

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВИХ ТА БІЗНЕС ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра матеріалознавства та термічної обробки металів



Силабус (стислий опис курсу)

З дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

Дисципліна «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (галузь знань -13 «Механічна інженерія») викладається на 4-му курсі навчання в бакалавраті, форми навчання: очна та дистанційна.

Учасникам освітнього процесу у навчальних закладах України надається доступна і зрозуміла інформація відносно цілей, складу і програмних результатів навчання, порядку та критеріїв оцінювання отриманих знань в межах окремих навчальних компонентів (у формі силабуса або іншими способами). У Українському державному університеті науки і технологій (УДУНТ) освітянська діяльність у сфері вищої освіти здійснюється структурними підрозділами (кафедрами) на основі вимог стандартів вищої освіти [1], освітніх програм (у даному випадку освітньо-професійної програми (ОПП) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з підготовки бакалаврів у галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальність 132 «Матеріалознавство» та програми навчальної дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» для спеціальності «Матеріалознавство», які акредитовані Міністерством освіти і науки України і відповідають вимогам Національної рамки кваліфікацій у сфері освіти, зайнятості та соціально-трудова відносин.

Глосарій :

Національна рамка кваліфікацій - системний і структурований за компетентностями опис кваліфікаційних рівнів (від 0 до 9 рівня). Національна рамка кваліфікацій призначена для використання органами виконавчої влади, установами та організаціями, що реалізують державну політику у сфері освіти, зайнятості та соціально-трудова відносин, навчальними закладами, роботодавцями, іншими юридичними і фізичними особами з метою розроблення, ідентифікації, співвіднесення, визнання, планування і розвитку кваліфікацій;

Кваліфікація - офіційний результат оцінювання і визнання, який отримано, коли уповноважений компетентний орган встановив, що особа досягла компетентностей (результатів навчання) за заданими стандартами;

Кваліфікаційний рівень - структурна одиниця Національної рамки кваліфікацій, що визначається певною сукупністю компетентностей, які є типовими для кваліфікацій даного рівня (згідно додатку до Постанови КМУ № 1341 від 23.11.11р в Україні встановлено 10 рівнів (від 0 до 9) ;

Ступеневість вищої освіти полягає у здобутті різних освітньо-кваліфікаційних рівнів на відповідних етапах (ступенях) вищої освіти.

Виходячи із структури вищої освіти, її перший ступінь передбачає отримання кваліфікації «молодший спеціаліст»; другий — кваліфікації «молодший бакалавр» (неповна базова вища освіта); «бакалавр» (базова вища освіта); третій — кваліфікації «магістр» (повна вища освіта).

Спеціальність (згідно проекту закону України «Про вищу освіту» – складова галузі освіти, в межах якої здійснюється освітньо-професійна підготовка молодшого спеціаліста, бакалавра та магістра і освітньо-наукова підготовка докторів філософії та докторів наук за певним видом діяльності. Згідно до Наказу МОНУ № 1151 від 06.11.2015 в Україні затверджений «Перелік галузей знань і спеціальностей (2015), а також [Перелік наукових спеціальностей](#)», за якими здійснювалася підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційними рівнями. В УДУНТ здійснюється навчання за освітньо-кваліфікаційними рівнями бакалавр і магістр зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» у галузі знань 13 Механічна інженерія, а освітньо-наукова підготовка докторів філософії та докторів наук за спеціалізацією «Термічна обробка металів» можлива за спеціальностями 132 «Матеріалознавство» або 136 «Металургія» у галузі знань 13 Механічна інженерія.

Спеціалізація – складова спеціальності, що передбачає вузькопрофільну спеціалізовану освітньо-професійну або освітньо-наукову підготовку; рівень професійної діяльності - характеристика професійної діяльності за ознаками певної сукупності професійних завдань та обов'язків (робіт), які виконує особа з вищою освітою. Наприклад, у період навчання в бакалавраті по спеціальності 132 «Матеріалознавство» студент може здійснювати фахову підготовку за профілізацією «Інженерне матеріалознавство», «Термічна обробка металів» або «Композиційні та порошкові матеріали, покриття», а після отримання кваліфікації «Бакалавр з матеріалознавства» продовжити навчання у магістратурі за спеціалізацією «Термічна обробка металів» або «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» по спеціальності 132 «Матеріалознавство» та інш.

Бакалавр (латин. лат. baccalaureus, ірл. baccalarius) — ступінь базової закінченої вищої освіти. Бакалавр — це освітньо-кваліфікаційний рівень фахівця, який на основі повної загальної середньої освіти здобув поглиблену загальнокультурну підготовку, фундаментальні та професійно-орієнтовані уміння та знання щодо загальнооб'єкта праці — і здатний вирішувати типові професійні завдання, передбачені для відповідних посад, у певній галузі народного господарства. Освітньо-професійна програма (ОПП) підготовки бакалавра забезпечує одночасне здобуття базової вищої освіти за напрямом підготовки та кваліфікації бакалавра на базі повної загальної середньої освіти. ОПП бакалавра складається із загальних фундаментальних, гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, спеціальних дисциплін відповідного напрямку підготовки, а також з різних видів практичної підготовки. Нормативний термін навчання визначається програмою, але не може перевищувати чотирьох років.

Болонська угода – Болонський процес (Bologna process) - це міжурядова європейська реформа, що має на меті створення Європейського простору вищої освіти (ЕНЕА) до 2010 року. Фундаментальними засадами цього простору є, взаємовизнання освітніх ступенів і кваліфікацій, прозорість (зрозумілість дипломів і ступенів через створення спільної триступеневої структури освіти) і європейська співпраця у сфері гарантії якості освіти.

Наказом МОН від 16 жовтня 2009 року N 943 з 2009/2010 навчального року у вищих навчальних закладах (ВНЗ) України запроваджується Європейська кредитно-трансферна система (ЄКТС) та її ключові документи. Європейська кредитно-трансферна системи (ЄКТС) використовується для перенесення та накопичення кредитів. Разом з іншою інформацією, що міститься у додатку до диплома (або академічній довідці), кількість здобутих кредитів ЄКТС дозволяє точно відобразити та оцінювати досягнення випускника (або студента), здобуті ним під час навчання у вищому навчальному закладі.

Кредитно-модульна система організації навчального процесу - це модель організації навчального процесу, яка ґрунтується на поєднанні модульних технологій і залікових одиниць (залікових кредитів), охоплює зміст, форми та засоби навчального процесу, форми контролю

якості знань і вмінь та навчальної діяльності курсанта, студента (слухача) у процесі як аудиторної, так і самостійної роботи.

Кредит — одиниця обсягу та вимірювання результатів навчання, досягнутих на певний момент виконання програми навчання, — система змістових модулів, які з урахуванням засвоєння студентами окремих навчальних елементів можуть бути засвоєні за 30 годин навчального часу.

Модуль — задокументована завершена частина освітньо-професійної програми (навчальної дисципліни, практики, державної атестації), що реалізується відповідними формами навчального процесу. У системі вищої освіти України прийнято, що один кредит рівняється одному модулю.

Нормативні змістові модулі — змістові модулі, необхідні для виконання вимог нормативної частини освітньо-кваліфікаційної характеристики. Сукупність нормативних змістових модулів визначає нормативну (обов'язкову) складову індивідуального навчального плану студента.

Модульний контроль. Згідно з графіком навчального процесу контрольні заходи проводять під час модульного контролю (МК) та сесії (С). Модульному контролю підлягає навчальний матеріал кожного модуля за видом занять (лекції, лабораторні, практичні, семінарські тощо) окремо.

Навчальний план містить графік та план навчального процесу. План навчального процесу визначається структурно-логічною схемою та містить:

- перелік нормативних дисциплін;
- перелік вибіркового дисциплін;
- розподіл дисциплін за циклами навчання та кафедрами;
- види навчальних занять;
- загальний та річний обсяг дисциплін в годинах та кредитах;
- аудиторне навантаження студента;
- обсяг часу на самостійну роботу;

Програма навчальної дисципліни. На кожний предмет розробляють програму навчальної дисципліни — нормативні документи, що визначають роль і місце навчального предмета в системі підготовки фахівців, цілі його вивчення, перелік тем навчального матеріалу, форми організації навчання. Програми навчальної дисципліни забезпечують професійну підготовку фахівців. Їх розробляють у взаємозв'язку та з метою забезпечити цілісне оволодіння навчальним матеріалом, необхідним для успішного виконання професійної діяльності, запобігти можливому дублюванню, урахувати міжпредметні зв'язки, визначаючи послідовність вивчення навчальних предметів.

Робочі програми дисциплін сформовані як стандарти вищих навчальних закладів (ВНЗ) та відображають сучасні методи формування програм, які містять склад модулів дисциплін, розподіл часу на їх засвоєння, терміни контролю по видам занять. В програмах відокремлені учбові елементи та модулі рівнів засвоєння, у відповідності з якими розроблені комплексні контрольні роботи (ККР), а також критерії оцінки, що дозволяє об'єктивно та адекватно відобразити рівень засвоєння програми дисципліни студентами. Зміст робочої програми дисципліни відповідає анотації, що подана в ОПП. Програма структурована на змістовні блоки, модулі, та навчальні елементи. Для кожного навчального елемента визначено рівень засвоєння (сформованості) згідно методики Додатку і Наказу Міністерства освіти України № 285 від 31.07.98.

Засвоєння змісту навчальної дисципліни — це той кінцевий результат або у сучасній термінології **компетенції**, які повинні бути сформульовані при навчанні у вищому навчальному закладі (за рахунок аудиторних занять -лекцій, практичних та лабораторних занять) або у процесі взаємодії з викладачем (робота з літературою по дисципліні, програмним та мультимедійним супроводженням та інш.). У реальному навчальному процесі результатом навчання є: **компетенції, знання, вміння, навички** у рамках тої або іної професії, розвиток творчої діяльності та відношень, які набуває та/або здатна продемонструвати особа після завершення навчання;

Компетентність/компетентності - здатність особи до виконання певного виду діяльності (після навчання по конкретній (им) дисципліні (ам), що виражається через знання, розуміння, уміння, цінності, інші особисті якості;

Знання - осмислена та засвоєна суб'єктом наукова інформація, що є основою його усвідомленої, цілеспрямованої діяльності. Знання поділяються на емпіричні (фактологічні) і теоретичні (концептуальні, методологічні);

Уміння - здатність застосовувати знання для виконання завдань та розв'язання задач і проблем. Уміння поділяються на когнітивні (інтелектуально-творчі) та практичні (на основі майстерності з використанням методів, матеріалів, інструкцій та інструментів);

Навички - це уміння, доведені до автоматизму внаслідок багаторазового їх повторення. Навички складаються з простих прийомів діяльності, але при набутті навичок обов'язково потрібен контроль та регулювання зі сторони викладача.

Відношення включають у себе оціночні судження та емоційні враження від різних боків життя та діяльності.

Творча діяльність – забезпечує зародження нового знання, уміння, навичок та відношень.

Освітньо-кваліфікаційна характеристика (ОКХ) випускника вищого навчального закладу є державним нормативним документом, в якому узагальнюється зміст освіти, тобто відображаються цілі освітньої та професійної підготовки, визначається місце фахівця в структурі господарства держави і вимоги до його компетентності, інших соціально важливих властивостей та якостей. ОКХ відображає соціальне замовлення на підготовку фахівця з урахуванням аналізу професійної діяльності та вимог до змісту освіти і навчання з боку держави та окремих замовників фахівців. ОКХ встановлює галузеві кваліфікаційні вимоги до соціально-виробничої діяльності випускника вищого навчального закладу з певних спеціальностей та освітньо-кваліфікаційного рівня і державні вимоги до властивостей та якостей особи, яка здобула певний освітній рівень відповідного фахового спрямування.

Освітньо- професійна програма (ОПП) – є державним нормативним документом, в якому визначається нормативний зміст навчання, встановлюються вимоги до змісту, обсягу та рівня освітньої та професійної підготовки фахівця відповідного освітньо-кваліфікаційного рівня певної спеціальності. Підготовка фахівців-бакалаврів згідно ОПП по спеціальності 132 «Матеріалознавство» галузі знань 13 «Механічна інженерія» здійснюється в УДУНТ викладачами двох випускаючих кафедр:

- кафедри матеріалознавства та термічної обробки металів НН ІПБТ УДУНТ;
- кафедри покриттів, композиційних матеріалів та захисту металів НН ІПБТ УДУНТ.

Ці кафедри мають відповідні науково-професійні школи та паспорти спеціальностей: Матеріалознавство; Металознавство та термічна обробка металів; Порошкова металургія та композиційні матеріали.

Це надає випускникам бакалаврату зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» можливість продовження в УДУНТ освіти на другому (магістерському) рівні (а також далі в аспірантурі та докторантурі) по спеціалізаціям та спеціальностям, які надають вказані кафедри (або по іншим).

Комунікація - взаємозв'язок суб'єктів з метою передавання інформації, узгодження дій, спільної діяльності;

Для задоволення потреб сучасного суспільства в конструкційних матеріалах промисловість постійно збільшує їх виробництво при постійному удосконаленні способів їх виготовлення з метою підвищення експлуатаційних властивостей.

Відомо, що зміцнення сталей і сплавів можливо за рахунок наступних механізмів:

- твердорозчинного (зміцнення твердого розчину легуванням);
- деформаційного (дислокаційного);
- зернограничного (зміцнення границь зерен);
- дисперсійного (за рахунок виділення часток вторинної фази);
- фазових перетворень аустеніту при термічній або комбінованій обробках (наприклад, за рахунок мартенситного перетворення аустеніту при гартуванні) або комбінації цих механізмів.

Сталь (вуглецева) – сплав заліза ($Fe > 50\%$) з вуглецем, в якому вміст вуглецю до 2.14% (тобто до т. Е на діаграмі стану Fe-C);

Чавун - сплав заліза ($Fe > 50\%$) з вуглецем, в якому вміст вуглецю більше 2.14% (тобто від т. Е на діаграмі стану Fe-C і більше);

Згідно класифікації Н.Т. Гудцова усі домішки (хімічні елементи), які містяться в сталях, розподіляються на 4 групи:

- 1-постійні або звичайні домішки: марганець, кремній, алюміній, сірка і фосфор;
- 2-приховані домішки: кисень, водень, азот;

3-випадкові домішки: це ті, які можуть потрапляти до складу сталі з шихтових матеріалів або випадково;

4-легуючі елементи (л.е.) – це ті хімічні елементи, які спеціально вводять у сталь в регламентованих концентраціях з метою одержання необхідних структури, фізико-хімічних, механічних і технологічних властивостей у бажаному напрямку.

Леговані сталі – сплави на основі заліза, у хімічний склад яких спеціально введені легуючі елементи, які забезпечують їм при певних способах виробництва й обробки необхідну структуру і властивості.

Спеціальні сталі – це сплави на основі заліза, що відрізняються від звичайних сталей особливими властивостями, обумовленими або їхнім хімічним складом, або способом виробництва, або способом їхньої обробки (Е. Гудремон).

У більшості випадків спеціальні сталі містять легуючі елементи. Основними легуючими елементами в сталях можуть бути: Mn, Si, Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Co, Al, Cu, Nb, Zr.

У деяких сталях легуючими елементами можуть бути також: H, S, N, Se, Te, Pb, La та ін.

Перераховані елементи, а також H, O, Sn, Sb, As, Bi можуть бути також домішками в сталі. При цьому вміст легуючих елементів в легованих сталях може коливатися від тисячних часток відсотків до десятків відсотків. В легованих сталях концентрація окремих елементів більше, ніж концентрація цих же елементів у вигляді домішок.

Залізо і сплави на його основі відносять до *чорних металів*, усі інші метали і сплави на їх основі – до *кольорових*.

По хімічному складу сталі і сплави чорних металів умовно підрозділяють на вуглецеві (нелеговані), низьколеговані, леговані, високолеговані сталі, сплави на основі заліза.

У тому разі, якщо сталь не має у своєму складі спеціально введених легуючих елементів її називають *вуглецевою*.

В *низьколегованих* сталях сумарний зміст легуючих елементів повинен бути не більше 2,5% (окрім вуглецю).

В *легованих* сталях сумарний зміст легуючих елементів повинен бути від 2,5% до 10% (окрім вуглецю).

В *високолегованих* сталях сумарний зміст легуючих елементів повинен бути відвище 10% і вище при вмісту заліза $\geq 45\%$.

Леговані сталі – сплави на основі заліза, у хімічний склад яких спеціально введені легуючі елементи, які забезпечують при певних способах виробництва й обробки необхідну структуру і властивості.

Деякі легуючі елементи (V, Nb, Ti, Zr, B) можуть впливати на структуру і властивості сталі при вмісті їх у десятих і сотих долях відсотка, а, наприклад, В – у тисячних долях відсотка, тому у такому випадку використовують термін *мікролегування*.

Поняття *спеціальних сталей* більш широке, ніж поняття легованих сталей, оскільки до спеціальних сталей, крім легованих, можуть належати й вуглецеві, якщо їм забезпечити спеціальні властивості (наприклад, інструментальні сталі).

У сплавах залізо-вуглець класифікацію легуючих елементів можна проводити за ступенями спорідненості легуючих елементів до вуглецю в порівнянні зі спорідненістю до нього заліза.

За цією ознакою розрізняють *карбідоутворюючі* та *некарбідоутворюючі* елементи.

Карбідоутворюючі легуючі елементи (Ti, Zr, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn), а також залізо можуть утворювати в сталі карбіди.

Некарбідоутворюючі елементи (Cu, Ni, Co, Si, Al) карбідів у сталі не утворюють.

У твердому пересиченому (по C, N, Л.Е.) розчині, який отримується після загартування сталі–мартенситу, при наступному нагріванні (відпуску) відбуваються процеси розпаду твердого розчину і виникають частинки вторинної фази (карбіди, карбонітриди та інш.), більшість з яких відноситься до фаз вкорінювання. Фази вкорінювання (проміжні фази змінного складу), виникають у разі співвідношення атомних радіусів компонентів $R_{\text{нем}}/R_{\text{мет}} = 0,41 \dots 0,59$ (*карбіди типу TiC; NbC; ZrC; VC; WC; Mo₂C; W₂C*), а у тому разі, якщо це співвідношення буде $R_{\text{нем}}/R_{\text{мет}} > 0,59$, то фази вкорінювання не утворюються, а виникають карбіди зі складною атомно-кристалевою структурою (карбіди заліза, марганця, типу Me_3C ; хрому: Cr_3C_2 ; Cr_7C_3 ; $Cr_{23}C_6$, а при

концентрації хрому < 2% виникає легований цементит. При підвищенні концентрації хрому та збільшенні часу витримки у процесі відпуску утворюється спеціальний карбід хрому - Cr_7C_3).

Легуючі елементи-метали умовно розподіляють на групи:

-метали групи заліза – до них відносять кобальт, нікель, марганець;

-тугоплавкі метали (температура плавлення вище, ніж у заліза (тобто $>1539^{\circ}C$) – вольфрам, молібден, ніобій, хром, ванадій та інш.;

-легкі метали – титан, алюміній;

-рідкоземельні метали (РЗМ) – лантан, церій, неодим, ітрій, скандій.

Варто мати на увазі, що наразі немає єдиної класифікації спеціальних і легованих сталей. Найбільш загальними ознаками класифікації таких сталей є: *за хімічним складом, за структурою, за призначенням, за якістю.*

Властивості легованих сталей є функцією хімічного складу, способу виробництва та способу їх обробки. Найбільш високий рівень властивостей можливо отримати в легованих сталях після їх відповідної обробки, яка може поєднувати декількох з 5 можливих або всі 5 механізмів зміцнення сталей та сплавів (тобто: легування, деформаційне, зернограничне, дисперсійне та фазове перетворення аустеніту при термічній або комбінованій обробках).

Під терміном *сплав* розуміється матеріал, який отриманий методом сплавлення двох або більше елементів, вміст заліза в яких < 50%. При вивченні дисципліни будуть розглядатися металеві сплави.

Сплави, які виготовляються іншими методами (спіканням, електролізом і інш.) називають *псевдосплавами*.

Легуючі елементи, які вводять до складу сталей, розчинюються в основних фазах Fe-C сплавів або створюють спеціальні карбіди, нітриди та інш. та суттєво впливають на поліморфізм заліза (наприклад, на температурний інтервал існування алотропічних модифікацій за рахунок зміни температури критичних точок A_4 ; A_3 ; A_1 , Mn, M_n). Легуючі елементи впливають також на кінетику перетворення аустеніту, на зміну розміру зеренної структури у процесі нагріву сталей, а також на процеси структуроутворення при термомеханічній обробці, при відпуску (старінні) загартованої сталі.

1. Прізвище, ім'я та по батькові лектора; його вчений ступінь, вчене звання; посада, яку займає; контактна інформація; наукова школа та наукові інтереси:

Дейнеко Леонид Николаевич (тел. моб. (+38) 0953331325; E-mail: leonid_deyneko@i.ua), доктор технічних наук по спеціальності «Металознавство та термічна обробка металів» (05.16.01), професор по кафедрі «Термічна обробка металів» (з 2021р кафедра Матеріалознавства та термічної обробки металів), завідувач кафедри матеріалознавства та термічної обробки металів УДУНТ, професор, є науковим керівником бакалаврів, магістрів, аспірантів та докторантів, науково-дослідницьких робіт, які виконуються кафедрою за рахунок держбюджетних та господарських НДР за різною тематикою. Закінчив аспірантуру (наук. керівн. академік К.Ф. Стародубов) при кафедрі термічної обробки металів НМетАУ; докторантуру (наук. консульт. проф. В.І. Большаков) при кафедрі матеріалознавства і обробки матеріалів ПДАБіА. Вчене звання професора отримав по спеціальності «Металознавство та термічна обробка металів» (05.16.01) по кафедрі термічної обробки металів НМетАУ (з 2022р Навчально-науковий інститут промислових та бізнес технологій (НН ІПБТ) УДУНТ). Представник наукової професійної школи – «Дніпропетровської наукової школи термічної та деформаційно-термічної обробки сталей», створеної академіком К.Ф. Стародубовим.

Основними напрямками наукової та науково-педагогічної діяльності професора Дейнеко Л.М. являються:

- дослідження процесів структуроутворення при фазових перетвореннях, відпуску або старінні та їх вплив на фізико-механічні властивості залізобуглецевих сплавів;

-дослідження механізмів і кінетики процесів розпаду аустеніту при мартенситному і проміжному (бейнітному) перетвореннях (у т.ч. і з використанням термоциклічної обробки) та твердого розчину при відпуску мартенситної, ферито-бейнітної та бейнітної структурних складових маловуглецевих і низьколегованих сталей;

-удосконалювання діючих та розробка нових технологічних процесів термічної та комбінованих обробок різних видів металовиробів та здійснення впровадження їх в промисловість;

-розробка охолоджуючих середовищ на водній основі та конструктивно-технологічних параметрів гартівних пристроїв;

-встановлення математичних залежностей між хімічним складом сталей, режимів їх термічної обробки та експлуатаційними властивостями металовиробів;

-діагностика вітказів (руйнування) металовиробів.

2. Назва, код модуля і/або навчальної дисципліни та кількість кредитів (модулів), які відводяться на її вивчення

Дисципліна «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» є нормативною і входить до циклу дисциплін фахової підготовки (90 час. 3 модуля, 3 кредити) навчального плану бакалаврів з спеціальності 132 «Матеріалознавство» галузі знань 13 «Механічна інженерія». Дисципліна викладається на 4 курсі навчання бакалаврів.

У зв'язку з входженням України до Болонської угоди у системі вітчизняної вищої освіти з 2004 р введено кредитно-модульну систему організації навчального процесу, згідно якої вивчаємий матеріал розподіляється на залікові модулі (кредити), у склад яких входять: аудиторна, самостійна підготовка та контрольні заходи.

Прийнято, що один кредит Європейської кредитної трансферної системи (ECTS) складається з 30 академічних годин (1 академічна година дорівнюється 50 хвилинам). В УДУНТ встановлено співвідношення одного залікового модуля одному кредиту ECTS.

3. Час і місто проведення навчальної дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

З урахуванням затвердженого розкладу занять навчальна дисципліна проводиться у спеціалізованих приміщеннях:

-лекції (Л) – 20 годин, аудиторія 224 центрального корпусу ПБТ;

-практичні заняття (ПЗ)–12 годин, ауд.224;

-лабораторні заняття (ЛЗ) – 8 годин, пічний зал, лабораторії механічних випробувань та металографічного аналізу (Б411; Б412);

-самостійна робота (СР, у обсязі 50 годин) – це плануємо робота для студентів, які навчаються і яка виконується по завданню та при методичному керівництві викладача, але без його безпосередньої участі, у т.ч. і виконання індивідуального завдання.

Може проводитися як у читальних залах інституту або університету, так і в комп'ютерному класі кафедри (ауд.224) з використанням інтернету і бібліотеки кафедри МТОМ, а також і за межами інституту по плану, який розроблений викладачем, згідно до навчального плану дисципліни з метою самостійного вивчення матеріалів, які не викладаються на лекціях. Передбачаються для студента очні та дистанційні консультації по матеріалам дисципліни.

4. Прореквизити і постреквизити навчальної дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

Прореквизити (Prerequisite) вивчаємої дисципліни, це дисципліни, які мають у складі знання, вміння, навички, необхідні для засвоєння вивчаємої дисципліни:

«Кристалографія, мінералогія і дефекти кристалічної будови»; «Основи теорії твердого тіла»; «Матеріалознавство»; «Теоретичні основи процесів термічної обробки металів»; «Методи дослідження властивостей матеріалів»; «Технології виробництва матеріалів»; «Корозія і захист металів»; «Сплави на основі заліза», «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів», «Вуглецеві та леговані сталі», «Термічна обробка кольорових металів та сплавів» та інш.

Постреквізити (Postrequisite) – це подальші дисципліни, для вивчення яких студенту будуть потрібні знання, вміння та навички, які він отримає по завершенню вивчення цієї дисципліни: «Структура і властивості металів і сплавів»; «Леговані сталі і спеціальні сплави»; «Технологічні особливості процесів термічної обробки металів»; «Конструкції технологічних агрегатів»; «Проектування термічних цехів» та інш.

5. Характеристика навчальної дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

5.1 Призначення навчальної дисципліни

Постійне зменшення природних ресурсів на планеті змушує розвинені держави розробляти та реалізовувати різні ефективні програми, спрямовані на зниження ресурсоемності промисловості та її продукції. Галузі промисловості, особливо металургія, машино-, судо-, авіа-, космічна та багато інших, які добувають та переробляють природні ресурси для виготовлення якісної наукоємної металопродукції повинні постійно удосконалювати теорію і практику виробництва матеріалів та конструкцій з них з ціллю зниження енерго- і ресурсоемності.

Відомо, що конструктивна міцність металовиробів багато в чому визначається структурним станом металу або сплаву та рівнем його напруженого стану, якими цілеспрямовано можна управляти за рахунок ступеня його легованості, використання термічної або комбінованої обробки. Термічна обробка металів і сплавів (та її різновиди) у металургії традиційно вважається четвертим переділом (*за черговістю в циклі переробки металу: одержання чавуну → одержання сталі → обробка металу тиском → термообробка*). У промисловості, у складі металургійних, машинобудівних, приладобудівних та інш. заводів, існує велика кількість термічних цехів, ділянок, на устаткуванні яких здійснюється попередня або остаточна термічна обробка прокату чи готових металовиробів, що визначає кінцевий рівень властивостей металу.

Навіть короткий екскурс в історію розвитку людського суспільства показує надзвичайно важливу роль металів та їхньої термічної обробки в житті людей. А в сучасній технічній літературі акцентується увага на те, що хоча ми й живемо в XXI столітті, яке неодноразово називалося століттям нових матеріалів, але головним конструкційним матеріалом цього століття, а можливо й усього тисячоліття, все ж таки залишатиметься сталь різного ступеню легованості. Тому поглиблення знань про способи виробництва і обробки металовиробів є актуальним завданням людства. В останні десятиліття активно впроваджується у виробництво термічна обробка різних видів металопокриттів деталей різного призначення з метою оптимізації їхньої структури і властивостей.

У зв'язку з тим, що термічна обробка є одним з найбільш ефективних видів фінішної обробки готових металовиробів, її роль надзвичайно підвищується в період найбільш важких ситуацій для народів і держав – а саме такими ситуаціями є війни та інші екстремальні ситуації (типу Чорнобильської катастрофи), які вимагають величезної кількості високоякісного металу і виробів з нього. І в наш час для підтримки достатньої обороноздатності армії України потрібна високоміцна броня і якісні металовироби для танків, надводних і підводних суден, літаків, космічних апаратів та іншої військової і цивільної техніки з легованих сталей і сплавів. Слід зазначити, що і кафедра МТОМ НН ІПБТ УДУНТ у різні роки свого існування внесла та продовжує вносити вагомий вклад у створення різних технологій зміцнювальної термообробки для цивільної і воєнної промисловості (легкої броні, стволів артилерійських систем, колес, рейок, листового та сортового прокату (у т.ч. арматури), інструменту холодного та гарячого деформування та інш. виробів).

З розвитком науки і техніки в останні 20-30 років сфера професійної діяльності матеріалознавців-термістів уже не обмежується четвертим переділом, а всі частіше використовується на більш ранніх стадіях виробництва якісної металопродукції. І ця тенденція неухильно зростатиме в міру підвищення вимог до експлуатаційних властивостей сталей і сплавів.

При вивченні дисципліни «Термічна обробка легованих та спеціальних сталей» студент взмозі засвоїти основні положення теорії процесів структуроутворення в легованих металах та сплавах в залежності від дії різних факторів (температури, часу, тиску та інш.), основні закономірності впливу структури матеріалів на фізико-механічні властивості, рівень напруженого

стану та експлуатаційні властивості виробів. У процесі навчання студенти вивчають класифікаційні признаки легованих сталей і сплавів, види термічної (комплексної) їх обробки, особливості структурного стану, режими та технології обробки різноманітних металовиробів з легованих сталей та сплавів з метою підвищення їх експлуатаційних властивостей.

5.2 Ціль вивчення дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

Мета вивчення дисципліни – засвоєння знань з теорії матеріалознавства, металознавства і термічної обробки виробів з легованих та спеціальних сталей і сплавів та придбання навичок, необхідних для вибору та здійсненню на практиці режимів і технологій термічної та комбінованих обробок металовиробів, гартівних середовищ, видів устаткування для їх реалізації, методів і обладнання для контролю параметрів обробки і якості обробляемого матеріалу.

5.3 Задачі вивчення дисципліни

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

-теоретичні основи термообробки легованих сталей і сплавів, фізичні можливості термічної (комбінованої) обробки у плані цілеспрямованого забезпечення обробляемому металу механічних та спеціальних властивостей, структурного та субструктурного стану;

-параметри різноманітних режимів, технологій термічної та комбінованих обробок, їх вплив на структуру та властивості легованих та спеціальних сталей і вміло використовувати їх на практиці;

-параметри нагрівання і охолодження металовиробів з легованих та спеціальних сталей, характеристики охолоджуючих середовищ, знати і вміти використовувати засоби охолодження різноманітних виробів, знати засоби контролю якості термічно обробленого металу.

Вміти:

Опреділяти і реалізовувати на практиці параметри відповідних режимів термічної і комбінованих обробок металовиробів з легованих сталей і сплавів на основі інформації довідників і технічної літератури для досягнення нормованих властивостей матеріалів, вибирати необхідне для цього устаткування, застосовувати обладнання та методи контролю параметрів обробки і якості продукції. Досліджувати структурний стан металовиробів та їх механічні властивості.

5.4 Зміст вивчаємої дисципліни

У результаті вивчення дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» студент отримує *інтегральну компетентність* «Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, пов'язані з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням металевих, неметалевих та композиційних матеріалів та виробів на їх основі, у професійній діяльності та у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики, хімії та механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов (КІ.01)»,

Додаткові фахові компетенції – ФКД:

-«Розуміння ролі легуючих елементів у поліпшенні існуючих і наданні матеріалу спеціальних властивостей, а також ролі термічної (комбінованої) обробки у повноцінному отриманні ефекту легування металів»;

-«Здатність застосовувати знання про основні принципи легування вуглецевих та легованих сталей та сплавів, класифікації сталей та сплавів за металургійною якістю, структурою, призначенням та особливості їх виробництва, обробки та застосування у заданих умовах експлуатації»;

-«Здатність розуміння ролі термічної та комбінованої обробок в поліпшенні властивостей металевих матеріалів та на основі аналізу нормативних вимог до комплексу властивостей виробу вибирати види і визначати основні параметри технологічних процесів термічної і комбінованої обробок» (для усіх профілізацій);

а також програмні результати навчання (РН) згідно ОПП:

-«Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;

та додаткові програмні результати навчання (РНД):

-«Знати вплив легуючих елементів на температури фазових перетворень заліза та системи залізо-вуглець»;

-«Знати діаграми фазового стану залізо-легуючі елементи, основи термічної обробки легованих сталей, галузі використання легованих сталей»;

-«Знати фазовий склад легованих чавунів, класифікацію легованих чавунів у залежності від високовуглецевої фази та металевої основи, вплив легуючих елементів на критичні крапки діаграми Fe-C та поліморфізм заліза»;

-«Вміти здійснювати обґрунтований вибір марок вуглецевих, легованих і спеціальних сталей і сплавів з урахуванням конкретних умов термічної (комбінованої) обробки та експлуатації виробів з них»;

-«Вміти, з урахуванням наявності легуючих елементів, визначати технологію термічної (комбінованої) обробки легованих сталей і спеціальних сплавів».

Фактично дисципліна «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» є логічним продовженням дисципліни «Основи теорії і практики термічної обробки металів» і є основою для розуміння та засвоєння навичок, знань та вмінь при вивченні студентом наступних фахових дисциплін, без котрих неможливо здійснити підготовку фахівця по термічній та комбінованим обробкам металовиробів з легованих та спеціальних сталей і сплавів для багатьох галузей промисловості.

5.5 План вивчення дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

Вивчення дисципліни ведеться поетапно, відповідно з прийнятою в Україні класифікацією видів і підвидів термічної і комбінованої обробок, принципів легування і основ створення різних груп легованих сталей і сплавів та їх класифікацій, необхідних для забезпечення галузей промисловості України високоякісними металовиробами, теоретичних основ фазових та структурних перетворень, механізмів та кінетика дифузійного, бейнітного та мартенситного перетворення переохолодженого аустеніту залізобуглецевих сплавів, легованих різними елементами та особливостей процесів структуроутворення при різних видах термічної (комбінованої) обробок, морфологічних особливості структурних складових легованих сталей та чавунів та їх вплив на властивості виробів, терміни, основні поняття й визначення.

Структура дисципліни викладається у наступній послідовності:

-основні положення теорії і практики термічної або комбінованих обробок вуглецевих сталей, основні механізми зміцнення сталей та сплавів (тобто: легування, деформаційне, зернограничне, дисперсійне та фазове перетворення аустеніту при термічній або комбінованій обробках);

– класифікація легуючих елементів і сталей (за різними ознаками); маркування легованих сталей і сплавів;

– принципи легування різних груп сталей для одержання заданого комплексу властивостей;

– особливості фазових і структурних перетворень у легованих і спеціальних сталях і сплавах у процесі обробки їх за різними видами термічної і комбінованих обробок; вплив легуючих елементів на фазові перетворення при нагріві і охолодженні сталей; прогартованість сталей, види гартівних середовищ та їх особливості;

– вплив легування на структурні перетворення і властивості при відпусканні термічно зміцнених легованих сталей і сплавів; особливості структуроутворення у легованих сталях та сплавах при старінні сталей і сплавів, які були загартовані без поліморфного перетворення, їх вплив на властивості сплавів;

-основні відмінності режимів термічної та комбінованих обробок легованих сталей і сплавів від аналогічних для вуглецевих сталей; загартованість та прогартованість металів і сплавів, вплив легуючих елементів на ці процеси;

– використання впливу легуючих елементів на властивості сталей і сплавів у практиці термічної обробки металовиробів.

5.6 Програма навчальної дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» для спеціальності 132 «Матеріалознавство» та розподіл навчальних годин (денна форма навчання).

Розподіл навчальних годин і форми контролю

Усього навчальних годин за навчальним планом	90
У тому числі:	
Аудиторні заняття	40
З них:	
Лекції	20
Лабораторні роботи	12
Практичні заняття	8
Самостійна робота	50
Індивідуальне завдання	захист
Семестровий контроль	Контрольна робота
Підсумковий контроль	Іспит

Структура дисципліни (1X-X чверті)

Модуль	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин	Шифр змістового модуля	Вид підсумкового контролю
1	2	3	4	5
1	Модуль 1. Загальні положення термічної обробки металів			
	Лекції	10	ПФ.Д.03. ЗР.Ц.04.01 ПФ.Д.03. ЗР.О.04.03	Контрольна робота (тестування)
	Предмет дисципліни та її структура. Знання і вміння, котрі будуть придбані при вивченні дисципліни. Терміни та визначення, діаграми стану залізо-вуглецевих сплавів, які використовуються у технічній літературі, присвяченій металознавству та термічній обробці металів і сплавів. Теоретичні основи фазових та структурних перетворень у металах і сплавах. Вплив легуючих елементів на фазові і структурні перетворення. Діаграми «залізо-вуглець-легуючий елемент», карбідні фази в легованих сталях. Класифікації легуючих елементів та легованих сталей (по ступеню розчинності у залізі; по впливу на положення критичних точок; по структурі після охолодження на повітрі; по відношенню до вуглецю та створенню карбідів, інтерметалідів та ін. часток вторинної фази; по складу; по призначенню). Практична класифікація видів термічної та комбінованих структурних обробок металовиробів, їх особливості при використанні для виробів з легованих сталей. Перлітне перетворення аустеніту у вуглецевих і легованих сталях.	6		
	Відпалі I і II роду для вуглецевих і легованих сталей та спеціальних сплавів	4		
	Лабораторні роботи	4		
	Практичні заняття – Особливості кінетики перетворення переохолодженого аустеніту легованих сталей, діаграми ізотермічного і термокінетичного перетворення аустеніту у сталях різного рівня легованості. Вторинні фази (спеціальні карбіди, карбонітриди та інш.), які виділяються при відпуску (старінні) загартованих легованих сталей, особливості процесів структуроутворення при нагріві загартованих легованих сталей (у порівнянні з вуглецевими сталями).	2		
	Самостійна робота	16		
	Підготовка до аудиторних занять	6		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	6		
	Підготовка та складання підсумкового контролю	4		
Усього	30			
2	Модуль 2. Перетворення аустеніту при нагріві та охолодженні легованих сталей			
	Лекції	6	ПФ.Д.03 ЗР.О.04.03	Контрольна робота (тестування)
	Відпалі II роду для вуглецевих і легованих сталей та спеціальних сплавів	3		
Бейнітні і мартенситні перетворення у легованих сталях та спеціальних сплавах. Особливості фазових та структурних перетворень у сталях з різною концентрацією хрому (на прикладі сталей 7X3, 7X8, 7X18 та 300X14Ф3 і 300X20Ф3) у процесі гартування та відпуску;	3			

	Лабораторні роботи	4		
	Практичні заняття: Особливості термічної обробки мартенситно-старіючих сталей (МСС) і сталей з пластичністю, наведеною перетворенням аустеніту (ПНП-сталі). Особливості термічної обробки виробів з легованих сталей та спеціальних сплавів (на прикладі труб для різних галузей промисловості)	2		
	Самостійна робота	2		
	Самостійна робота	16		
	Підготовка до аудиторних занять	6		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	6		
	Підготовка та складання підсумкового контролю	4		
	Усього	30		
3	Модуль 3. Структурування при відпуску (старінні) легованих загартованих сталей			
	Лекції	4	ПР.О.02.0	Сдача індивідуального завдання Екзамен
	Комплексні термічні обробки легованих сталей та спеціальних сплавів	2	2	
	Відпуск і старіння легованих сталей та спеціальних сплавів після загартування	2	ЗР.О.04.0	
	Практичні задачі: -Охолоджуючі середовища і способи термічної (комбінованої) обробки металовиробів з легованих сталей і сплавів (на прикладі інструменту холодного деформування) -Особливості термічної та комбінованих обробок легованих сталей та спеціальних сталей на прикладі інструменту гарячого деформування	2	3	
	Лабораторні роботи	2		
	Самостійна робота	20		
	Підготовка до аудиторних занять	3		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	3		
	Виконання індивідуального завдання	12		
	Підготовка та складання підсумкового контролю	2		
	Усього	30		
	Усього	90		

5.7 Форми контролю та оцінювання отриманих знань по дисципліні «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів»

Модульний контроль здійснюється:

-для студентів очної форми навчання – по модулям № 1...3 у вигляді відповідей на тести (кожний тест з 8...10 питань), виконання індивідуального завдання (обґрунтування режимів термічної або комбінованої обробки металовиробів з легованих сталей та спеціальних сплавів) та після відпрацювання практичних (лабораторних) занять;

-для студентів дистанційної форми навчання у вигляді відповідей на тести (кожний тест з 8...10 питань), виконання індивідуального завдання (обґрунтування режимів термічної або комбінованої обробки металовиробів з легованих сталей та спеціальних сплавів) та після відпрацювання практичних (лабораторних) занять;

Ознайомитися з переліком тем індивідуального завдання і методикою його виконання (у лектора) та з питаннями для поточного контролю знань можливо при вивченні методички «Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Леговані сталі і спеціальні сплави та їх термічна обробка» для студентів спеціальності 7(8).05040305 – термічна обробка металів/Укл. В.С.Чмельова.– Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 53 с.

На кафедрі матеріалознавства та термічної обробки металів є електронні адреси (E-mail: kaf.tom@metal.nmetau.edu.ua) на які можливо відправити запитання та отримати відповідь про деталі завдання, рекомендовану літературу, або про додаткові пункти завдання, або отримати консультацію.

У якості прикладу наведені питання, які надаються студентам у індивідуальних завданнях з дисципліни «Термічна обробка легованих сталей та спеціальних сплавів» (в заданні можуть бути 3-4 питання):

1.Накреслити діаграму метастабільного стану Fe-C та вказати температури і концентрації C для основних точок діаграми та структурний стан для кожної області діаграми. Накреслити діаграму «залізо-хром» (при різних концентраціях хрому) та пояснити відмінності цих діаграм стану.

2. Надати характеристики наведеним діаграмам перетворення аустеніту в вуглецевої та легованої сталі (визначити їх вид – термокінетична чи ізотермічна), визначити вплив легуючих елементів на кінетику перетворення аустеніту при переохолодженні (наприклад, для сталей 40-рис.113 і 38Х2Н2М -рис.448 [12]) та надати визначення кожній з перерахованих структурних складових залізо-вуглецевого сплаву: аустеніт, полідрічний (рівноважний) ферит, цементит, перліт, сорбіт, тростит, бейніт верхній, бейніт нижній, мартенсит, ледебурит).

3. Вказати основні процеси, які протікають у доєвтектоїдній вуглецевій сталі у процесі її нагрівання до температури нижче критичної точки A_{C1} і порівняти їх з процесами в аналогічній за концентрацією вуглецю легованій сталі (наприклад, у сталях 20 і 20Х13, використовуючи діаграми перетворення аустеніту [12]);

4. Надати визначення терміну «поліморфізм» та назвати процеси, які проходять в доєвтектоїдній вуглецевій і заєвтектоїдній легованій сталі (Ст. 40 і 40Х13) при нагріванні до температури вище критичних точок A_{11} і A_3 та при переохолодженні. Порівняти ТКД сталей 40 і 40Х13, температури критичних точок, використовуючі [12,13]);

5. Надати пояснення на питання, у чому відмінність спадково дрібнозернистої вуглецевої сталі від спадково крупнозернистої і як впливають легуючі (карбідоутворюючі) елементи на ріст зерна аустеніту при нагріві легованої сталі.

6. Надати визначення відпалу 1 роду (гомогенізаційному) для зливку (або поковк) та накреслити у координатах «температура-час» графік цієї термічної обробки для низьколегованої і легованої сталі (наприклад, порівняти хімічний склад та режими відпалу для сталей 5ХНМ та 5ХЗВЗМФС (ДИ23), використовуючі [12,13]);

7. Надати визначення процесам структуроутворення в аустеніті, які проходять в низьковуглецевих сталях після їх гарячої деформації (при умовах, що температура кінця деформації вище критичної точки A_{C3}) та подальшого їх охолодження на повітрі (тобто як в умовах нормалізаційної прокатки, наприклад листового прокату зі сталі 09Г2С) та порівняти процес структуроутворення в аналогічних умовах для легованої карбідоутворюючими елементами (наприклад, ванадієм, ніобієм) сталі 09Г2ФБ в умовах контрольованої (регламентованої) прокатки і вказати відмінності режимів та властивостей сталей після цих видів ТМО.

8. Накреслити графік режиму загартування (нагрів, витримка, гартування) інструментальних виробів (на прикладі свердла діаметром 12мм) з вуглецевої сталі (У10) та легованої сталі (Р6М5) та надати пояснення у різниці цих процесів (у т.ч. і процесів структуроутворення при нагріванні і охолодженні, використовуючі [12,13]);

9. Накреслити графік режиму відпуску для загартованих виробів (на прикладі свердла діаметром 12мм) з вуглецевої сталі (У10) та легованої сталі (Р6М5) та надати пояснення у різниці температурно-часових параметрів відпуску і процесів структуроутворення при відпуску цих сталей, використовуючі [12,13]);

10. Надати інформацію про процеси структуроутворення, які проходять в поковках (або заготовках) з аустенітної сталі при нагріванні, термомеханічній обробці та надати пояснення про необхідність прискореного охолодження (гартування) виробів з цієї сталі після закінчення гарячого деформування (на прикладі сталі аустенітного класу 08Х18Н10Т (0Х18Н10Т, СІ 914), використовуючі [12]).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 1999. – 408 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. 5-е изд., М.: Металлургия, 1977.-647с
3. Машиностроение. Энциклопедия/ Ред. совет К.В.Фролов и др. Стали. Чугуны. Т.П-2. Под общ. ред. О.А.Баных /Г.Г.Мухин, А.И. Беляков, Н.М. Александров и др. – М.: Машиностроение. 2001. – 784 с.
4. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна. Справочник. В 3-х томах. \А.В. Супов, В.П. Канев, П.Д. Одесский и др. Под ред. А.Г. Рахштадта и др., Т.3 Термическая и термомеханическая обработка стали и чугуна.– М.: Интермет Инжиниринг, 2007.-920с ISBN 978-5-89594-141-6
5. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. 4-е изд. М.: Металлургия, 1975.-584с.
6. Околович Г. А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов: Монография / Г. А. Околович; Алтайский гос-й техн/ ун-т им. И. И. Ползунова. Изд. 2-е, перераб, дополн. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010, -202 с.
7. Гуляев А.П. Инструментальные стали. Справочник. Изд 2-е. М.; Машиностроение, 1975.-270с.

8. Гудремон Э. Специальные стали. Пер. с немецкого. Под ред. А.С. Займовского и др. 2-е изд. перераб. – М.: Металлургия, 1966. – 736 с.
 9. Меськин В.С. Основы легирования стали.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1964.– 684 с
 10. Пикеринг Ф.Б. Физическое металловедение и разработка сталей. Пер. с англ. А.П. Башенко, под ред. Г.В. Щербединского. М.: Металлургия, 1982.-184с
 11. Большаков В.И., Панченко С.А., Дергач Т.А. Научные и технологические методы повышения коррозионной стойкости труб из дуплексных сталей. Днепропетровск. ПГАСиА.Литограф. 2016. -135с
 12. Попова Л.Е., Попов А.А. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана. Справочник термиста. 3-е изд. М.; Металлургия,1991.-503с
 - 13.Марочник сталей и сплавов/ М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко и др. Под общ. ред. А.С. Зубченко. -М.; Машиностроение. 2001.- 672с
 - 14.Справочник по машиностроительным материалам.В 4-х томах. Т.3 Чугун. Под ред.Г.И. Погодина-Алексеева. М; Машгиз. 1959.-359с
 - 15.Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. /Борисенко Г.В, Васильев Л.А и др. –М.: Металлургия, 1981.– 424 с.
 16. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. /Кидин И.Н., Андрущечкин В.И и др. –М.: Металлургия, 1978.– 320с
 17. Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активированных средах. –М.: Металлургия, 1979.– 224 с.
 18. Лахтин Ю.М, Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. –М: Металлургия,1985.– 256 с.
- ^X- *електроний варіант є на сайті кафедри МТОМ, а також у комп'ютерному класі кафедри)*

ДОДАТКОВА рекомендована література:

1. Стандарт вищої освіти бакалавра за спеціальністю 132 Матеріалознавство галузі знань 13 Механічна інженерія затверджено та введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України від 27.12.2018 року, № 1460. МОНУ, Київ, 2018
2. Дейнеко Л.Н. «РОБОЧА ПРОГРАМА. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (*частина 1 –терміни, визначення, закони термодинаміки*). Розробник: Л. М. Дейнеко, д-р техн. наук, проф., НМетАУ, 2019. - 90с^X
3. Дейнеко Л.Н. «РОБОЧА ПРОГРАМА. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (*частина 2 –методику іспитів, дефекти металу, відпали І і II роду*) / Розробники. Дейнеко Л.М., Перчун Г.І., Бабаченко А.І., Борисенко А.Ю. - Дніпро: НМетАУ, 2019.- с.106
- 4.Дейнеко Л.М. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (частина 4 – гартування з поліморфним перетворенням) \ Склав: Л. М. Дейнеко, д-р техн. наук, проф., Дніпро, НМетАУ, 2018.- с.87^X
5. Дейнеко Л.М. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (частина 5 – охолоджуючі середовища, методика виконання індивідуальних завдань) \ Склали: Л. М. Дейнеко, Ю.О. Ключник та інш., Дніпро, НМетАУ, 2017.- с.50^X
6. Дейнеко Л.М. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (частина 6 – відпуск, відпускна крихкість, старіння сплавів) \ Склали: Л. М. Дейнеко, О.Є. Чуніхіна, Дніпро, НМетАУ, 2019.- с.58
7. Дейнеко Л.М. Методичний посібник для студентів, що вивчають дисципліну «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» (частина 8 – Деформація виробів при термічній обробці та методи її запобігання) \ Склав: Л. М. Дейнеко, Дніпро, НМетАУ, 2019.- с.53^X
8. Методичні вказівки, теоретичні та довідникові дані для виконання індивідуальних робіт з термічної обробки чавунів по дисципліні «Основи теорії і практики термічної обробки матеріалів» для студентів усіх спеціальностей. / Склали: Меньяло О.В., д.т.н., Л.М. Дейнеко, д. т. н., проф., УДУНТ Дніпро. 2022.- с.77^X
9. Дейнеко Л.М. Робоча програма. Методичні вказівки до вивчення дисциплін : «Конструкції технологічних агрегатів» та «Технологічні особливості процесів термічної обробки металів» Частина 1./ Склали: Л. М. Дейнеко, І.Є. Долженков, Дніпро, НМетАУ, 2019.- с.88^X

Силабус підготував

д.т.н., проф. Дейнеко Л.М.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри матеріалознавства та термічної обробки металів НН ШБТ УДУНТ, протокол № 2 від 06. 09. 2022р

Зав. каф. МТОМ, д.т.н., проф.

Леонід ДЕЙНЕКО.