radźwickim) // Przegląd Techniczny. 1934. – № 8. – S. 243–246.
68. (39). Glosarjusz metalograficzny z roku 1908 // Przegląd Techniczny. – 1935. – S. 222.
69. (40). Nowe prądy w zakresie cementacji żelaza węglem // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – № 3. – S. 75–78
70. (41). Stalowe materiały krajowe do budowy samochodów // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – № 6. – S. 199–201.
71. (42). O mechanizmie dyfuzji węgla, azotu i innych pierwiastków w żelazie stalym. w podwyższonych temperaturach // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – № 7. – S. 223–228
72. (43). Nowe prądy w zakresie cementacji żelaza azotem // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – S. 561–564.
73. (44). Postępy metaloznawstwa w zakresie stali specjalnych // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – S. 659–666.
74. (45). O tworzywach nieodkształcających się po hartowaniu // Przegląd Mechaniczny. – 1935. – S. 791–794.
75. (46). O postępach w dziedzinie stali narzędziowych i konstrukcyjnych w roku 1935 // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 28–30.
Pełpam: Stahl und Eisen, 1936. I. 398.
76. (47). Co należy rozumieć przez "metalurgię kierowaną", jaki jest jej cel i sposoby zrealizowania praktycznego // Hutnik. – 1936. – S. 133–143.
77. (48). Układ żelazo-węgiel. Techniczny podręcznik dla inżynierów pt. – Warszawa, 1936. – T. I. – S. 727–747.
78. (49). O niektórych zagadnieniach metaloznawczych poruszonych na VII Międzynarodowym Kongresie Metalurgii Górnictwa i Geologii Stosowanej w Paryżu // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 243–248.
79. (50). O zastępczych tworzywach stalowych // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 327–331.
80. (51). O metalicznej cementacji powierzchniowej żelaza i stali // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 77.
Pełpam: Stahl und Eisen, 1936. I. 524.
81. (52). Wpływ miedzi na pewne własności fizyczne stali konstrukcyjnych małowęglowych (wspólnie z E. Marzenckim) // Hutnik. – 1936. – № 3. – S. 85–96.

82. (53). Regulacja wielkości ziarn austenitu na własności fizyczne stali (wspólnie z A. Kalińskim) // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 427–442 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. I. – S. 3–18.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1936.I.1194 i 1937; Journ. Iron and Steel Inst. 1937.I. 45/6 i II. 94/5.
83. (54). Obróbka termiczna stali szybkotnacych (wspólnie z – A. Aścikiem) // Prace badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1936. – № 4. – S. 44–46.
Peřepamu: Journ. Iron and Steel Inst.1936.I.–34/37; Stahl und Eisen, 1936. I. 525.
84. (55). Badania hartowności stali narzędziowych w gorących kąpielach; ze szczególnym uwzględnieniem wpływu tegoż hartowania na własności tnące noży (wspólnie z F. Meierem) // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 443 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. I. – S. 19.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1936. II.1192 i Journ. Iron and Steel Inst. 1937. I. 24.
85. (56). Stopniowane (izotermiczne) wyżarzanie zmiękcżające (wspólnie z R. Lindem) // Przegląd Mechaniczny. — 1936. – S. 456 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. I. – S. 37.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1936.II.1191 i Journ. Iron and Steel Inst. 1937. I. 23.
86. (57). Własności wytrzymałościowe stali sprężynowych w zależności od zastosowane; obróbki cieplnej (wspólnie z Z. Wusa–towskim) // Przegląd Mechaniczny. – 1936 – S. 468 oraz Prace Badawcze Huty Baildo. – T. I – S. 51–70
Peřepamu: Stahl rad Eisen, 1936.II.1193 i Journ. Iron and Steel Inst. 1937. I. 41.
87. (58). Próby zastąpienia wolframu w stalach narzędziowych wysokostopowych przez chrom (wspólnie z F. Meierem) // Przegląd Mechaniczny. – 1936. – S. 569 oraz Prace Badawcze Hut-Baildon. – T. L. – S. 33.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1936.II.1315 i Journ. Iron and Steel Inst. 1937. I. 42.
88. (59). Podstawy teoretyczne i metody współczesne tzw. “metalurgii kierowanej” (wspólnie z A. Kalińskim) // Hutnik. – 1937. – S. 41–54.
Peřepam: Stahl und Eisen, 1937. I.355/6.
89. (60). O znaczeniu tzw. “metalurgii kierowanej” w spawalnictwie i jeao dalszym rozwoju. Spawanie i Cięćie Metali. – 1937. – S. 86–88.
90. (61). Tytan we współczesnej metalurgii i metaloznawstwie // Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 2. – S. 13 oraz Hutnik. – 1937. – S. 257–260.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1938.II.209; Joun. Iron and Steel Inst. 1938. I. 50.

91. (62). Obecne poglądy na “metalurgię kierowaną” i ziarnistość pierwotną stali // Przegląd Mechaniczny. – 1937. – S. 635–638.
92. (63). Otrzymywanie uszlachetnionych tworzyw stalowych przez stosowanie zabiegów wchodzących w zakres “metalurgii kierowanej” // Przegląd Chemiczny. – 1937. – S. 321–323.
93. (64). Własności wytrzymałościowe rur grubościennych, w szczególności siali LA5 i LD5 (chromoniklowych) huty Baildon (wspólnie z T. Malkiewiczem i W. Mazurem) // Hutnik. – 1937. – S. 261 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. II. – S. 48.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1938.I.212; Journ. Iron and Steel Inst. 1938.I.35; Archir.f. d Eisenhiittenwesen 1939/40. – № 4. – S. 176.
94. (65). Wpływ czasu odlewania na wielkość ziaren austenitu stali martenowskie, zmienionej w kadzi różnymi dodatkami glinu (wspólnie z T. Palmrichem) // Hutnik. – 1937. – S. 293–304 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. II. – S. 49–60.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1938. I. 251; Journ. Iron and Steel Inst. 1938. I. 40.
95. (66). Poszukiwania najlepszych warunków cementacji, przy określaniu pierwotnej wielkości ziarna austenitycznego za pomocą próby. Mc Quaid–Ehna (wspólnie z A. Stanisławskim) // Hutnik. – 1937. – S. 305–317 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. II. – S. 61–73.
Peřepamu: Stahl und Eisen, 1937.11.1410; Journ. Iron and Steel Inst. 1938. I. 40.
96. (67). Namiastki stali nierdzewnych, kwaso- i ognioodpornych // Przegląd Chemiczny. – 1938. – S. 157.
Peřepamu: Chem. Zentralblatt 1938.
97. (68) Stalowe materiały do budowy samolotów // Przegląd Chemiczny. – 1938. – S. 302–307.
Peřepamu: Chem. Zentralblatt 1939. II. 1365.
98. (69). Układ Fe–C i nowoczesne podstawy obróbki cieplnej // Biuletyn Polsk. Zw. Badania Materiałów, Warszawa, 1938. – № 3. – S. 22–26.
99. (70). O stalach węglowych zmienionych // Przemysł Chemiczny. – 1938. – S. 316–322.
Peřepamu: Chem. Zentralblatt 1939. I. 2484 i II. 2369.
100. (71). Hartowanie stali węglowych w cieczach o podwyższonej temperaturze (wspólnie z J. Banasiem) // Prace Badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1938. – № 6. – S. 5–42.
Peřepamu: Chem. Zentralblatt 1939. I.3443; Revue de Met. 1938. – S. 441.
101. (72). O przyczynach paczenia się stali przy obróbce termicznej (wspólnie z A. Grozą) // Prace Badawcze Państw. Wytw. Uzbrojenia. – 1938. – T. VI. – S. 43–84.

- Pełepamu: Chem. Zentralblatt 1939. I. 3443; Revue de Met. – 1938. – S. 441.*
102. (73). O wpływie pierwotnego ziarna austenitu na własności stali (wspólnie z B. Stegenta) // Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 4. – S. 1–14.
Pełepamu: Stahl und Eisen, 1939. I. 237; Chem Zentralblatt. – 1938. I. 2618.
103. (74). Niklowęglinowe tworzywa na magnsyer trwale z tytanem i molibdenem (wspólnie z L. Kozłowskim) // Hutnik. – 1938. – S. 573 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 4. – S. 15–24.
Pełepamu: Stahl und Eisen, 1938. II. 1505 i 1939. I. 235; Chem. Zentralblatt 1939. I. 1884.
104. (75). Elektromagnetyczna metoda wykrywania powierzchniowych wad materiałów ferromagnetycznych (wspólnie z L. Kozłowskim) // Hutnik. – 1938. – S. 583 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 4. – S. 25–29.
105. (76). Wpływ przeróbki plastycznej na gorąco na ziarnistość pierwotną stali węglowej (wspólnie z A. Szczepańskiv) // Hutnik. –1938. – S. 66–80 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 3. – S. 16–30.
Pełepamu: Stahl und Eisen, 1938. II. 713; Journ. Iron and Steel Inst. 1939. I. 14.
106. (77). Wanad w stali (wspólnie z A. Kalińskim) // Hutnik. – 1938. – S. 81 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 3. – S. 31–42.
Pełepamu: Stahl und Eisen, 1938 II.713; Chem. Zentralblatt. – 1939. I. 2858.
107. (78). O współczesnych magnetach stałych (wspólnie z T. Stocliem i T. Malkiewiczem) // Hutnik. – 1938. – S. 101–116 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 3. – S. 51–66.
Pełepam: Stahl und Eisen, 1939. I. 235.
108. (79). O trwałości ziarna pierwotnego (wspólnie z B. Stcgenta) // Hutnik. – 1938. – S. 588 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 4. – S. 30–33.
Pełepamu: Stahl und Eisen, 1939. I. 237; Chem. Zentralblatt. – 1939. I. 2484.
109. (80). Badania kąpieli hartowniczych w związku z krzywą “S–Baina” (wspólnie z J. Wilkiem) // Przegląd Mechaniczny. – 1938. – S. 363, 431, 514, 547 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 5. – S. 21–50.
Pełepam: Stahl und Eisen. – 1939. I. 234.
110. (81). Tworzywa na blachy do budowy zbiorników, kotłów wysokopięnych i autoklawów oraz ich własności wytrzymałościowe w temperaturach 20–600 °C (wspólnie z S. Kossem i J. Glatmannem) // Przegląd Mechaniczny. – 1939. – S. 117–129 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 5. – S. 51–64.
111. (82). Stale niedeformujące się i ich obróbka cieplna (wspólnie z J. Ogórkim) // Hutnik. — 1939. – S. 49–62 oraz Prace Badawcze Huty Baildon. – T. 4. – S. 34–47.
Pełepam: Chem. Zentralblatt, 1939. I. 4525.

112. (83). Stale konstrukcyjne średniomanganowe o zawartości 0,35 % C (wspólnie z A. Drabińskim) // Hutnik. – 1939. – S. 338–356.
Peřepam: Chem. Zentralblatt. – 1939. II. 4067.
113. (84). Klasyfikacja grafitu w Źeliwie (wspólnie z J. Glatmannem) // Hutnik. – 1939. – S. 356–360.
Peřepam: Chem. Zentralblatt. – 1939. II. 4067.
114. (85). Metaloznawstwo. – T. I. Wstępi podstawi obróbki termicznej. – Warszawa, 1930. – S. 420; rys. 192.
115. (86). Metaloznawstwo. – T. II. Stale specjalne. – Warszawa, 1934. – S. 357; rys. 284.
116. (87). Metaloznawstwo. – T. III. Cementacja Źelaza. – Warszawa, 1936. – S. 348; rys. 301. Tom I–III \vyd. Państwowa Wytwórnia Uzbrojenia.

ПРАЦІ НІМЕЦЬКОЮ МОВОЮ

117. (1). Die Theorie der Diffusion der Kohle im Eisen (Abdruck aus dem Sitzungsbericht der Sevcenko–Gesellschaft. – Lemberg, 1926).
Peřepamu: Stahl und Eisen 1927.I.229/30; Журнал Русского Металлурга. Общества 1926. II. 744/47; Prace II Zjazdu SIMP. – Warszawa, 1929.
118. (2). Ueber Glüh und Anlasssprödigkeit weichen und halbharten Stahl // Zeitschrift des Oberschlesischen Berg– und Hüttenmännchen Vereins. – 1927. – S. 548 i 624.
Peřepam: Stahl und Eisen 1927.II.s.2008.
119. (3). Die Glüh- und Anlass–Sprödigkeit Sitzungsberichte der Mathnaturw. – ärztlichen Sektion der Sevcenko–Gesellschaft der Wissenschaft in Lemberg. – Heft. VIII. – 1929.
120. (4). Fliesserscheinungen bei Teifstanzblechen und Ursache der Rissbildung des Stanzmaterials // Ztschr. des Oberschl. Berg.– u. Hüttenmann Vereins. – 1930. – S. 182.
Peřepam: Stahl und Eisen 1930.II.940.
121. (5). Sauerstoff im Eisen (mit M. Orzechowski) // Ztschr. des Oberschl. Berg. – u. Hüttenmann Vereins. – 1930.– S. 652–681.
Peřepam: Stahl und Eisen, 1931. I.274.
122. (6). Gewisse Beobachtungen betreffend die Theorie des Verzinnens (mit M. Opalka) // Ztschr. Des Oberschl. Berg.– u. Hüttenmann Vereins. – 1931. – S. 182–184, 6 tabl.
123. (7). Erzeugung von gehärteten Schienen (mit B. Absolon). Arbeiten der III Internationalen Schientagung. — Budapest, 1936. – S. 55–59.

124. (8). Zweckmässige Durchführung der MC Quaid–Ehn Korngrössenprüfung (mit A. Stanislawski) // Archiv für das Eisenhüttenwesen 1937–1938. – S. 287.
125. (9). Der Einfluss der Giesszeit auf die Austenitkorngrösse des mit verschiedenen Al–Zusätzen in der Pfanne behandelten Siemens–Martin–Stahls (mit T. Palmrich) // Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1937–1938. – S. 405–408.
Peфepam: Stahl und Eisen, 1938. I.352.
126. (10). Einfluss kleiner Vanadinzusätze auf die Gefügeausbildung von unlegiertem Stahl (mit A. Kalinski) // Archiv für das Eisenhüttenwesen 1937–1938. – S. 351–352.
Peфepam: Stahl und Eisen, 1939. I.237.

ПРАЦІ ФРАНЦУЗЬКОЮ МОВОЮ

127. (1). Contribution á l'étude de la cémentation du fer // Revuede Metallurgie. – 1917. – P. 90–95., 1915. – P. 518–522.
128. (2). L'effet des addition de titane et de Fe–Ni–Al. LesTravailles du Congres International de Fonderie en Pologne. Varsovie, 1938. – № 33.
Peфepam: Bulletin de l'Asociation technique de fonderie. – 1938. – № 10. – P. 290–291.
129. (3). Sur les aciers au carbone a grain d'austenité de grosseur reglee // Revue de Metallurgie. – 1939. – № 5. – P. 205–211.

ПРАЦІ РОСІЙСЬКОЮ МОВОЮ

130. (1). К тридцатилетию томассовского процесса // Вестник Технологии. – Киев, 1910.
131. (2). Развитие учения о сплавах // Вестник Технологии. – Киев, 1910. – № 4. – С. 32–53.
132. (3). Хромовые стали // Вестник Технологии. – Киев, 1910.
133. (4). Исследование тонких листов // Вестник Технологии. – Киев, 1910.
134. (5). О ржавении железа // Вестник Технологии. – Киев, 1910.
135. (6). Марганцовая сталь и влияние марганца на систему Fe–C // Вестник Технологии. – Киев, 1911.– С. 15–24.
136. (7). Сущность процесса завода Hoesch // Записки Императорского технического общества. – Москва, 1911.

137. (8). Исследование кровельного железа, изготовленного уральским способом // Вестник Технологии. – Киев, 1911. – № 3. – С. 1–6, 18–26.
138. (9). О неоднородности структуры котельного железа // Записки общества по надзору котлов. – Киев, 1912.
139. (10). О нормах котловых листов // Записки общества по надзору котлов. – Киев, 1912.
140. (11). Запасы торфа и бурого угля в Юго-западном крае России // Записки общества по надзору котлов. – Киев, 1913.
141. (12). Столбчатая структура в железных и стальных изделиях // Журнал Русского металлургического общества. – 1913.
142. (13). Электрическая цементация железа и свойства полученного продукта // Журнал Русского металлургического общества. – 1913. – № 3. – С. 246–255.
143. (14). Случаи разрушения котельного железа // Записки общества по надзору котлов. – Киев, 1913.
144. (15). Промышленность и природные богатства Галиции. – Киев, 1915.
145. (16). К вопросу о цементации железа. Ч. I // Журнал Русского металлургического общества. – 1914. – № 3. – С. 245–310.
146. (17). К вопросу о цементации железа. Ч. II // Журнал Русского металлургического общества. – 1915. – С. 1–31.
147. (18). О рельсовой стали // Вестник Технологии. – 1912. – № 7–8. – С. 53–64.
148. (19). Первый Всероссийский съезд деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению // Вестник Технологии. – 1911. – № 5–6. – С. 18–32.
149. (20). Художественно-промышленная выставка в Одессе, май–октябрь 1910 года // Вестник технологии. – 1911 – № 5–6. – С. 159–161.
150. (21). Южно-Русская областная выставка в Екатеринославе // Вестник технологии. – 1911. – № 5–6. – С. 161–166.
151. (22). Цементация бором железа, никеля и кобальта // Журнал Русского металлургического общества, 1926. – Т. II. – С. 305–310.
152. (23). Теория диффузии углерода в железо // Реферат “Журнала Русского Металлургического Общества”. – 1926. – № 3. – С. 744.
153. (24). О цементации бором и бериллием железа, никеля, кобальта и некоторых специальных сортов стали // Реферат “Ж. Р. М. О.”. – 1928. – № 2. – С. 167.
154. (25). Ижевский В. (1863–1926). Некролог // Журнал Русского Металлургического Общества. – 1926, 1. – XX1–XX11.

НАУКОВО-ПОПУЛЯРНЕ ВИДАННЯ

Рильніков Борис Сергійович
Понеділок Григорій Володимирович

ІВАН ФЕЩЕНКО-ЧОПІВСЬКИЙ
вчений та педагог

Редактор *Оксана Чернигевич*
Технічний редактор *Лілія Саламін*
Комп'ютерне верстання *Ірини Жировецької*
Художник-дизайнер *Уляна Келеман*

Здано у видавництво 12.09.2009. Підписано до друку 28.09.2009.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 4,4. Облік.-видавн. арк. 4,2.
Наклад 300 прим. Зам. 90690.

Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”
Поліграфічний центр Видавництва
Національного університету “Львівська політехніка”
Реєстраційне свідоцтво серії ДК № 751 від 27.12.2001 р.
вул. Ф. Колесси, 2, Львів, 79000
тел. +38 (032) 258 21 46, факс +32 (032) 258 21 36
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua