

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації
та технологій виготовлення матеріалів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ**

з курсу

***«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»***

Харків – 2021

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів 23 листопада 2020 року, протокол № 7.

Рекомендуються для бакалаврів спеціальності 273 «Залізничний транспорт».

Освітні програми: «Локомотиви та локомотивне господарство»; «Високошвидкісний рухомий склад»; «Вагони та вагонне господарство».

Укладачі:

доц. Г. Л. Комарова,
асист. Л. В. Волошина

Рецензент

проф. Е. С. Геворкян

ВСТУП

Статус держави у сучасному світі визначається двома найважливішими інтеграційними показниками: науково-технічним рівнем та здатністю до технологічного розвитку. У конкурентній боротьбі перемагає той, хто, поєднавши працю вчених і спеціалістів шляхом використання інноваційних технологій, швидко реалізує матеріальні та галузеві ресурси.

Матеріалознавство належить до основних дисциплін для машинобудівних транспортних спеціальностей. Це пов'язано з тим, що одержання, розробка нових матеріалів та способи їх обробки є основою сучасного виробництва і багато в чому визначають рівнем свого розвитку науково-технічний і економічний потенціал країни [1].

Проектування раціональних, конкурентоспроможних виробів та організація їх виробництва неможливі без достатнього рівня знань у галузі матеріалознавства.

Матеріалознавство є основою для вивчення багатьох спеціальних дисциплін. Воно підготовляє бакалавра до освоєння цих дисциплін, вивчаючи основні виробничі технології і процеси.

Сучасні напрями в розвитку матеріалознавства характеризуються накопиченням значного обсягу кількісної інформації про структуру і властивості як традиційних матеріалів, так і нових, отриманих наукою і промисловістю: органічних і неорганічних полімерних матеріалів, керамік і композиційних матеріалів на їх основі. Сучасна техніка і промисловість – це конструювання і створення матеріалів нового покоління з комплексом властивостей, що відповідають все зростаючим вимогам за фізико-хімічними, механічними, експлуатаційними та екологічними характеристиками [2].

Мета навчальної дисципліни «Матеріалознавство та технологія матеріалів» полягає у тому, щоб майбутній бакалавр у галузі транспорту був ознайомлений з можливостями сучасних технологій отримання та обробки матеріалів транспортного призначення; з фізичною суттю явищ, що відбуваються в матеріалах при дії на них різних факторів в умовах експлуатації, а також набув знань про будову і властивості основних

конструкційних матеріалів та застосування різних матеріалів на транспорті.

Тому надзвичайно важливою і корисною для бакалаврів, які вивчають цей курс, буде інформація про напрями удосконалення й утворення нових сучасних матеріалів, які використовуються на транспорті [4].

З розвитком науки і техніки перелік використовуваних матеріалів доповнюють нові матеріали з оптимальними властивостями – магнітні, теплофізичні, тугоплавкі, напівпровідникові, полімерні тощо.

Технологія матеріалів ознайомлює із закономірностями технологічних процесів, способами їх оптимізації, дає змогу орієнтуватися в основних напрямках науково-технічного прогресу.

Матеріалознавство й технологія матеріалів – одна з перших інженерних дисциплін, яку вивчають бакалаври технічних напрямів. Знання з матеріалознавства необхідні майбутньому інженеру залізничного транспорту, бо вони дають змогу оцінити придатність того чи іншого матеріалу для конкретного виробу, допомагають вирішувати проблеми забезпечення довговічності та надійності машин.

Ця дисципліна, дає бакалаврам знання, про будову і властивості основних конструкційних матеріалів, їх склад, маркування, засоби виготовлення й обробки виробів залежно від умов їх експлуатації, методи їх виробництва.

Бакалаври мають опанувати теорію та практику термічної обробки й інші способи зміцнення матеріалів, які дають високу надійність і довговічність деталям машин, інструментам та іншим засобам.

Вивчення курсу спрямоване на формування у бакалаврів комплексу знань, умінь та уявлень, які необхідні для вирішення практичних задач вибору матеріалу і необхідної обробки його для конкретної деталі транспортного засобу.

Під час вивчення дисципліни бакалаври ознайомлюються з розробкою новітніх матеріалів та методами захисту деталей і вузлів від зносу та корозії в екстремальних умовах експлуатації [5].

З огляду на складність курсу суттєва роль у поглибленому вивченні дисципліни відводиться цілеспрямованій самостійній роботі студентів.

З урахуванням пов'язаності самостійного вивчення теоретичних матеріалів з виконанням розрахункової роботи виникла необхідність у даних методичних вказівках, які містять завдання, керівні та допоміжно-довідкові матеріали для виконання розрахункової роботи.

Методичні вказівки складено відповідно до робочої програми курсу «Матеріалознавство та технологія матеріалів».

Мета розрахункової роботи: обґрунтовано й економічно доцільно обрати матеріал і методи його обробки для довговічної і надійної експлуатації деталей транспортного призначення, що підвищить безпеку руху на залізничному транспорті.

Вибір марки сталі і режимів термічної обробки та хіміко-термічної обробки для типових деталей транспортного призначення

Мета розрахункової роботи: навчити бакалавра вирішувати інженерне завдання з вибору матеріалу конкретної деталі з огляду на умови її конструктивних особливостей і експлуатації, обґрунтування раціональної технології її виготовлення і режимів термічної та хіміко-термічної обробки, що дає змогу досягти необхідний комплекс властивостей [2].

Зміст роботи

При виконанні розрахункової роботи потрібно проаналізувати умови роботи виробу, вияснити напружений стан, який виникає в ньому під час роботи, можливі види руйнувань та інші причини виходу з ладу, оскільки від цього залежить вибір матеріалу і спосіб обробки. Далі треба визначити групу сталей (наприклад конструкційні сталі загального призначення, жароміцні, ресорно-пружинні, різальні сталі та ін.), що мають властивості, близькі до потрібних.

Класифікація, склад і призначення основних марок сталей, що застосовуються у транспорті, наведені у таблиці 1.1 [3].

Обираючи марку сталі для виготовлення виробу, треба орієнтуватися на використання менш дорогих матеріалів, одночасно ці матеріали повинні мати достатньо високий рівень потрібних властивостей, щоб забезпечити тривалий строк служби деталей [1 – 2].

Раціональний вибір матеріалу дає змогу знизити матеріаломісткість виробів без збільшення їх вартості, що має велике техніко-економічне значення. Крім того, необхідно враховувати технологічні властивості матеріалу, щоб використовувати під час виготовлення деталей більш економічні технологічні процеси, що дають змогу поряд з покращенням характеристик цих виробів знизити їхню трудомісткість, собівартість і витрати матеріалів [6].

При виборі марки сталі потрібно враховувати можливість її прогартовуваності відповідно до даного перерізу.

Порядок виконання розрахункової роботи

1 Дати відповіді на два теоретичні питання з курсу дисципліни [1 – 6].

2 Для вирішення конструкційної задачі необхідно обрати марку сталі (таблиця 1) [3, 8]:

- для будь-якої деталі транспортного призначення з огляду на конструктивні особливості та умови її експлуатації;

- або різального інструменту з огляду на властивості оброблюваного матеріалу (σ_B , HB).

2.1 Вивчити й описати умови її роботи. Ознайомитися за літературними джерелами [1 – 6] та за допомогою таблиці 1 з гатунками і марками сталей, які використовуються для виготовлення обраної деталі, з декількох рекомендованих марок обрати одну й обґрунтувати її вибір [8].

2.2 Вказати хімічний склад сталі та її критичні температури A_{c1} і A_{c3} .

2.3 Призначити режим термічної обробки деталі або інструменту (таблиця 2).

2.4 Накреслити технологічну схему процесу із зазначенням режимів термообробки – у координатах – «температура – час» із заданими критичними точками A_{C1} і A_{C3} (рисунок 1).

Приклад графічного зображення режиму термічної обробки з орієнтовним розрахунком часу витримки при виконанні кожної операції наведено на рисунку 1.

3 Зробити висновок.

4 Навести список використаної літератури.

5 Оформити роботу згідно з правилами [7].

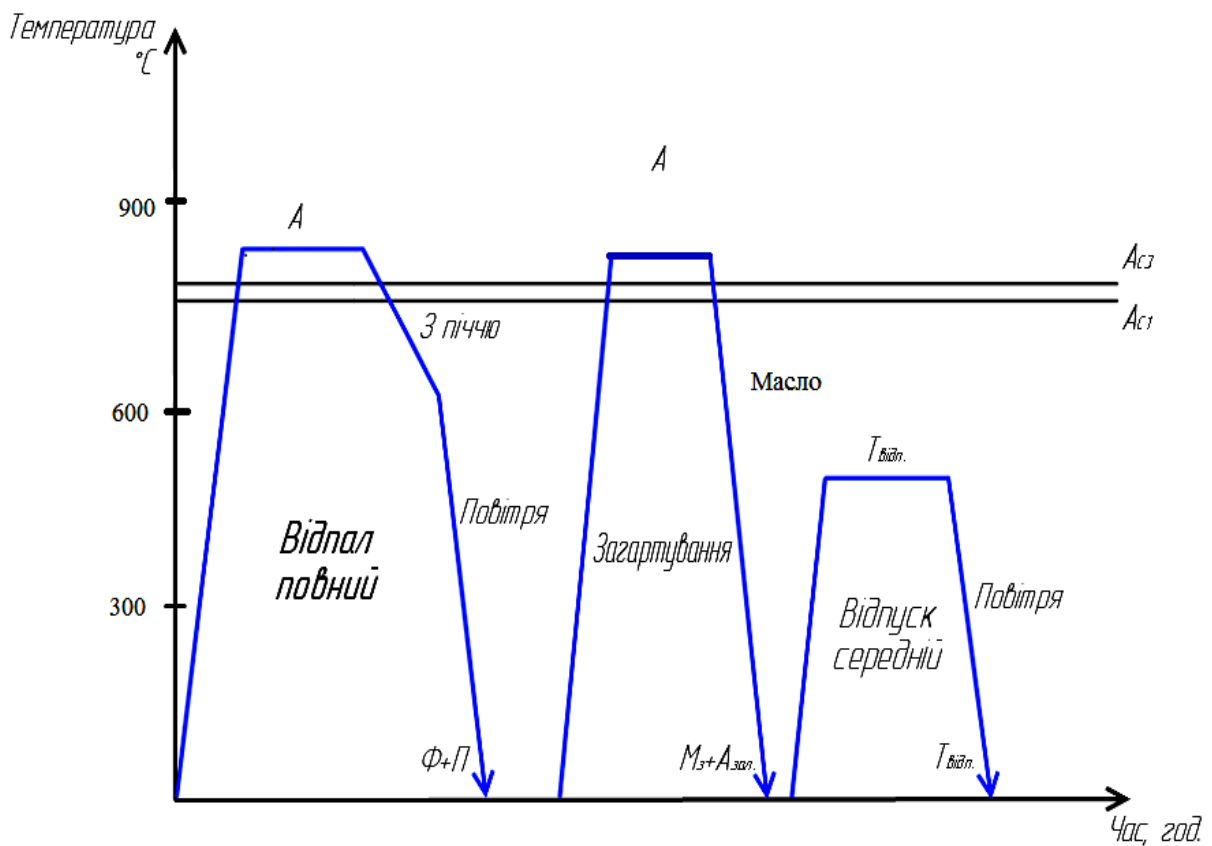


Рисунок 1 – Приклад технологічної схеми режиму термічної обробки

$$\tau \approx d \cdot 1 \text{ хв} [\text{мм/хв}],$$

де d – максимальний ефективний діаметр термооброблюваної деталі.

Таблиця 1 – Класифікація, склад і призначення основних марок сталей

Марка сталі	Хімічний склад, %						Крит. темп., °С		Призначення
	С	Mn	Si	Cr	Ni	Інші елементи			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Сталі, що зміцнюються у поверхневому шарі									
Сталі, що цементуються									
15	0,12-0,19	0,35-0,65	0,17-0,36	0,25	0,25	-	735	860	Деталі, що цементуються та ціануються, тобто такі, які не вимагають високої міцності серцевини
20	0,17-0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	0,25	0,25	-	735	860	Такі ж деталі з дещо більшою міцністю серцевини (поршневі пальці, кільця, розподільні вали, штовхачі клапанів тощо)
15Х	0,12-0,18	0,40-0,70	0,17-1,0	0,7-1,0	0,30	-	735	870	
20Х	0,17-0,23	0,50-0,80	0,17-0,37	0,7-1,0	0,30	-	765	830	
15ХФ	0,12-0,18	0,40-0,70	0,17-0,37	0,8-1,1	0,30	0,06-0,12	741	843	Такі ж деталі, але нечутливі до перегрівання при цементациї
12ХНЗА	0,09-0,16	0,3-0,6	0,17-0,37	0,6-0,9	2,75-3,15	-	715	773	Такі ж деталі з високою міцністю і в'язкістю серцевини
20ХГНР	0,16-0,23	0,7-1,0	0,17-0,37	0,7-1,1	0,8-1,1	До 0,06 Ti	730	825	Великі деталі, що працюють в ударних умовах навантажень (зубчасті колеса, черв'яки, шестеренчасті вали, кулачкові муфти, пальці, втулки та ін.)

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18ХГТ	0,18- 0,23	0,8- 1,1	0,17- 0,7-37	1,0- 1,3	-	0,03- 0,09 Ti	740	825	Те ж, але при меншій в'язкості серцевини, складові секції розподільних валів
Сталі, що зміцнюються поверхневим гартуванням при індукційному нагріванні									
45	0,42- 0,50	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,20	-	730	755	Вали, осі, шестерні, шатуни та ін.
55	0,52- 0,60	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,20	-	725	755	Вали, осі, шестерні та ін.
60	0,57- 0,65	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,20	-	725	750	Те ж при більшій міцності серцевини
45Х	0,41- 0,49	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	-	735	770	Те ж для великих деталей складної форми
50Х	0,46- 0,54	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	-	720	770	
Сталі зі зниженою прогартуваністю, що зміцнюються поверхневим гартуванням при глибокому індукційному нагріванні									
55ПШ	0,55- 0,63	0,2	0,1- 0,3	0,15,	-	-	720	785	Вали, осі, шестерні, що працюють в умовах високих напружень (хрестовини кардана, шестерні заднього мосту)
47ГТ	0,44- 0,51	0,9- 1,2	0,10- 0,22	0,25	0,25	0,06- 0,12 Ti; 0,3 Cu	723	765	Вали, осі, шестерні, але для ще більших деталей, що працюють при ще більших напруженнях

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сталі, що азотуються									
38Х2МЮА	0,35- 0,42	0,3- 0,6	0,2- 0,45	1,35- 1,65	-	0,15- 0,25 Mo; 0,7- 1,1 Al	800	900	Гільзи циліндрів, ресори, втулки, штовхачі голок форсунок, пальці, розподільні валики, зубчасті колеса, шестерні
40ХН2МА	0,37- 0,44	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,6- 0,9	1,25- 1,65	0,15- 0,25 Mo	720	790	
2 Сталі, що підлягають поліпшенню									
Сталі, що прогартовуються в деталях діаметром до 10 – 12 мм									
35	0,32- 0,40	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,25	-	730	810	Осі, колінчасті вали, ротори, які не відчують великого напруження.
40	0,37- 0,45	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,25	-	730	790	Осі, вали, штоки, шестерні, зубчасті колеса, болти відповідального призначення
50	0,47- 0,55	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,25	-	725	760	Те ж
55	0,52- 0,60	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,25	0,25	-	725	755	Осі, вали, які використовують найчастіше у нормалізованому стані
Сталі, що прогартовуються в деталях діаметром до 25 – 35 мм									
Марганцевисті сталі									
35Г2	0,31- 0,39	1,4- 1,8	0,17- 0,37	0,30	0,30	-	718	804	Колінчасті вали, осі, цапфи
45Г2	0,41- 0,49	1,4- 1,8	0,17- 0,37	0,30	0,30	-	711	765	Карданні вали, шатуни, вагонні осі

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хромисті сталі									
35Х	0,31- 0,39	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	-	740	815	Осі, вали, шестерні
40Х	0,36- 0,44	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	-	743	815	Те ж, але більшої міцності
45Х	0,41- 0,49	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	-	735	770	Те ж, але більш навантажені деталі
Хромокремністі сталі									
33ХС	0,29- 0,37	0,3- 0,6	1,0-1,4	1,3- 1,6	0,30	-	755	830	Тонкостінні труби, вали, осі
40ХС	0,37- 0,45	0,3- 0,6	1,2-1,6	1,3- 1,6	0,30	-	763	810	Шестерні, вали високої міцності
Хромованадієві сталі									
40ХФА	0,37- 0,44	0,5- 0,84	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	0,10- 0,18 V	755	790	Те ж, колінчасті вали, малочутливі до перегріву при гартуванні
Сталі, що прогартовуються в деталях діаметром до 50 – 70 мм									
40ХН	0,36- 0,44	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,45- 0,75	1,0- 1,4	-	735	768	Вали, шестерні, болти, шпильки відповідного призначення
Хромомарганцевокремністі сталі (хромансил)									
25ХГСА	0,22- 0,28	0,8- 1,1	0,9-1,2	0,8- 1,1	0,30	-	755	840	Валики, осі, деталі зварних конструкцій підвищеної міцності при помірній в'язкості і пластичності
30ХГС	0,28- 0,35	0,8- 1,1	0,9-1,2	0,8- 1,1	0,30	-	760	830	
30ХГСА	0,32- 0,39	0,8- 1,1	1,1-1,4	1,1- 1,4	0,30	-	760	830	
Хромомолібденова сталь									
35ХМ	0,32- 0,40	0,4- 0,7	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,30	0,15- 0,25 Мо	755	800	Ротори, вали, шестерні

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сталі, що прогартовуються в деталях діаметром 75 – 120 мм									
Хромонікелева сталь									
35ХМ	0,27 - 0,33	0,3- 0,37	0,17 - 0,37	0,6- 0,9	2,75- 3,15	-	735	780	Вали, штоки, кривошипи високої міцності
Хромонікельмолібденова сталь									
40ХН2МА	0,37 - 0,44	0,5- 0,8	0,17 - 0,37	0,6- 0,9	1,25- 1,65	0,15- 0,25 Мо	720	790	Важко навантажені вали, шестерні
3 Жаростійкі, жароміцні сталі									
40Х9С2	0,35 - 0,45	-	2,0- 3,0	0,8- 1,1	-	-	900	970	Впускні і випускні клапани(температура початку інтенсивного окаліноутворення – 850 °С)
40Х1002М	0,35 - 0,45	-	1,9- 2,6	9,0- 10,5	0,20	0,7- 0,9 Мо	810	950	Те ж
30Х13Н7С2	0,25 - 0,34	-	2,0- 3,0	12,0- 14,0	6,0- 7,5	-	-	-	Те ж (температура початку інтенсивного окаліноутворення – 950 °С)
4 Ресорно-пружинні сталі									
50ХГ	0,46- 0,54	0,7- 1,0	0,17- 0,37	0,9- 1,2	0,25	-	750	775	Ресори автомашин пружини залізничного транспорту
55ХГР	0,52- 0,60	0,9- 1,2	0,17- 0,37	0,9- 1,2	0,25	-	750	790	
55С2	0,52- 0,60	0,6- 0,9	1,5- 2,0	0,30	0,25	-	775	840	Те ж
60С2	0,52- 0,65	0,6- 0,9	1,5- 2,0	0,30	0,25	-	750	820	Пружини клапанів двигунів
50ХФА	0,46- 0,54	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,25	0,1- 0,2 V	740	770	Пружини особливо відповідального призначення, ресори
60С2ХФА	0,56- 0,64	0,4- 0,7	1,40- 1,80	0,9- 1,2	0,25	0,1- 0,2 V	745	800	Те ж при нагріванні до 200 – 250 °С

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
65С2ВА	0,61-0,69	0,70-1,00	1,50-2,00	0,30	0,25	0,8-1,2 W	750	805	Те ж
45ХН2МФА	0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,80-1,10	1,30-1,80	0,10-0,18 V, 0,20-0,30 Mo	-	800	Великі клапанні пружини, торсійні вали
Інструментальні леговані сталі							Тем-ри під гартування, °С	Призначення	
Марки сталі	С	Mn	Si	Cr	Ni	Інші елементи			
11ХФ	1,05-1,14	-	-	0,4-0,7	-	0,4-0,7 Mn	810-830	Для ручного інструменту малого перерізу до 15 мм (свердло, мітчик та ін.)	
ХФ4	1,25-1,45	-	-	0,4-0,7	-	3,5-4,3 W 0,15-0,3V	830-850	Для різців та фрез з невеликою швидкістю різання	
9ХС	0,85-0,95	-	-	0,95-1,25	-	1,2-1,6 Si 0,3-0,6 Mn	840-860	Свердла, розвертки, мітчики, плашки для гребінок, фрез	
ХГС	0,95-1,05	-	-	1,3-1,65	-	0,4-0,7 Si 0,85-1,25 Mn	820-860		
ХВГ	0,9-1,05	-	-	0,9-1,2	-	1,2-1,6 W 0,8-1,1 Mn	830-870	Для довгих вимірювальних та ручних інструментів	
ХВСГ	0,95-1,05	-	-	0,6-1,1	-	0,5-0,8 W 0,05-0,15 V 0,65-1,0 Si 0,6-0,9 Si	840-860	Для свердел, плашок та ін.	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 Швидкорізальні сталі									
P18	0,73- 0,83	-	-	3,8- 4,4	-	17,0-18,0 W ≥1,0 Мо 1,0-1,4 V	1270- 1290		Для обробки конструкційних сталей і сплавів міцністю $\sigma_b \leq 1000$ МПа (свердла, мітчики, фрези, протяжки, різці)
P12	0,8- 0,9	-	-	3,1- 3,6	-	12,0-13,0 W ≤ 1,0Мо 1,5-1,9 V	1240- 1260		
P9	0,85- 0,95	-	-	3,8- 4,4	-	8,5-9,5 ≤ 1,0 Мо 2.3-2,7 V	1220- 1240		
P6M5	0,82- 0,9	-	-	3,8- 4,4	-	5,5-6,5W 4,8-5,3 Мо 1,7-2,1 V	1210- 1230		Для різьбонарізного інструменту (мітчики, плашки, свердла)
P18K5Ф2	0,85- 0,92	-	-	3,8- 4,4	-	17,0-18,5W 1,0 Мо 1,8-2,2 V 5,0-6,0 Со	1270- 1290		Для обробки конструкційних сталей з $\sigma_b \geq 1000$ МПа, зокрема нержавіючих, жаростійких та інших важкооброб- люваних матеріалів, кінцевий інструмент (свердла, зенкери, розвертки, мітчики, плашки, фрези)
P18K5Ф3	0,95- 1,05	-	-	3,8- 4,3	-	5,7-6,7W 4,8-5,3 Мо 2,3-2,7 Со	1210- 1230		
P6M5K5	0,84- 0,92	-	-	3,8- 4,4	-	5,7-6,7W 4,8-5,3 Мо 1,7-2,1 V 4,7-5,2 Со	1210- 1240		
P9K5	0,9- 1,0	-	-	3,8- 4,4	-	0,9-1,0W 1,0 Мо 2,3-2,7 V 5,0-6,0 Со	1220- 1240		
P9M4K8	1,0- 1,1	-	-	3,0- 3,6	-	8,5-9,5W 3,8-4,3 Мо 2,3-2,7 V 7,5-8,5 Со	1210- 1240		

Таблиця 2 – Узагальнені параметри типових методів зміцнення

Метод зміцнення	Ефективність використання методу	Типові вироби, які підлягають даному виду зміцнення
Гартування об'ємне, відпуск середній, твердість по всьому перерізу 40-45HRC	Одержання високої втомної міцності, високих пружних властивостей	Пружини, ресори
Гартування об'ємне, відпуск високий, твердість по всьому перерізу 24-40HRC	Підвищення границі витривалості від двох до п'яти разів, границі контактної витривалості на 20 – 50 %, ударної в'язкості, пластичності	Вали, осі, шатуни, деталі ходової частини
Поверхнєве гартування сталі струмами високої частоти (глибина шару 2 – 5 мм, низький відпуск, твердість поверхневого шару 56 – 60 HRC, твердість серцевини 28 – 40 HRC	Підвищення границі витривалості на 40 – 60 %, довговічності від 2 до 5 разів, границі контактної витривалості і зносостійкості	Колінчасті вали, півосі, розподіл вали, зубчасті колеса, карданні вали, пальці (поршневі, ресорні, кульові)
Цементация (глибина шару 0,5 – 2 мм) або нітроцементация (глибина шару 0,4 – 1 мм), гартування та низький відпуск, твердість шару 58 – 62 HRC	Підвищення границі витривалості на 50 – 80 %, границі контактної витривалості на 60 – 100 %, зносостійкості у 3 – 10 разів, довговічності у 5 – 10 разів	Зубчасті колеса, великі підшипники кочення
Наклеп поверхні (глибина шару 0,1 – 0,2 мм) після зміцнюючої термічної обробки	Підвищення границі витривалості на 30 – 50 %, довговічності від 3 до 10 разів	Пружини, ресори, торсійні вали, півосі, поворотні кулаки, зубчасті колеса, шатуни

Завдання на розрахункову роботу

Варіант 1

1 Що таке первинна та вторинна кристалізація? Проілюструвати ці процеси на прикладі сплаву заліза з вуглецем, який містить 35 % С.

2 Вплив легувальних елементів на властивості фериту та карбідів у сталі. Пояснити роль хрому в сталі X12Ф1.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки для кулачкового валика. За технічними умовами HRC 55-64 у циліндричній частині – після шліфування.

Варіант 2

1 Які процеси зумовлюють появу наклепу у холоднодеформованому металі?

2 Яким вимогам повинні відповідати сплави для підшипників ковзання? Пояснити особливості структури таких сплавів та навести приклади їх використання на залізничному транспорті.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки вала. За ТУ: загальна твердість 241 – 277 НВ; на шліцах твердість ≥ 52 HRC.

Варіант 3

1 Пояснити вплив легувальних елементів на процеси, які відбуваються при відпуску загартованих сталей. Чому після гартування та відпуску при однакових температурах у сталі 40 та в сталі 40Х досягається різний рівень твердості?

2 Мета поверхневої пластичної деформації (ППД). Засоби її здійснення. Описати зміни в поверхневому шарі, зумовлені ППД. Указати, які деталі на залізничному транспорті піддають такій обробці.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки втулки. За ТУ: на робочих поверхнях HRC ≥ 50 , серцевина і неробочі поверхні 25 – 45 HRC.

Варіант 4

1 Описати процеси, які відбуваються при нагріванні наклепаного металу вище за температуру рекристалізованого металу?

2 З якою метою проводять ступінчасте гартування сталі? Нанести на С-подібну діаграму графік ступінчастого гартування. Як воно здійснюється на практиці? Навести приклади використання вказаної обробки в промисловості.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки пальця. За ТУ: 166 – 217 НВ та робочих поверхонь HRC \geq 50.

Варіант 5

1 Що таке границя витривалості? Яким чином можна підвищити цю характеристику у ресор?

2 Указати мету легування інструментальних сталей. Із запропонованих марок сталі 9ХС, У12, ХВГ вибрати сталь для виготовлення протяжки та пилки для роботи по дереву. Обґрунтувати свій вибір.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки для шестірні. За ТУ: HRC \geq 52, у серцевині 32 – 46 HRC.

Варіант 6

1 Як впливає вуглець на механічні властивості сталі? Порівняти між собою структуру та властивості сталі 40 та сталі У10 у відпаленому стані.

2 Після гартування вуглецевої сталі була одержана структура мартенситу та вторинного цементиту. Указати орієнтовно вміст вуглецю в сталі й температуру гартування, які забезпечили одержання вказаної структури.

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки для шестірні. За ТУ: поверхня зубців 59 – 56 HRC, серцевина 32 – 47 HRC.

Варіант 7

1 У чому суть термомеханічної обробки (ТМО)? Описати основні види ТМО, указати рівень властивостей, які досягаються в сталі. Навести приклади доцільного використання кожного з видів ТМО.

2 Виріб після правильно виконаного гартування і наступного відпуску має нижчу твердість, ніж передбачено технічними вимогами. Що зумовило виникнення цього дефекту, і як його можна усунути?

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки для пружини. За ТУ: 45 – 51 HRC.

Варіант 8

1 Описати спосіб і режим отримання феритного та перлітного ковкого чавуну, указати різницю у властивостях зазначених чавунів. Навести марки цих чавунів і галузі застосування.

2 Пояснити суть поверхневого зміцнення при хіміко-термічній обробці (ХТО). Що являють собою цементация і нітроцементация? Якому з цих видів ХТО і чому потрібно надати перевагу для деталей складної конфігурації і схильних до короблення?

3 Підібрати матеріал і призначити режим термообробки для шестірні. За ТУ: поверхня зубців 59 – 65 HRC, серцевини 32 – 47 HRC.

Варіант 9

1 Високоміцні чавуни. Навести марки такої сталі, режими їх термічної обробки, указати галузі застосування.

2 Деформовані алюмінієві сплави, їх хімічний склад і властивості, галузі застосування.

3 Вибрати сталь, призначити режим термічної обробки для траків гусениць, черпаків, землечерпальних машин, хрестових стрілочних переводів.

Варіант 10

1 Які види термічної обробки забезпечують отримання в сталі структур «сорбіт відпуску» і «тростит відпуску»?

2 Описати переваги та недоліки поверхневого гартування з нагрівом струмами високої частоти і поверхневого газополуменевого гартування. Указати вміст вуглецю в сталі, яка використовується для поверхневого гартування, і навести кілька марок сталі.

3 Вибрати сталь, призначити режим термічної обробки для суцільнокатаних коліс вагонів.

Варіант 11

1 Назвати види дефектів кристалічної будови металів. Зобразити їх схематично. Які з них суттєво впливають на механічні властивості металів, а які практично не впливають.

2 Пояснити зміни структури металу внаслідок гарячої пластичної деформації. Навести приклади використання гарячої пластичної деформації в промисловості.

3 Вибрати сталь, призначити режим термічної обробки для рейок широкої колії.

Варіант 12

1 Що таке фаза? Назвати фази, наявні в системі Fe-Fe₃C. Указати фазовий склад сталі, яка містить 0,5 % вуглецю, у відповідному стані.

2 Яке призначення антифрикційних сплавів і яким вимогам вони мають відповідати? Навести кілька марок антифрикційних сплавів, розшифрувати хімічний склад і описати структуру.

3 Обґрунтувати вибір типу твердого сплаву для механічної обробки чавунних деталей.

Варіант 13

1 Суть обробки сталі холодом, методи її здійснення, вплив на властивості виробів. Навести приклади використання такої

обробки. Для яких із наведених марок сталі є ефективною обробка холодом: У12, 40Х, Р6М5, 45?

2 Розшифрувати хімічний склад, указати властивості і галузі використання бронзи марок БрС30, БрАЖ9-4, БрБ2.

3 Підібрати матеріал для виготовлення шестерень, що працюють в умовах знакозмінних і ударних навантажень, призначити режим термічної обробки.

Варіант 14

1 Що таке прогартуваність сталі? Як впливає склад сталі на прогартуваність? Який з двох валів (діаметром 10 і 35 мм) потрібно виготовити зі сталі 45, а який – зі сталі 40ХНМА для отримання наскрізної прогартуваності при гартуванні і чому?

2 Навести по дві марки вуглецевих і легованих інструментальних сталей, розшифрувати хімічний склад і назвати галузі застосування. Які недоліки вуглецевих інструментальних сталей порівняно з легованими?

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для плунжерної пари.

Варіант 15

1 Які постійні домішки є в сталі? Як ці елементи потрапляють у сталь і як вони впливають на її властивості? Пояснити можливу причину утворення тріщин у сталі в процесі гарячої обробки тиском. Які вимоги до кількості шкідливих домішок у сталі, вироби з якої експлуатуються за низьких температур?

2 Старіння алюмінієвих сплавів. Указати, які сплави піддають цьому виду термічної обробки. Як здійснюється старіння і як воно впливає на властивості сплавів?

3 Вибрати склад (марку) сталі для шестірні відповідального призначення. Границя текучості σ_{-1} не нижче 750 – 880 МПа. Призначити режим термічної обробки.

Варіант 16

1 Сталі звичайної якості (загального призначення). Їх маркування, відмінність за хімічним складом від якісних вуглецевих сталей. Дати порівняльну характеристику сталі Ст3 і сталі 30. Переваги та недоліки сталі звичайної якості порівняно з якісною. Галузі застосування сталі звичайної якості.

2 Швидкорізальні сталі. Хімічний склад, марки, термічна обробка. Пояснити, чому ці сталі мають високу теплостійкість.

3 Вибрати матеріал для виготовлення вала діаметром 70 мм для роботи з великими навантаженнями. Сталь повинна мати фізичну межу міцності σ_T не нижче 750 МПа, σ_{-1} не нижче 400 МПа, в'язкість КС не нижче 900 кДж/м².

Варіант 17

1 Пояснити, навіщо в процесі холодного волочіння мідного дроту роблять проміжні нагріви. Як називається така термічна обробка, як вона здійснюється? Як змінюються властивості дроту в процесі деформації та наступного нагріву?

2 Принцип вибору охолоджувального середовища при гартуванні сталі. Указати, які з перелічених марок сталі треба охолоджувати при гартуванні у воді, а які – в маслі: 40, 40ХНМА, 50Г, 38ХС, У8, 9ХС, У12.

3 Вибрати сталь для виготовлення важконавантажених колінчастих валів діаметром 60 мм: σ_B не нижче 750 МПа. Призначити режим термічної обробки.

Варіант 18

1 Порівняти хімічний склад і властивості сталі марок 20, 60 та У8 у відпаленому стані. Указати галузі застосування цих марок сталі.

2 Як впливає модифікування магнієм на структуру і властивості чавуну? Як називається графітизований чавун, модифікований магнієм, і де його використовують?

3 Вибрати сталь для виготовлення вала двигуна внутрішнього згоряння діаметром 60 мм, а $\sigma_T = 20 - 230$ МПа і відносне подовження $\delta = 20 - 22$ %.

Варіант 19

1 Види цементації, їх переваги і недоліки. Який вид цементації потрібно використати в разі одиничного виробництва, а який – в умовах масового виробництва?

2 Що являють собою перелічені сплави: Л68, ЛЦ40С, БрС30, БрБ2? Розшифрувати їхній хімічний склад, описати структуру, властивості та застосування в промисловості. Яку термічну обробку використовують для зміцнення сплаву БрБ2?

3 Вибрати вуглецеву сталь для конічних зубчастих коліс діаметром 50 мм у електровізку.

Варіант 20

1 Дати порівняльну характеристику нітроцементациї та азотування. Які сталі та яку термічну обробку використовують у кожному з цих випадків? Проілюструвати прикладами.

2 Види браку при відпуску загартованої сталі. Пояснити причини виникнення кожного з видів браку та засоби їх усунення.

3 Вибрати сталь для виготовлення зубчастих коліс складної форми. За ТУ: на поверхні твердість 58 – 60 HRC, а в серцевині σ_B не нижче 400 МПа і $K_{SC} = 500 - 600$ кДж/м².

Варіант 21

1 Що являють собою відпал і поліпшення сталі? Описати структуру і властивості сталі після кожного із зазначених видів термічної обробки, їх призначення з прикладами практичного використання на залізничному транспорті.

2 Вплив поверхневої пластичної деформації (ППД) на втомну міцність (витривалість) сталевих деталей машин. Описати способи здійснення ППД, навести приклади застосування на залізничному транспорті.

3 Вибрати сталь для колінчастого вала діаметром 35 мм. Сталь має: σ_T не нижче 200 – 230 МПа; КС не нижче 500 кДж/м². Вал повинен мати підвищену зносостійкість не по всій поверхні, а тільки в шийках, тобто в ділянках, які сполучені з підшипниками і працюють на стирання.

Варіант 22

1 Дати визначення поняття «загартовуваність сталі». Від яких факторів залежить загартовуваність? У якій з перелічених марок сталі вища загартовуваність (30, 45, 60) і чому?

2 Порівняти властивості, режими термічної обробки та галузі застосування сталі марок 40 і 40Х. Яка роль хрому в сталі 40Х?

3 Багато великих деталей для залізничного транспорту, наприклад автозчеплення, виготовляють литими. Виливок для підвищення межі міцності не нижче 350 МПа піддають термічній обробці. Вибрати марку сталі і режим термічної обробки.

Варіант 23

1 Нітроцементация, її суть, способи здійснення. Указати марки сталі, що піддають нітроцементации, і галузі застосування. У чому перевага нітроцементации перед цементацией?

2 Навести порівняльну характеристику хімічного складу і властивостей інструментальної сталі марок У8 і 9ХС. Указати типові режими термічної обробки і галузі застосування.

3 Вибрати марку сталі для виготовлення ресори вантажного автомобіля. Сталь повинна мати високі σ_B , σ_{-1} та межі пружності, товщина ресори до 10 мм.

Варіант 24

1 Автоматні сталі. Описати особливості їхнього хімічного складу, властивості і навести марки автоматної сталі та приклади використання їх у промисловості.

2 Описати різницю у властивостях сірих, ковких і високоміцних чавунів з однаковою металевою основою. Чим

пояснюється ця різниця? Який з двох чавунів – з кулястим або пластинчатим графітом – слід вибрати для виготовлення станини верстата, а який – для виготовлення колінчастого вала?

3 Вибрати марку сталі для виготовлення ресори автомобіля великої вантажопідйомності. Ресора має забезпечити високу міцність по всьому перерізу.

Варіант 25

1 Деталі після правильно виконаного гартування і наступного відпуску мають твердість, що перевищує потрібну за технічними умовами. Чим це обумовлено і як виправити дефект та отримати необхідне значення твердості?

2 Порівняти хімічний склад, властивості, галузі застосування марок 9ХС і Р6М5. Указати призначення легувальних елементів у кожній із зазначених марок сталі. Навести типові режими термічної обробки цих марок сталі.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для вагонного колеса ($D_n=950$ мм), твердість на поверхні обода НВ 380 – 400, а твердість на глибині 30 мм – НВ 380 – 400 МПа.

Варіант 26

1 Листові сталі для холодного штампування. Які особливості їхнього хімічного складу? Описати властивості сталей і навести приклади їх використання на залізничному транспорті.

2 Ковкий чавун. Описати технологію отримання феритного ковкого чавуну і навести приклади його використання. Порівняти властивості феритного і перлітного ковкого чавуну.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для вагонної осі ($D_m=186$ мм, $D_b=135$ мм, $L=2468$ мм, $\sigma_B=580 - 630$ МПа, $\delta=19 - 21$ %, $a_n=0,4 - 0,6$ мДж/м²).

Варіант 27

1 Азотування. Сталі, що піддають азотуванню. Режим процесу, властивості, галузі застосування.

2 Конструкційна міцність. Перелічити й охарактеризувати властивості, що її визначають.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: ручний мітчик М12 (для нарізання внутрішньої різьби). Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=380$ МПа, НВ= 150 МПа.

Варіант 28

1 Із запропонованих видів ХТО (цементация, нітроцементация, азотування) вибрати спосіб поверхневого зміцнення для гільзи циліндра, що виготовлена зі сталі 38ХМЮА. Обґрунтувати свій вибір. Описати властивості після кінцевої обробки.

2 Накреслити і пояснити графік зміни механічних властивостей (σ_B , $\sigma_{0,2}$, КС, δ ; ψ , НВ) залежно від температури відпуску для сталі марок 40 і 40Х.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: плашка кругла М20 (для нарізання зовнішньої різьби). Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=530$ МПа, НВ = 200 МПа.

Варіант 29

1 Поверхневе гартування з нагрівом струмами високої частоти. Описати суть процесу. Указати марки сталі, що застосовуються. Навести приклади деталей, що піддаються поверхневому гартуванню у машинобудуванні.

2 Описати різницю в технології отримання ковкого чавуну з феритною і перлітною матрицею. Пояснити причину неоднаковості властивостей зазначених чавунів. Указати галузі застосування.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: фреза циліндрична діаметром 80 мм, довжиною 120 мм. Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=700$ МПа, НВ = 280 МПа.

Варіант 30

1 Вуглецеві конструкційні сталі. На які групи за якістю вони поділяються? Навести повний хімічний склад сталі марок Ст3 і сталі 30 і вказати, до якої групи за якістю кожна з них належить. Навести приклади їх практичного використання.

2 Руйнування металів. Які ознаки в'язкого і крихкого руйнування? Які особливості будови в'язкого і крихкого зломів? Фактори, що викликають крихке руйнування.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: фреза циліндрична діаметром 80 мм, довжиною 120 мм. Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=700$ МПа, $HV = 280$ МПа.

Варіант 31

1 Описати технологію виготовлення деталей методом порошкової металургії. Указати переваги і недоліки цього способу перед традиційними. Назвати галузі застосування таких виробів.

2 Азотування. Сталі, що піддають азотуванню. Режим процесу, властивості, галузі застосування.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: свердло діаметром 22 мм. Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=1100$ МПа, $HV = 300$ МПа.

Варіант 32

1 Як можна виправити крупнозернисту структуру вуглецевої конструкційної сталі? Дати обґрунтування та вказати режим необхідної термічної обробки.

2 Яким вимогам мають відповідати сплави для підшипників ковзання? Пояснити особливості структури таких сплавів та навести приклади їх використання на залізничному транспорті.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: зенкер М12 мм. Оброблюваний матеріал: сталь з $\sigma_B=820$ МПа.

Варіант 33

1 Високоміцні чавуни. Навести марки такої сталі, режими їх термічної обробки, указати галузі застосування.

2 Деформовані алюмінієві сплави, їхній хімічний склад і властивості, галузі застосування.

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: фреза дискова діаметром 180 мм. Оброблюваний матеріал: нержавіюча сталь з $\sigma_B=1080$ МПа.

Варіант 34

1 Суть обробки сталі холодом, методи її здійснення, вплив на властивості виробів. Навести приклади використання такої обробки. Для яких із наведених марок сталі є ефективною обробка холодом: У12, 40Х, Р6М5, 45?

2 Розшифрувати хімічний склад, указати властивості і галузі використання бронзи марок БрС30, БрАЖ9-4, БрБ2

3 Підібрати матеріал і режим термічної обробки для різального інструменту: розвертка М18. Оброблюваний матеріал: жаростійка сталь з $\sigma_B=1100$ МПа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Транспортне матеріалознавство в питаннях та відповідях : навч. посіб. / Л. А. Тимофеева, Г. Л. Комарова, С. С. Тимофеев, В. М. Остапчук. Харків : УкрДАЗТ, 2011. 176 с.

2 Матеріали для виготовлення виробів транспортного призначення : навч. посіб. / Л. А. Тимофеева, С. С. Тимофеев, І. І. Федченко, Г. Л. Комарова, В. М. Остапчук. Харків : УкрДУЗТ, 2017. 173 с.

3 Криль Я. А., Геворкян Е. С., Луцак Д. Л. Матеріалознавство. Сталь: класифікація, виробництво, споживання, маркування : навч. посіб. Львів : «Новий Світ -2000», 2014. 267 с.

4 Геворкян Э., Семченко Г. Современные композиционные материалы. Интегрированные технологии обработки материалов : учебник. Saatbrucken (Германия) : LAP (Lambert Academic Publishing), 2016. 376 с.

5 Нові матеріали та їх одержання : підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький. Харків : Діса +, 2015. 344 с. ISBN 978-617-7064. 91-5.

6 Інтегровані технології обробки матеріалів : підручник / Е. С. Геворкян, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 238 с.

7 Студентська навчальна звітність Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення : метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю у студ. навч. звітності / Л. М. Козар, А. О. Лапко, І. Л. Назаренко та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 55 с.

8 Марочники сталей:

<https://metinvest-smc.com/ua/steel/>

https://msmeta.com.ua/ua_marki_stali.php

<https://www.kvota.com.ua/8-serpnya-2013r-dodanyy-dovidnyk-z-perevodu-riznykh-marok-staley/>

<http://sunday.in.ua/faq.html>

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

з курсу
*«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»*

Відповідальний за випуск Комарова Г. Л.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 08.12.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.