

УДК 378.001: 891.1

НАУКОВІ ЗДОБУТКИ І ЗАВДАННЯ КАФЕДРИ ФХОТМ НА МАЙБУТНІ РОКИ

Д.Ф.Чернега

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Викладені основні наукові досягнення співробітників кафедри починаючи з 1977 р. – року організації.

Освещены основные научные достижения сотрудников кафедры, начиная с 1977 г. – года организации.

З метою підготовки фахівців по технологіях із виробництва високоякісних сталей і сплавів шляхом електропереплавних процесів із застосуванням унікального обладнання, в 1977 році, в КПІ була організована кафедра “Фізико-хімічних основ технології металів” (ФХОТМ).

В 1980 р.згідно з наказом Міністра вищої і середньої спеціальної освіти СРСР В.П.Єлютіна у КПІ було започатковано підготовку інженерів по спеціалізації “Спеціальна електрометалургія”. Створення такої спеціалізації активно підтримали Президент Національної академії наук України Б.Є.Патон, академіки Б.І.Медовар та Б.О.Мовчан, члени-кореспонденти НАН України Г.Г.Єфіменко і Г.І.Денисенко. Підготовку фахівців за новою спеціалізацією було доручено кафедрі ФХОТМ. І у 1981 р. на 1-й курс зарахували 25 студентів. Аналогів цій спеціалізації в світовій практиці не було.

Пізніше спеціалізація “Спецелектрометалургія” була перейменована на “Технологія спецелектрометалургії ливарних сплавів”, потім назву змінили на “Спеціальна металургія в машинобудуванні”. У 1997 р., за активної підтримки ректора НТУУ “КПІ” академіка М.З.Згуровського було відкрито самостійну спеціальність – “Спеціальна металургія” (СМ).

На сьогоднішній день на кафедрі ФХОТМ студенти отримують ґрунтовну підготовку з теорії і практики електрошлакових, плазмових, вакуумних, електронно-променевих технологій та магнітної гідродинаміки в ливарному виробництві та металургії, а також позапічної обробки металів і

сплавів. Підготовка фахівців на кафедрі здійснюється по спеціальності “Спеціальна металургія” за такими спеціалізаціями:

- “Спеціальна електрометалургія”;
- “Міжнародна і національна стандартизація та сертифікація металургійної продукції”;
- “Комп’ютеризація процесів спеціальної електрометалургії”.

Кафедра успішно співпрацює з інститутами НАН України: Інститутом електрозварювання ім.Є.О.Патона, Фізико-технологічним інститутом металів і сплавів, Інститутом проблем матеріалознавства, Інститутом металофізики, Інститутом газу та ін. У наукових лабораторіях провідних матеріалознавчих інститутів НАН України студенти старших курсів проходять практику. Здібні студенти по закінченню навчання на факультеті і розподілу продовжують науково-дослідницьку роботу в цих інститутах, вступають до аспірантури.

Висока якість навчання студентів – добра традиція, що склалась на факультеті та на кафедрі зокрема. Серед викладачів кафедри шість докторів технічних наук та вісім кандидатів технічних наук. Високий рівень кваліфікації викладачів інженерно-фізичного факультету не залишає сумнівів, а їх науково-творчий потенціал продовжує поповнювати українську скарбницю науки у галузі металургії. Підтвердженням цього є те, що співробітниками кафедри ФХОТМ:

- захищено 6 докторських дисертацій, аспірантами - 19 кандидатських дисертацій;
- громадянином Польщі захищена докторська, а громадянином Ірану-кандидатська дисертація;
- видано 5 підручників і 8 монографій, атлас плавильних установок спецелектрометалургії (3 частини);
- опубліковано більше 1200 статей в наукових журналах і збірниках конференцій;
- проведено дві міжнародні науково-технічні конференції з виданням збірників доповідей;
- 7 співробітникам кафедри присвоєно звання професора;
- 3 співробітники кафедри рекомендовані на посади завідувачів інших кафедр ІФФ;
- отримано біля 60 патентів і авторських свідоцтв на винаходи;
- 9 разів співробітники кафедри відзначені званнями лауреата конкурсу НТУУ “КПІ”;

- 8 студентів відзначені званнями лауреата конкурса НТУУ “КПІ” за виконані дипломні і магістерські роботи.

На кафедрі постійно проводиться науково-дослідницька робота, що пов'язана з дослідженням та вирішенням важливих, а подекуди навіть глобальних проблем металургії, де поряд із досвідченими металургами беруть участь і студенти та аспіранти, що, безперечно, сприяє новаторському вирішенню поставлених задач.

Наукова робота на кафедрі проводилась і проводиться по різних напрямках дослідження і впровадження результатів у виробництво.

1. Гази в металах і сплавах.

Наявність газів в металах і сплавах належить до тих характеристик, що визначають їх властивості і область застосування.

Вивчення та долідження цих питань технічно і методично надскладні, а відомості про взаємодію водню та азоту з металічними розплавами явно недостатні та розпорошені по різним джерелам. Також у зв'язку з бурхливим зростанням науково-технічного прогресу, розвитком теоретичних та експериментальних досліджень більшість питань потребують уточнення і доповнення, а інколи навіть і іншого трактування, як, наприклад, взаємодія молекулярного азоту з алюмінієм.

Виходячи з актуальності означеної проблеми, з урахуванням вітчизняного та світового досвіду ряд співробітників кафедри протягом багаторічної і плідної праці в значній мірі доповнили нестачу в цій області науки і особливо щодо взаємодії водню з кольоровими металами (алюмінієм, міддю, магнієм, цинком) і сплавами на їх основі, термодинаміки та кінетики розчинення газів в металах, їх впливу на службові властивості, тощо.

Утримуючи протягом багатьох років провідний статус серед країн СНД в галузі дослідження та аналізу газів в металах, авторами розроблені теоретична концепція та практична реалізація питань, пов'язаних з вивченням дифузії водню і азоту в рідких металічних системах з різною пружністю пари.

Вперше використання мембран із нітриду алюмінію дозволило пристосувати експериментальний дифузійний стенд та вакуумні газоаналізатори для дослідження металів і сплавів з високою пружністю пари.

Для всіх досліджених подвійних та багатокомпонентних систем, таких як, наприклад, системи алюмінію з міддю, магнієм, марганцем, цинком, кремнієм, титаном, тощо, визначені температурні залежності проникності

та дифузії водню і азоту. Отримана інформація описана математичними рівняннями. Також розраховані енергії активації означених процесів.

Вплив окремих елементів на поведінку водню і азоту розглянуто на сплавах бінарних систем. Для наближення отриманих результатів до практичного втілення дослідженню піддавали також реальні багатокомпонентні ливарні сплави (АК12, АК7, АК7ч, АК8М АМ4,5Кд, тощо) та сплави для деформування (Д1, Д16Д, АК4-1, В95, Амг6, тощо). Це дозволило визначити аналітичні залежності атомарного коефіцієнту дифузії від хімічного складу металу та температури.

Запропоновані теоретичні положення про розчинність та стан газів в металах, а також експериментально отримані значення ефективного та атомарного коефіцієнтів дифузії водню в рідкому металі і запропонований механізм взаємодії газів з металами дозволили розробити методику безпосереднього визначення вмісту водню в рідких сплавах під час знаходження їх у плавильних печах, розливання і кристалізації.

Одержані наукові та практичні результати використовуються в подальших дослідженнях і навчальному процесі при підготовці інженерних та наукових кадрів.

За матеріалами проведених досліджень захищено 10 кандидатських дисертацій та три дисертації на ступінь доктора технічних наук. Особистий внесок у цьому напрямку досліджень мають роботи О.М.Бяліка, Г.О.Ремізова, Д.П.Іванчука, Ю.Я.Готвянського, В.Г.Могилатенка та інших.

2. Дослідження і досягнення кафедри в галузі спеціальній електрометалургії.

В цьому напрямку значна науково-практична робота проведена доцентом М.П.Волкотрубом під керівництвом якого:

- розроблена і впроваджена в промислове виробництво технологія утилізації вставок прес-форм на машинах лиття під тиском (сталь ДІ22) на ПО “Арма” методом електрошлакового лиття (м. Київ);
- технологія електрошлакового кокільного лиття жароміцних сталей в комбінований кокіль (“Волгоцеммаш”, Тольятті, Росія);
- виплавка сплавів з благородних металів у вакуумній індукційній печі для виготовлення прикрас і посуду (завод столових приладів, м. Київ);
- технологія утилізації штампів зі сталі Х12 на Лубенському машинобудівному заводі;
- технологія плавки сплавів на основі Со і Ні у вакуумній індукційній

печі (фірма “Leybold Heraeus”) для напилення лопаток турбін на фірмі “Pratt - Whitney Paton” , м. Київ;

- технологія виплавки феротитану методом алюмотермії з отриманням в сплаві 40-42% титану (ВАТ “ММК ім.Ілліча”, м.Маріуполь).

Доцентом Г.О.Ремізовим проведені широкомасштабні дослідження на ділянці спецеелектрометалургії “НПО ВПКТІ “Стройдормаш” по покращанню вибиваємості гарнісажу з внутрішніх порожнин виливків, які отримувалися методом відцентрового електрошлакового лиття – (ВЕШЛ).

Проведені роботи показали, що електрошлакова плавка металу з використанням традиційного флюсу АН-295 з домішками оксидів і фторидів рідкоземельних металів (15% оксидів і 15% % фторидів РЗМ) є найбільш ефективним засобом по покращанню вибивання гарнісажу з внутрішніх порожнин виливків. Встановлено, що в'язкість шлакових розплавів знижується майже в 3 рази, що було використано при ВЕШЛ партії виливків із жароміцного сплаву ЖС-6К.

Пройшов успішно захист кандидатської дисертації С.В.Скрипника на тему: “Розроблення ливарних ресурсозберігаючих технологій і устаткування для виробництва фасонних великогабаритних заготовок”. В цьому напрямку готується до захисту в 2008 р.кандидатська дисертація пошукача А.В.Горячека.

Ведеться серйозна підготовка по проведенню досліджень з впровадженням в промисловість “Нової концепції застосування великогабаритних ливарних електрошлакових заготовок на заміну кованих в газовому турбінобудуванні”.

Успішно проводить дослідження по використанню електронно-променевих технологій для нанесення покриттів аспірант Ю.Литвинюк.

Приємно відзначити, не дивлячись на те, що на кафедрі відсутнє устаткування по деяким напрямкам спеціальної електрометалургії приблизно 450 наших студентів і 60 магістрів захистили дипломні і магістерські роботи по спеціальній електрометалургії. Завдяки дружнім відносинам з інститутами НАН України, особливо з ІЕЗ, ФТІМС ці роботи виконувалися у відділах і лабораторіях академічних інститутів і це наукова робота викладачів, керівників і самих студентів, що забезпечує відповідні знання студентам по спеціальності “Спеціальна металургія”.

Доцент Г.О.Ремізов вніс значний науковий вклад в підготовку і видання тритомного атласу по устаткуванню цехів спеціальної електрометалургії.

Вважаю за необхідне відзначити, що приблизно 60 статей співробітників кафедри опубліковано в журналах, трудах конференцій по СЕМ, а також 1 розділ у виданому підручнику “Основи металургійного виробництва металів і сплавів” по СЕМ, чого подібного не було ні в одному підручнику. Слід побажати успіху у виданні підручника по теорії СЕМ доценту М.П.Волкотрубу та по устаткуванню і технології доценту Г.О.Ремізову.

3. На кафедрі під керівництвом професора В.К.Ларіна і активній участі кандидатів технічних наук Г.З Затульського і М.О.Кравченко на підставі аналізу літературних даних і за результатами власних досліджень створена концепція отримання і застосування мідних сплавів із заданим рівнем властивостей, пов’язаних з проявою ефекту пам’яті форми.

Сплави з ефектом пам’яті форми є перспективними матеріалами для використання в енергетиці, особливо в системах аварійного захисту і сигналізації. Зносостійкість алюмінієвих бронз з ефектом пам’яті форми при застосуванні їх в якості триботехнічних матеріалів на 30% вища в порівнянні зі стандартними алюмінієвими бронзами цього класу.

4. Наукова новизна одержаних результатів, що вперше отримані в дисертації на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук В.Г.Могилатенко:

- експериментально доведено, що азот, за умови його активації воднем, може розчинятися в рідкому алюмінію та його сплавах. Встановлені коефіцієнти азотопроникності, дифузії та розчинності азоту, термодинамічні параметри відповідних процесів у розплавах алюмінію з Si, Cu, Ti і Mn. Одержані результати дозволили використати азот, як легуючий елемент для зміцнення алюмінієвих сплавів;

- встановлено універсальний характер впливу тугоплавких часток на структуроутворення в алюмінієвих сплавах;
- визначено механізми впливу дисперсних часток на структурні складові алюмінію та силумінів;
- встановлено екстремальний характер впливу азоту і тугоплавких часток в залежності від їх кількості на механічні властивості алюмінієвих сплавів і схожість їх впливу на структуру.
- за рахунок обробки розплаву азотом чи дисперсними тугоплавкими частками відбувається подрібнення α -фази, первинного кремнію, залізовмісних фаз, практично повністю знімається коагуляція кремнію при нагріві під гартування. Присутність часток призводить до зміни кінетики процесів, що проходять при термічній обробці. Це дає змогу

визначити оптимальну кількість дисперсних тугоплавких часток в сплаві і провести оптимізацію режимів термічної обробки нітридовмістких сплавів.

5. До кола наукових інтересів д. т. н. К.В.Михаленкова входять фундаментальні питання кристалізації чистих металів і сплавів, проблеми створення принципово нових алюмінієвих сплавів, синтезу високопористих матеріалів на основі алюмінію. Запропоновані ним механізми формування структури алюмінієвих сплавів створили теоретичний фундамент для пояснення процесів модифікування і зерноподрібнення. Ним опубліковано більше 50 праць, з них 38 статей у фахових виданнях ВАК України. До переліку його творчих доробків також входять аналітичні дослідження в галузі виробництва і використання алюмінієвих сплавів.

6. Професором В.С.Богусевським запропоновано і досліджено новий підхід до проблеми побудови математичної моделі технологічного процесу, що заснований на сукупному використанні детермінованих, ймовірносних і евристичних методів з наступною ідентифікацією моделі в процесі експлуатації за плавками позитивного досвіду. З використанням цього підходу розроблені моделі киснево-конвертерної плавки:

- статична модель управління об'єктом, що включає розрахунок шихти, стабілізацію глибини реакційної зони, режим введення охолоджуючих і шлакоутворюючих матеріалів у конвертер;
- динамічна модель управління, що включає розрахунок параметрів режиму дуття на протязі плавки, а також коректуючих присадок шлакоутворюючих матеріалів за безперервною інформацією про шлакоутворення у ванні конвертера. Модель розроблена для найбільш загального процесу – продувки з залишенням частини шлаку від попередньої плавки;
- модель доведення плавки, що передбачає розрахунок кількості дуття для додування плавки за вмістом вуглецю, параметрів режиму дуття для нагрівання плавки і охолоджуючих матеріалів для її охолодження.
- розроблено алгоритми і системи керування виробництвом сталі в конвертері в статичному, динамічному і замкненому режимах.

7. Науково-дослідна робота М.І.Прилуцького проводилась по ряду напрямків: модифікування рідкоземельними металами хромистих сталей та дослідження їх механічних і фізикотехнічних властивостей; проектування та розробка технології виготовлення піддонів для нагрівальних і термічних печей; розробка та дослідження властивостей стрижневих і формувальних

сумішей; розробка режимів сушіння ливарних стрижнів в сушарках конвективного нагрівання, полі струму високої частоти і інфрачервоними променями; модифікування сплавів на основі алюмінія ультрадисперсними частками нітридів титану, кремнію та боридів титану; розробка технології плавки та отримання виливків із сплавів на основі золота, а також низькотемпературних та високотемпературних припоїв. Результати цих досліджень впроваджені в ряді промислових підприємств України і СНД.

8. Кандидатами технічних наук Кудем П. Д. і Сороченко В.Ф. запропонований комплексний скандійвміщуючий модифікатор до складу якого входить 10 % оксиду скандію, 20 % гексафторцирконату калію, 5 % криоліту, 55 % крупки хрому та 10 % подрібненої стружки титану.

Випробування на алюмінієвому сплаві АК12М2 показали, що комплексне модифікування розплаву алюмінію сприяє підвищенню як механічних, так і експлуатаційних характеристик сплаву. Тимчасовий опір розриву сплава збільшується з 200 МПа до 270 МПа, корозійна стійкість в помірно кислому середовищі зменшилась в 1,3-1,4 рази.

Розроблена технологія позапічної обробки розплаву ливарних алюмінієвих сплавів, що базується на швидкому охолодженні перегрітої до 1223 К псевдолігатури за рахунок змішування її з базовим сплавом при співвідношенні компонентів 1:4. Результатом такої технології є суттєве дроблення структури матриці алюмінію, підвищення експлуатаційних характеристик стандартних ливарних алюмінієво-кремнієвих сплавів.

Впровадження у виробництво даної технології дозволить підвищити ефективність процесу позапічної обробки за рахунок швидкого розчинення і максимального засвоєння (до 90 %) тугоплавких модифікуючих домішок, раціонально використати відходи виробництва, підвищити зносостійкість відливок із стандартних ливарних алюмінієво-кремнієвих сплавів на 24-30 % при стабільній міцності 260-270 МПа і, таким чином, забезпечити надійну роботу деталей в умовах тертя та агресивному газовому середовищі.

Розроблена технологія характеризується високою адаптованістю до існуючої інфраструктури ливарних цехів машинобудівних підприємств, оскільки впровадження її у виробництво не потребує установки складного обладнання і значних матеріальних витрат.

Проводяться дослідження по з'ясуванню впливу водню, як легуючого елемента, на механічні, експлуатаційні та фізико-хімічні властивості ливарних алюмінієво-кремнієвих сплавів.

Обробка розплаву АК12М2 водневомісткими речовинами (карбамідом

0,2 %) і гідридоутворюючими елементами (магнієм 0,5 % і титаном 0,1 %) призводить до підвищення вмісту водню в сплаві на $0,17 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$. Однак, не зважаючи на це, структура сплаву характеризується підвищеною дисперсністю, а дослідні зразки більш високими механічними властивостями в порівнянні з вихідним сплавом. Тимчасовий опір розриву сплаву підвищується з 185 МПа до 260 МПа, а відносне подовження – від 1,0 до 1,8 %.

Ведуться дослідження по з'ясуванню впливу водневої обробки ливарних алюмінієвих сплавів на їх експлуатаційні і фізико-хімічні властивості (зносостійкість, пластичність, корозійну стійкість та коефіцієнт дифузії водню).

9. Старший викладач кафедри В.М.Рибак працює над кандидатською дисертацією. Сутність технології полягає у використанні азоту як високоефективного зміцнювача і зниженні вмісту магнію в алюмінієвих розплавах при використанні брукту кольорових металів при обробці кріолітово-карбамідним флюсом. Собівартість обробки 1000 кг металу при зменшенні концентрації магнію з 1,8% до 0,7% у 2...4 рази менше собівартості обробки найдешевшим кріолітово-карбонатним флюсом.

В процесі вивчення впливу даної технології встановлено, що не тільки видаляється магній, але й зменшується середній розмір зерен у 2...10 разів.

Тимчасовий опір розриву в залежності від хімічного складу алюмінієвих сплавів підвищується на 20...35% без термічної обробки, та на 40...60% після термічної обробки, відносне подовження – у 1,5...5 разів, твердість – до 30 %, стійкість до тертя – на 40...70%, корозійна стійкість – до 10%.

10. Асистент Д.В.Іванченко плідно працює по темі: Модифікування алюмінієвих ливарних сплавів сполуками цирконію.

Робота присвячена підвищенню механічних властивостей алюмінієвих сплавів за рахунок їх модифікування сполуками, що вміщують цирконій.

Згідно з літературними даними відомо про позитивний вплив цирконію на механічні властивості алюмінієвих сплавів. Але лігатури Al-Zr не знаходять широкого застосування в промисловості через їх значну вартість. Хоча цей спосіб введення має деякі переваги над іншими, а саме введення цирконію проходить разом із інтерметалідом Al_3Zr . Весь цирконій при цьому переходить у розплав проте він також має і деякі недоліки. Серед недоліків необхідно відзначити те, що при отриманні лігатури Al_3Zr утворюються частки Al_3Zr великого розміру, які при введенні в розплав не завжди розчиняються навіть при температурах $900...950^\circ\text{C}$. Хоча при цьому і утворюється деяка кількість центрів

кристалізації, проте, зерно у зливку подрібнюється недостатньо. Тому одним із основних напрямків досліджень є вивчення модифікування алюмінієвих сплавів сполуками, що вміщують цирконій. Автор на основі проведення активного експерименту по обробці алюмінієвих сплавів і одержаних регресивних рівнянь вперше дослідив вплив параметрів процесу модифікування, що вміщують сполуки ZrO_2 і ZrF_4 , а саме температуру розплаву, час обробки розплаву модифікатором і концентрації ZrO_2 , ZrF_4 в суміші на міцність, пластичність і гідроерозійну зносостійкість алюмінієвих сплавів.

Завдання на майбутнє.

1. На протязі цього 2008 р. підготувати до захисту 3 кандидатські дисертації, в 2010 р. – 2 кандидатські дисертації.

2. Максимальна увага підбору в аспірантуру: цього року – 1, в 2009 – 3; в 2010 – 3-4 кандидати.

3. Підготувати і подати на конкурс проект по електрошлаковій технології.

4. Максимальна увага виконанню зобов'язань взятих для виконання проекту по водневій енергетиці.

Природні джерела палива і отримання енергії, що визначаються в основному, нафтою та природним газом, вичерпуються доволі швидко. Разом з цим загострюються екологічні проблеми: зміна і потепління клімату, кислотні дощі, виснаження озонового шару, забруднення атмосфери парниковим газом – CO_2 .

Воднева енергетика є рішення цих взаємопов'язаних проблем.

Але є серйозні перепони на шляху широкого використання водню в промисловості – відсутність ефективних систем для його збереження та транспортування.

Важливі завдання перед кафедрою, кожним викладачем ставляться у зв'язку зі здійсненням пілотного проекту “Дослідницький університет НТУУ “КПІ”, це в першу чергу забезпечення якісної підготовки значної кількості магістрів (наприклад, план для нашої кафедри на 2008/09 уч.р. – 23), а також кандидатів і докторів наук. Ці важливі питання можна вирішити лише на основі підсилення фундаментальної та практичної підготовки студентів, якісного складу викладачів-патріотів кафедри.

Для вирішення цих питань необхідно: провести відповідну роботу для оснащення лабораторій сучасним обладнанням та комп'ютерами, зберігати дружні відносини з рядом академічних інститутів.