

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

А.В. Глушко

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Харків

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

А.В. Глушко

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Затверджено
Редакційно-видавничою
Радою НТУ «ХПІ»
Протокол №1 від 25.02.2021

Харків
НТУ «ХПІ»
2021

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія конструкційних матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / уклад. А.В. Глушко. – Х. : НТУ «ХП», 2021. – 20 с.

Рецензент В.В. Дмитрик, д.т.н. професор кафедри Зварювання НТУ «ХП»

ВСТУП

Технологія конструкційних матеріалів є загальнотехнічною дисципліною, з урахуванням якої будується технологічна підготовка інженерів. Це комплексна наука про технології отримання, переробки та обробки конструкційних матеріалів.

Мета викладання дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів» – дати знання про будову, фізичні, механічні, хімічні та технологічні властивості конструкційних металів і сплавів, закономірності їх зміни під впливом різних зовнішніх факторів.

При вивченні дисципліни забезпечується фундаментальна підготовка студентів у галузі конструкційних матеріалів, відбувається знайомство зі структурними перетвореннями металів та сплавів на стадіях виробничого циклу.

Завданням дисципліни є- вивчення технологій, методів обробки конструкційних матеріалів.

Завдання

Класифікація, маркування та призначення машинобудівних та конструкційних матеріалів

Мета роботи: вивчення класифікації конструкційних матеріалів, визначення їх марок та сфери застосування.

1. Класифікація та маркування чорних металів та сплавів.

Представниками чорних металів та сплавів є сплави заліза та вуглецю: сталі та чавуни. Сталями називають сплави із вмістом вуглецю до 2,14%, а чавунами називають сплави із вмістом вуглецю від 2,14% до 6,67%. Крім основних компонентів (залізо та вуглець) до складу сталей та чавунів входять домішки: марганець, кремній, сірка та фосфор. А також сплави можуть містити спеціально введені елементи, які служать для покращення фізико-хімічних та механічних властивостей. Такі елементи називають легуючими.

1.1. Класифікація та маркування сталей.

Сталі класифікують за хімічним складом, призначенням, ступенем розкислення та якістю.

За хімічним складом розрізняють вуглецеві та леговані (ДСТУ EN 10020:2007. Сталі. Визначення й класифікація (EN 10020:2000, IDT)) сталі.

Вуглецеві сталі можуть бути:

низьковуглецеві, вміст вуглецю менше 0,25%;

середньовуглецеві, вміст вуглецю 0,25-0,60%;

високowуглецеві, вміст вуглецю понад 0,60%.

Леговані сталі поділяють на:

низьколеговані, вміст легуючих елементів до 2,5%;

середньолеговані, до складу входять від 2,5 до 10% легуючих елементів;

високолеговані, що містять понад 10% легуючих елементів.

За призначенням сталі бувають:

конструкційні, (виготовлення будівельних та машинобудівних виробів);
інструментальні, (різальний, міряльний, штамповий та інші інструменти).

з особливими фізичними властивостями (з певними магнітними характеристиками чи малим коефіцієнтом лінійного розширення: електротехнічна сталь, суперінвар);

з особливими хімічними властивостями (нержавіючі, жаростійкі, жароміцні, кислотостійкі сталі).

За ступенем розкислення сталі класифікують на спокійні, киплячі та напівспокійні.

Розкислення - це процес видалення з рідкого металу кисню, що проводиться для запобігання крихкому руйнуванню сталі при гарячій деформації.

Спокійні сталі – це повністю розкислені; такі сталі позначаються літерами "сп" наприкінці марки (іноді літери опускаються).

Киплячі сталі – слабо розкислені; маркуються літерами "кп".

Напівспокійні сталі, займають проміжне положення між двома попередніми; позначаються літерами "пс".

За якістю сталі поділяють залежно від вмісту шкідливих домішок: сірки та фосфору. Бувають:

сталі звичайної якості, вміст до 0.06% сірки та до 0,07% фосфору;

якісні - до 0,035% сірки та фосфору, кожної окремої;

високоякісні - до 0.025% сірки та фосфору;

особливо високоякісні, до 0,025% фосфору та до 0,015% сірки.

Сталь звичайної якості підрозділяється на поставки на 3 групи:

сталь групи «А» поставляється споживачам за механічними властивостями (така сталь може мати підвищений вміст сірки чи фосфору);

сталь групи «Б» - за хімічним складом;

сталь групи «В» - з гарантованими механічними властивостями та хімічним складом.

Сталь кожної групи ділиться на категорії, залежно від показників, що нормуються (межа міцності σ_B , відносне подовження $\delta\%$, межа плинності σ_T). Категорії позначаються арабськими цифрами.

Сталі звичайної якості позначають літерами "Ст" та умовним номером марки (від 0 до 6) залежно від хімічного складу та механічних властивостей. Чим вище вміст вуглецю і властивості міцності сталі, тим більше її номер. Літера "Г" після номера марки вказує на підвищений вміст марганцю у сталі. Перед маркою вказують групу сталі, причому група "А" у позначенні марки сталі не ставиться. Для вказівки категорії сталі наприкінці позначення марки додають номер, який відповідає категорії (першу категорію зазвичай не вказують).

Наприклад:

БСт0 - вуглецева сталь звичайної якості, номер марки 0, групи "Б", першої категорії (сталі марок Ст0 і Бст0 за ступенем розкислення не поділяють);

Ст3кп2 - вуглецева сталь звичайної якості, кипляча, номер марки 3, другої категорії, що поставляється споживачам за механічними властивостями (група «А»);

ВСт4Г - вуглецева сталь звичайної якості з підвищеним вмістом марганцю, спокійна, номер марки 4, першої категорії з гарантованими механічними властивостями та хімічним складом (група «В»).

Якісні вуглецеві сталі маркують таким чином:

на початку марки вказують вміст вуглецю в сотих частках відсотка (цифра відповідає його середньої концентрації) для сталей конструкційних:

10кп - сталь вуглецева якісна, кипляча, містить 0,1% вуглецю;

80 - вуглецева сталь якісна, спокійна, містить 0,8% вуглецю;

у десятих частках відсотка для інструментальних сталей, які додатково постачаються буквою "У",:

У7 - вуглецева інструментальна, якісна сталь, що містить 0,7% вуглецю, спокійна (всі інструментальні сталі добре розкислені);

У10 - вуглецева інструментальна, якісна сталь, спокійна містить 1,0% вуглецю;

В основу маркування якісних легованих сталей покладено буквено-цифрову систему.

Легують елементи, що входять до складу сталі, позначають літерами:

А – азот	К – кобальт	Т – титан
Б - ніобій	М – молібден	Ф-ванадій
В – вольфрам	Н - нікель	Х - хром
Г – марганець	П – фосфор	Ц – цирконій
Д – мідь	Р – бір	Ч – рідкісноземельні метали
Е – селен	С – кремній	Ю – алюміній

Кількість вуглецю, як і за позначення вуглецевих сталей вказується в сотих частках відсотка цифрою, що стоїть на початку позначення; кількість легуючого елемента вказується цифрою після відповідного індексу. Відсутність цифри після індексу елемента вказує на те, що його вміст 0,8-1,5%,

за винятком молібдену та ванадію (зміст яких у солях зазвичай до 0,2-0,3%), а також бору (у сталі з літерою Р його має бути не менше ніж 0,0010%).

Наприклад:

09Г2С – якісна низьколегована сталь, спокійна, містить приблизно 0,09% вуглецю, до 2,0% марганцю та близько 1,5% кремнію;

18ХЗН4М4 – якісна високолегована сталь, спокійна містить 0,18% вуглецю, 3,0% хрому, 4,0% нікелю, 4,0% молібдену.

Високоякісні та особливо високоякісні сталі маркують, так само як і якісні, але в кінці марки високоякісної сталі ставлять літеру «А», (ця літера в середині марочного позначення вказує на наявність азоту, спеціально введеного в сталь), а після марки особливо високоякісної – через тире літеру "Ш".

Наприклад:

12ХНА – високоякісна вуглецева сталь, що містить 0,12% вуглецю, хрому та нікелю в середньому 0,8-1,5% кожного окремо;

У8А - високоякісна вуглецева інструментальна сталь, з вмістом вуглецю 0,8%;

30ХГС-Ш – особливо високоякісна середньолегована сталь, що містить 0,30% вуглецю, хрому, марганцю та кремнію від 0,8 до 1,5% кожного окремо.

Спеціальні методи отримання високолегованих сталей позначають відповідними літерами, що проставляються через тире в кінці марки: ВД – вакуумно-дуговий переплав, Ш – електрошлаковий переплав, СШ – обробка синтетичним шлаком та ін.

Окремі групи сталей із спеціальними властивостями позначають дещо інакше.

Шарикопідшипникові сталі маркують літерами "ШХ", після яких вказують вміст хрому в десятих відсотках:

ШХ6 - шарикопідшипникова сталь, що містить 0,6% хрому;

ШХ15ГС - шарикопідшипникова сталь, що містить 1,5% хрому та від 0,8 до 1,5% марганцю та кремнію.

Швидкорізальні сталі (складнолеговані) позначають буквою "Р", наступна за нею цифра вказує на відсотковий вміст у ній вольфраму:

Р18-швидкорізальна сталь, що містить 18,0% вольфраму;

Р6М5К5-швидкорізальна сталь, що містить 6,0% вольфраму 5,0% молібдену 5,0% кобальту.

Автоматні сталі позначають буквою "А" і цифрою, що вказує на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка:

А12 - автоматна сталь, що містить 0,12% вуглецю (всі автоматні сталі мають підвищений вміст сірки та фосфору);

А40Г - автоматна сталь з 0,40% вуглецю та підвищеним до 1,5% вмістом марганцю.

Ливарні сталі мають наприкінці маркування літеру «Л»:

30Л – якісна ливарна середньовуглецева сталь, спокійна, що містить 0,30% вуглецю.

1.2. Класифікація та маркування чавунів.

Залежно від стану вуглецю в чавуні, розрізняють: білі, сірі, високоміцні, ковкі чавуни та чавуни з вермікулярним графітом.

Білими називають чавуни, у яких весь вуглець перебуває у зв'язаному стані як цементиту (карбід заліза).

В інших видах чавунів (сірі, високоміцні, ковкі, з вермікулярним графітом) вуглець значною мірою або повністю перебуває у вільному стані у вигляді графіту.

У сірих чавунах – у пластинчастій чи червоподібній формі; у високоміцних – у кулястої формі, у ковких – у пластівчій формі. Чавуни з вермікулярним графітом мають дві форми графіту - кулясту (до 40%) і вермікулярну (у вигляді дрібних тонких прожилок).

Чавуни маркують двома літерами, що позначають різновид чавуну, і двома цифрами, що відповідають мінімальному значенню тимчасового опору при розтягуванні в МПа·10⁻¹. Сірий чавун позначають літерами "СЧ", високоміцний - "ВЧ", ковкий - "КЧ", чавун з вермікулярним графітом - ПВГ:

СЧ 10 - сірий чавун з межею міцності при розтягуванні 100 МПа;

ВЧ 70 - міцний чавун з межею міцності при розтягуванні 700 МПа;

КЧ 35 - ковкий чавун з межею міцності при розтягуванні 350 МПа;

ЧВГ 40 - чавун з вермікулярним графітом з межею міцності при розтягуванні 400 МПа.

Розрізняють ще чавуни з особливими властивостями:

антифрикційні чавуни – позначаються першими літерами АЧ та порядковим номером, наприклад,

АЧС-1 – антифрикційний сірий чавун із порядковим номером марки 1;

АЧВ-2 – антифрикційний високоміцний чавун із порядковим номером марки 2;

АЧК-2 – антифрикційний ковкий чавун із порядковим номером марки 2;

жаростійкі чавуни – позначаються літерами ЖЧ, після яких іде буквене позначення легуючих елементів (Н – нікель, Д – мідь та ін., аналогічно позначення легуючих елементів у сталі) та цифри, що вказують концентрацію елементів у %%; наприклад,

ЖЧХ-2,5 – жаростійкий чавун хромистий із вмістом хрому 2,5%;

ЖНС-5,5 – жаростійкий чавун, легований кремнієм із вмістом 5,5%;

2. Класифікація та маркування кольорових металів та сплавів.

2.1. Алюміній та алюмінієві сплави.

Алюміній – метал сріблясто-білого кольору в зламі, легкий (має малу щільність 2,7 г/см³), має високі тепло- та електропровідність, стійкий до корозії, пластичний, добре обробляється методами пластичного

деформування, добре зварюється всіма видами зварювання, погано піддається обробці різанням (мала міцність).

Залежно від ступеня чистоти алюміній буває особливою (А999), високою (А995, А95) та технічною чистотою (А85, А7Е, АТ та ін.).

Алюміній маркують буквою «А» та цифрами, що позначають частки відсотка понад 99,0% алюмінію. Літера "Е" позначає підвищений вміст заліза та знижений кремній.

Приклади:

А999 - алюміній особливої чистоти, в якому міститься щонайменше 99,999% алюмінію;

А5 – алюміній технічної чистоти, в якому 99,5% алюмінію. Алюмінієві сплави поділяють на деформовані та ливарні. Ті та інші можуть бути не зміцнювані та зміцнювані термічною обробкою.

Деформовані алюмінієві сплави добре обробляються прокаткою, куванням, штампуванням. До деформованих алюмінієвих сплавів, що не зміцнюються термообробкою, відносяться сплави системи алюміній-марганець (Al - Mn) і алюміній-магній (Al - Mg): А Мц; АМг1; АМг4,5; АМг6. Аббревіатура включає початкові літери, що входять до складу сплаву компонентів, і цифри, що вказують зміст легуючого елемента у відсотках.

До деформованих алюмінієвих сплавів, що зміцнюються термічною обробкою, відносяться сплави системи Al - Cu - Mg з добавками деяких елементів (дуралюміни, кувальні сплави), а також високоміцні та жароміцні сплави складного хімічного складу. Дуралюміни маркуються літерою "Д" та порядковим номером, наприклад: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистий алюміній, що деформується, позначається літерами "АТ" і умовним позначенням ступеня його чистоти: АДОч (не менше 99,98% Al), АДООО (не менше 99,80% Al), АДО (99,5% Al), АД1 (99,30% Al), АТ (не менше 98,80% Al).

Ливарні алюмінієві сплави мають гарну рідину, має порівняно не велику усадку і призначені в основному для фасонного лиття. Ці метали маркуються літерами " АЛ " з наступним порядковим номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛ30.

Іноді маркують за складом: АК7М2; АК21М2, 5Н2, 5; АК4МЦ6. У цьому випадку "М" означає мідь. "К" - кремній, "Ц" - цинк, "Н" - нікель; цифра – середнє % зміст елемента.

З алюмінієвих антифрикційних сплавів виготовляють підшипники та вкладиші як литтям, так і обробкою тиском. Такі сплави маркують літерою "А" і початковими літерами елементів, що входять в них: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. У перші два сплави входять у вказану кількість олова та міді (перша цифра-олово, друга-мідь у %), у третій – 2,7-3,3% Ni та у четвертий – мідь сурма та телур.

2.2. Мідь та мідні сплави.

Мідь – метал червоного, у зламі рожевого кольору, важкий (має щільність $8,94 \text{ г/см}^3$), має високу пластичність і корозійну стійкість, малий питомий електроопір і високу теплопровідність.

Залежно від чистоти мідь поділяють на марки: МВЧк (99,993% Cu + Ag), МГО (99,99% Cu + Ag), МО (99,95% Cu + Ag), МІ (99,9% Cu + Ag), М2 (99,7% Cu + Ag),

Після позначення марки вказують спосіб виготовлення міді: до - катодна, б - безкиснева, р - розкислена. Мідь вогневого рафінування не позначається:

МООк - технічно чиста катодна мідь, що містить не менше 99,99% міді та срібла.

М3 – технічно чиста мідь вогневого рафінування, містить не менше 99,5% міді та срібла.

Розрізняють дві основні групи мідних сплавів:

Бронзи - це сплави міді з оловом (4-33% Sn , хоча бувають без олов'яні бронзи), свинцем (до 30% Pb), алюмінієм (5-11% Al), кремнієм (4-5% Si), сурмою та фосфором;

латуні - сплави міді з цинком (до 50% Zn) та невеликими добавками алюмінію, кремнію, свинцю, нікелю, марганцю.

Мідні сплави, призначені виготовлення деталей методами лиття, називають ливарними , а сплави, призначені виготовлення деталей пластичним деформуванням - сплавами, оброблюваними тиском .

Прийнято наступне маркування мідних сплавів. Сплави позначають літерами «Бр» (бронза) або «Л» (латунь), після чого слідують перші літери назв основних елементів, що утворюють сплав, і цифри, що вказують кількість елемента у відсотках. Прийнято такі позначення компонентів сплавів:

А – алюміній	Мц - марганець	Су – сурма
Б - берилій	Мш - миш'як	Т – титан
Ж - залізо	Н - нікель	Ф – фосфор
К – кремній	О – олово	Х - хром
Кд - кадмій	С - свинець	Ц – цинк
Мг – магній	Ср - срібло	

Приклади:

БрА9Мц2Л – бронза ливарна, що містить 9% алюмінію, 2% марганцю, інше мідь ("Л" наприкінці марки показує, що сплав ливарний);

ЛЦ30А - латунь, що містить 30% цинку, ~ 1 % алюмінію, решта міді;

Бр0Ф8,0-0,3 - бронза, поряд з міддю містить 8% олова і 0,3% фосфору;

Ламш77-2-0,05 - латунь, що містить 77% міді, 2% алюмінію, 0,05% миш'яку, інше цинк (в позначенні латуні, призначеної для обробки тиском, перше число вказує на вміст міді).

У нескладних за складом латунях вказують лише вміст у сплаві міді:

Л96 – латунь, що містить 96% міді та 4% цинку (томпак);

Л63 – латунь, що містить 63% міді та 37% цинку.

2.3. Титан та його сплави.

Титан – метал сірого кольору, тугоплавкий, із невисокою щільністю ($4,505 \text{ г/см}^3$). Питома міцність титану вища, ніж у багатьох легованих конструкційних сталей, тому при заміні сталей титановими сплавами можна за рівної міцності зменшити масу деталі на 40%. Титан добре обробляється тиском, зварюється, з нього можна виготовити складні виливки, але обробка різанням скрутна. Для одержання сплавів з покращеними властивостями його легують алюмінієм, хромом, молібденем.

Титан та його сплави маркують літерами "ВТ" та порядковим номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14.

П'ять титанових сплавів позначені інакше: ОТ4-0, ОТ4, ОТ4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

2.4. Магній та його сплави.

Магній – метал світло-сірого кольору. Серед промислових металів магній має найменшу щільність ($1,74 \text{ г/см}^3$). Магній та його сплави нестійкі проти корозії, у разі підвищення температури магній інтенсивно окислюється і навіть самозаймається. Він має малу міцність і пластичність, тому як конструкційний матеріал чистий магній не використовується. Для підвищення хіміко-механічних властивостей магнієві сплави вводять алюміній, цинк, марганець та інші легуючі добавки.

Магнієві сплави поділяють на деформовані та ливарні. Перші маркуються літерами "МА", другі "МЛ". Після літер вказується порядковий номер металу у відповідному ДСТУ.

Наприклад:

МА1-деформований магнієвий сплав № 1;

МЛ19-ливарний магнієвий сплав №19.

3 . Завдання .

Розшифрувати марки конструкційних матеріалів, наведені у таблиці 1 .

Таблиця 1

Марки конструкційних матеріалів
ВСтЗкп2, 08Х20Н14С2, Р9, СЧ25, АМг3, МООБ, ВТ1-00, МЛ3
11Х11Н2В2МФ, ШХ30, У11, ВЧ45, АЛ19, БрА9Мц2Л, ВТ1-0, МЛ4
25ХГСА, Р6М5Ф2К8, 50, КЧ50, А6, БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, ВІД4-0, МА1
45ХН3МФА, ШХ9, 20пс, АЧС-4, АДОВЕ, БрО4Ц7С5, ОТ4-1, МА2
10Х17Н13М2Т, А20, Ст6, АЧК-4, АЛ33, БрОФ4-0,25; ВІД-4, МЛ19
Ст5Гпс3, 25Х13Н2, 15кп, АЧВ-1, АМц, ЛС63-2, ВТ5, МЛ15
16Х11Н2ВМФ, А40Г, ШХ15, СЧ10, Д16, ЛА77-2, ВТ9, МА18
45Х22Н4М3, У13, БСт2пс2, ВЧ100, АЛ25, М2р, ВТ14, МА15
31Х19Н9М8ВТ, Р9, 45, ЧВГ45, А8, БрСу3Н3Ц3С20Ф, ВТ16, МЛ5
12Х18Н9Т, ШХ15ГС, А20, АЧС-5, АЛ21, ЛЦ40Мц3А, ВТ20, МА17
ВСт3пс, 20Х, Р12, АЧВ-2, АК4М4, ЛЖМц59-1-1, ВТ22, МЛ6

15X6CЮ, P6M5, У13А, АЧК-2, Д12, ЛС59-1, ПТ-7М, МЛ10
38X2МЮА, ВСт4пс2, 50Г, ЖЧН19Х3, А5Е, Л68, ПТ-3В, МА12
36X18Н25С2, А30, ВСт2кп6, КЧ60, АЛ2, БРАЖН10-4-4, ВТ9, МА11
40ХМФА, Р6М3Ф2, А30, ВЧ80, АК9, БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, ВТ5, МЛ8
Ст0, 30Х13, ШХ6, СЧ15, АМг6, БрА9Ж4Н4Мц1, ВТ1-0, МА21
09Х16Н4Б, БСт3Г, ШХ6, СЧ18, Д16, ЛЦ23А6Ж3Мц2, ВТ16, МЛ19
45ХН3МФ-Ш, У11, А11, ЧВГ30, АЛ23, ЛАМш77-2-0,05; ВТ5, МА18
14Г2АФ, Р6М2Ф3, ВСт5сп, СЧ24, Д18, БрОФ6,5-0,15; ВТ1-00, МА19
15Х7Н2Т-Ш, Р6М5Ф2К8, ШХ9, КЧ63, АК4М4, ЛК80-3, ВТ22, МЛ8
БСт1, 50ХГ, Р6М3Ф2, АЧС-6, АК7, БрКМц3-1, ВТ20, МЛ12
08Х18Т1, У10А, 30пс, ВЧ40, АЛ9, БрО6Ц6С3, ПТ-3В, МА2
Р12, 13Х14НВ2ФР, Ст5пс3, СЧ20, АМг2, ЛЦ38Мц2с2, ВТ3, МЛ4
У9, 07Х25Н13, ШХ15, ЖЧН15Д7, АДО, БРАЖНМц9-4-4-1, ВТ14, МА20
А11, 20Х12ВНМФ, 25пс, ВЧ80, А7, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; ВТ9, МЛ9

Список джерел інформації

1. Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І та ін. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. К.: Техніка, 2002. – с. 374.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга І. Львів. 2000.-с.264.
3. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга ІІ. Суми. Університетська книга, 2002.-с.259.
4. Технологічні процеси галузей промисловості. Навчальний посібник за ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. Київ.: КНЕУ, 2003.- с. 380.
5. Технологія металів та інших конструкційних матеріалів. За редакцією Г.О.Прейса. К.: Вища школа, 1973. – с. 512.
6. Алюмінієві сплави, що деформуються / О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько, О.М. Каспрук та ін.// Алюміній та його сплави. Київ: Національний аграрний університет, 2001.-с. 12 - 21.
7. Черепин В.Т. Экспериментальная техника в физическом металловедении. Киев: Техніка, 1968.-с. 280.
8. Вивчення фізико-механічних властивостей полімерів та пластмас / К.Г. Лопатько, О.В. Зазимко, О.М. Каспрук, А.В. Поліщук// Київ: Національний аграрний університет, 2000.-с.
9. Неметалеві конструкційні матеріали / К.Г. Лопатько, О.В. Зазимко, О.О. Котречко, О.М. Каспрук, А.В. Поліщук// Київ: Національний аграрний університет, 2000.-с. 33

Навчальне видання

А.В. Глушко

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія конструкційних матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Рецензент В.В. Дмитрик, д.т.н. професор кафедри Зварювання НТУ «ХП»

В авторській редакції.

План 2021 р., поз. 42

Підп. до друку (дата підпису проректора)_____.
Гарнітура Times New Roman.

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
