

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Факультет природничих наук та технологій
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

завідувач кафедри

Коровяка Є.А. 

«21» січня 2021 року

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання практичних робіт з дисциплін
«Матеріалознавство»

| | |
|--------------------------------|---|
| Галузь знань | 18 Виробництво та технології |
| Спеціальність | 185 Нафтогазова інженерія та технології |
| Освітній рівень | бакалавр |
| Освітньо-професійна програма.. | «Нафтогазова інженерія та технології» |
| Статус | вибіркова |
| Загальний обсяг | 4 кредити ЄКТС (120 годин) |
| Форма підсумкового контролю | диференційований залік |
| Термін викладання | |
| Мова викладання | українська |

Викладач: доц. Пашенко О.А.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__р.

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Лабораторна робота № 1

Випробування матеріалів на мікротвердість

Мета: засвоїти методику та отримати Практичні навички визначення мікротвердості металів и сталевих

Загальні відомості

Прилад ПМТ-3 призначений для випробування матеріалів на твердість втискуванням під навантаженням від 0,2 до 2 Н; як вдавлюють наконечника застосовується алмазна піраміда з квадратною основою і кутом при вершині між протилежними гранями 136о.

В результаті вдавлення алмазної піраміди при малих навантаженнях (0,2-0,5 Н) на поверхні гірської породи можна отримати пластичні відбитки. За допомогою приладу ПМТ-3 можна визначити твердість матеріалів з розмірами зерен до 0,01 мм.

Особливості апаратів і методика проведення робіт

Прилад ПМТ-3, розроблений М.М.Хрущевим і Е.С.Берковичем (рис. 1), має штатив 1 вертикального мікроскопа з тубусом, що переміщається вгору і вниз за допомогою макрометрического гвинта 2 і мікрометричного гвинта 3. На верхній кінець тубуса насаджений окулярний мікрометр 4, а в нижньому кінці закріплені шток 5 з алмазної пірамідою, опакілюмінатор 6 і об'єктиви 7.

У опакілюмінаторе є лампочка напругою 6 В, що живиться від електромережі через трансформатор.

Прилад оснащений двома об'єктивами для перегляду мікрошліфа при збільшеннях у 478 і 135 разів. Окуляр збільшує в 15 разів. Окулярний мікрометр має нерухому сітку, залишковий мікрометричний барабанчик і каретку з рухомою сіткою. На нерухомою сітці довжиною 5 мм нанесені штрихи з цифрами і косинець з прямим кутом, вершина якого збігається з цифрою 0. На рухомий сітці завдано кутник з прямим кутом і дві ризики.

Алмазна піраміда має кут між гранями при вершині 136о, тобто, такий же, як і в піраміді по Віккерсу. Навантаження для вдавлення піраміди створюється вантажами 12, що встановлюються на шток 5. У приладі застосовують вантажі від 1 до 200 Гс в залежності від особливостей досліджуваної структури та завдань досліджувати.

Поверхня вимірюваного зразка шліфують і полірують¹, а при необхідності піддають травленню реактивами, застосовуваними для мікроаналізу відповідних сплавів (див. Табл. 1).

Підготовлений зразок (мікрошліф) встановлюють на столі 8 так, щоб досліджувана поверхня була паралельна площині столика і звернена вгору. При випробуванні зразків складної форми це досягається

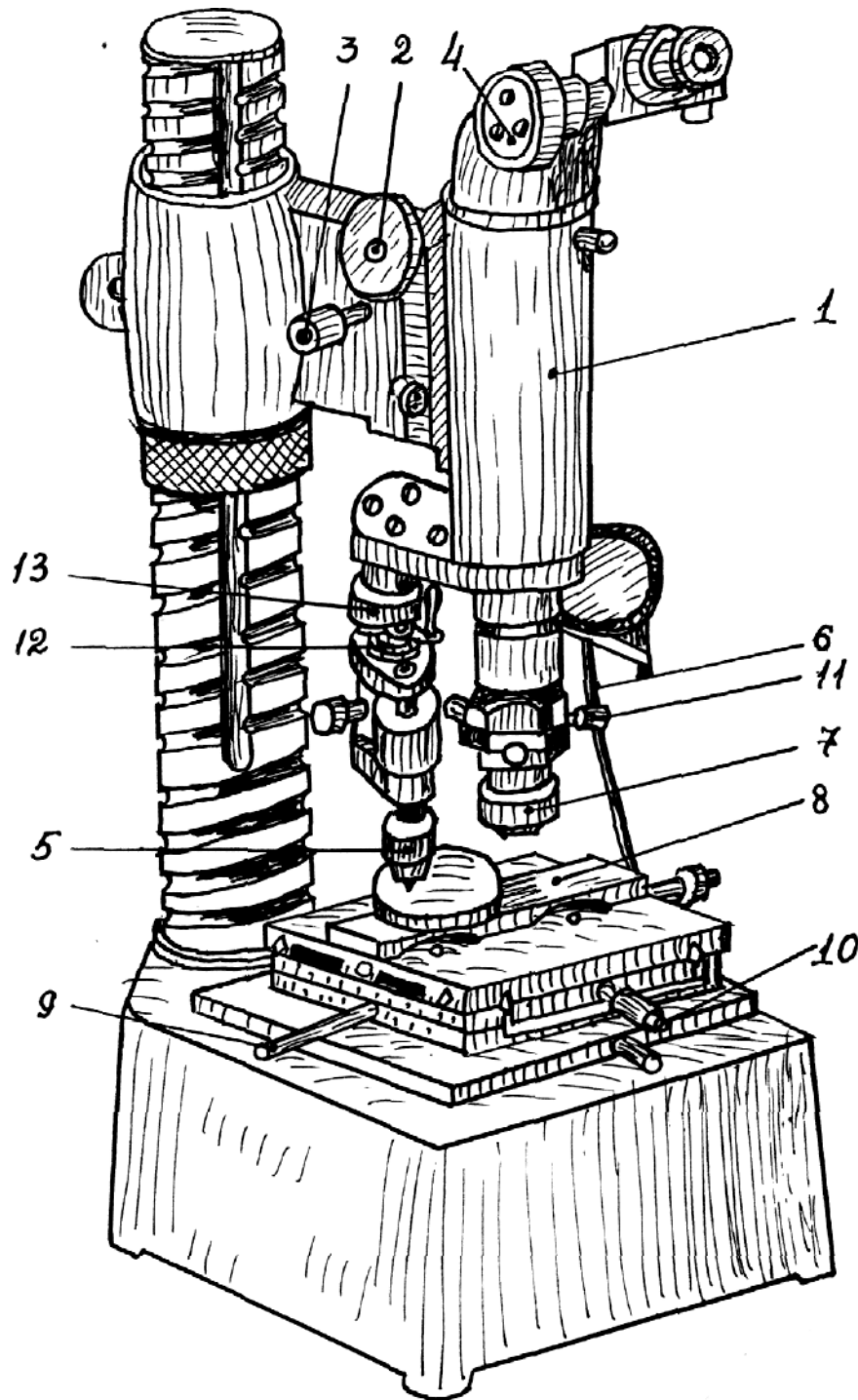


Рис. 1. Схема приладу ПМТ-3 для вимірювання мікротвердості:

1 - мікроскоп; 2 - макрометричний гвинт; 3 - мікрометричний гвинт; 4 - окулярний мікромір; 5 - штук з алмазної пірамідою; 6 - опакілювач; 7 - об'єктив; 8 - стіл для установки мікрошліфа; 9 - ручка столу; 10 - гвинт столу; 11 - регулювальні гвинти; 12 - вантажі; 13 - ручка навантаження.

1 Електричне полірування не викликає наклепу в поверхневому шарі.

попередньою установкою зразка в пластилін і вирівнюванням положення поверхні, що шліфується зразка ручним пресом.

Таблица 1

Режими електрополірування деяких металів і сплавів

| метал | склад електроліту | Щільність струму, А / см ² | Температура, оС |
|----------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| Вуглецева і легована сталі | Азотна кислота (щільність 1,48) | 8-10 | до 30 |
| Нержавіюча сталь | Ортофосфорна кислота 38%, гліцерин 53%, вода 9% | 0,2-2 | 20-115 |
| Мідь, латунь | Сировина хімічна 7,2%, діохромат натрій 21,7%, оцтова кислота 5,8%, вода 58,3% | 2-4 | 60-75 |
| алюмінієві сплави | Сірчана кислота (щільність 1., 84) 38%, фосфорна кислота 48%, вода 14% | 7,5 | 95 |
| нікелеві сплави | Сірчана кислота (щільність 1,84) 60%, вода 40% | 0,2 | 30 |

Встановлений мікрошліф проглядається через окуляр. За допомогою двох гвинтів столик переміщається в двох перпендикулярних напрямках, що дозволяє переміщати мікрошліф і вибрати на ньому ділянку, в якому необхідно виміряти твердість. Ця ділянка слід розмістити в середині поля зору мікроскопа - точно в вершині кута нерухомою сітки. Потім встановлюють вантажі, повертають за допомогою ручки столик 9 на 180о (від одного упору до іншого) для підведення вибраної ділянки зразка під алмазну піраміду. Після цього повільним (протягом 10-15 с) поворотом ручки 13 приблизно на 180о опускають шток з алмазної пірамідою так, щоб алмаз торкнувся зразка. У цьому положенні витримують зразок під навантаженням 5-10 с, після чого, повертаючи ручку 13 в початкове положення, піднімають шток з алмазом.

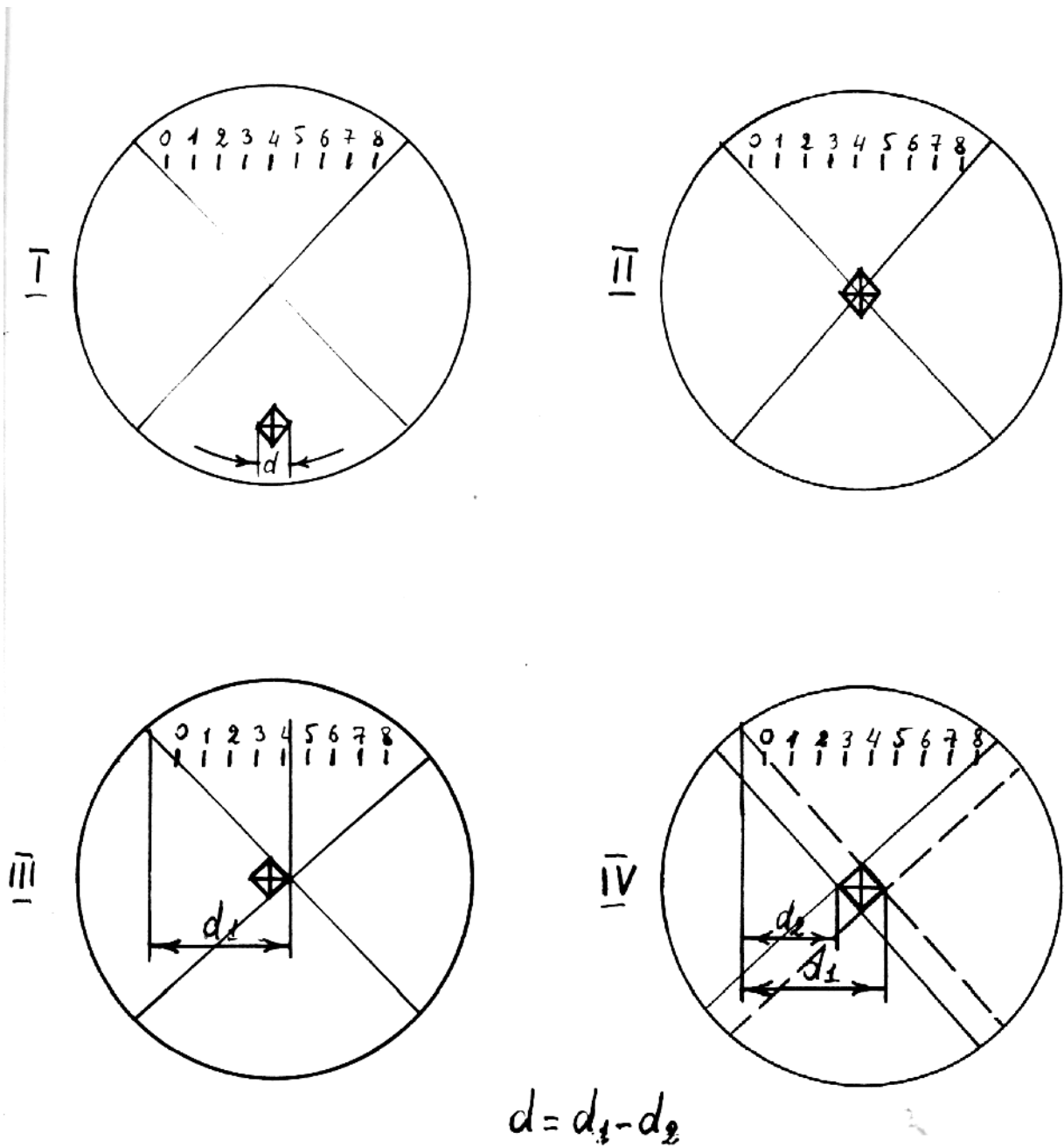


Рис. 2. Схема вимірювання діагоналі відбитка (ПМТ-3).

I - відбиток алмазної піраміди в поле зору мікроскопа і перехрестя ниток з двома штрихами;

II - отримання відбиток мікрометреними гвинтами на столику підводять до перехрестя ниток і поєднують центр перехрестя з центром перетину діагоналей відбитка;

III - перехрестя ниток підводять барабаном в крайнє праве положення відбитка і беруть перший відлік по шкалі;

IV - перехрестя ниток підводять до лівого кута відбитка і знову беруть відлік.

Вимірювання діагоналі відбитка

Для вимірювання діагоналі відбитка (рис. 2.1), що спостерігається в поле зору мікроскопа, застосовується гвинтовий окулярний мікрометр (рис. 1).

В окулярі знаходиться нерухома шкала, що має всього вісім поділів. Крім того, спостерігач повинен бачити перехрестя ниток з двома штрихами (рис. 2.1), яке повинно переміщатися точним гвинтом окулярного мікрометра (рис. 1). Гвинт має на кінці барабан, розділений на 100 поділок, для відліку дрібних частин його повороту.

При цьому збільшення мікроскопа приладу ПМТ-3 найменше розподіл на барабані відповідає переміщенню перехрестя на 0,3 мкм, а повний оборот барабана - на 30 мкм або одному поділу на нерухомій шкалі.

Отриманий відбиток (рис. 2.1) за допомогою мікрометрених гвинтів на столику (рис. 1) підводять до перехрестя ниток і поєднують центр перехрестя з центром перетину діагоналей відбитка (рис. 2, II). Після цього перехрестя ниток підводять барабаном в праве крайнє положення відбитка (до правого кута відбитка (рис. 2, III) таким чином, щоб товщина ниток завжди залишалася вправо від контуру відбитка, і беруть перший відлік по шкалі.

Потім перехрестя ниток підводять до лівого кута відбитка і знову беруть відлік (рис. 2, IV).

Знаходять різницю обох показань в поділках шкали. Знаючи ціну - 0,3 мкм, визначають довжину діагоналі.

Визначення та обчислення твердості

Число твердості визначається як частка від ділення навантаження P (Н) на площу відбитка - F (мм²)

$$h = \frac{P}{F},$$

$$F = \frac{d^2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

де α - кут при вершині піраміди ($\alpha = 136^\circ$); d - діагональ відбитка.
Підставляючи в (h) значення F , отримаємо:

$$h = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{P \cdot 1,8544}{d^2}.$$

$$\left(2 \sin \frac{136^{\circ}}{2} = 1,8544\right).$$

Знаючи навантаження і діагональ, можна визначити твердість, перевівши мкм в мм.

Завдання

Визначити мікротвердість:

- стали - сплав;
- міді - метал;
- латуні - сплав.

Для визначення мікротвердості стали треба користуватися навантаженням 2 Н, міді - 0.2 Н, латуні - 0.5 Н. Отримані дані записуються в табл. 2

Таблиця 2

Результати вимірювань і розрахунків

| випробуваний предмет | навантаження, Н | Вимірювання діагоналі | | | | Твердість, h, Н / мм ² |
|----------------------|-----------------|-----------------------|----|----|------|-----------------------------------|
| | | d1 | d2 | d3 | дмкм | |
| | | | | | | |

На кожному випробуваному зразку треба отримати не менше трьох відбитків. Твердість кожного матеріалу визначається як середнє арифметичне з трьох значень.

зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Принцип дії і пристрій приладу ПМТ-3.
3. Вимірювання діагоналі відбитка і визначення твердості.
4. Таблиця результатів визначення мікротвердості.

Контрольні питання

1. Пристрій приладу ПМТ-3.
2. Призначення приладу ПМТ-3.
3. Підготовка зразків метелла для визначення мікротвердості.
4. Вимоги до установки зразків металу в приладі.
4. Порядок роботи для отримання відбитка алмазної піраміди на металі.
5. Методика вимірювання діагоналі відбитка.
6. Методика визначення мікротвердості.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Робота №1

Мета роботи:

1. Освоїти методику і отримати практичні навички обґрунтованого вибору матеріалу для виготовлення різних деталей машин, інструментів в тому числі породоразрушаючих.

2. Отримати практичні навички вибору термічної або хіміко-термічної обробки для отримання заданих властивостей інструментів і деталей машин.

Постановка задачі:

Необхідно виготовити вал діаметром 70 мм для роботи з великими навантаженнями. Сталь повинна мати межу плинності не нижче 750 Н / мм², межа витривалості не нижче 400 Н / мм² і ударну в'язкість не нижче 90 Нм / см².

Є сталь трьох марок: Ст 4, 45 і 20ХН3А.

обґрунтувати:

1. Яку з цих сталей слід застосувати для виготовлення вала?

2. Чи потрібна термічна обробка обраної сталі і якщо потрібна, то яка?

Вказати технічні властивості обраної сталі після остаточної термічної обробки.

Приклад рішення задачі.

Стали марок Ст 4, 45, 20ХН3А мають хімічний склад, наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сталей, %

| сталь | ГОСТ | С | Мп | Si | Cr | Ni | S | P |
|----------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| ст 4 | 380-88 | 0,18- 0,27 | 0,40- 0,70 | 0,12- 0,30 | до 0,3 | до 0,3 | до 0,05 | до 0,04 |
| сталь 45 | 1050- 88 | 0,42- 0,50 | 0,50- 0,80 | 0,17- 0,37 | до 0,25 | до 0,25 | до 0,045 | до 0,04 |
| 20ХН3А | 4543- 71 | 0,17- 0,23 | 0,30- 0,60 | 0,17- 0,37 | 0,60- 0,90 | 2,75- 3,15 | до 0,025 | до 0,025 |

Сталь марки Ст 4 згідно ГОСТ 380-88, має такі властивості в стані поставки (після прокатки або кування): $\sigma_B = 420-540$ Н / мм²; $\sigma_T = 240-260$ Н / мм²; $\delta = 21\%$.

Сталь 45 згідно ГОСТ 1050-88, в стані поставки (після прокатки і відпалу) має твердість не більше НВ 207. При твердості НВ 190-200 сталь має межу міцності σ_B не вище 600-620 Н / мм², а при твердості нижче НВ 180 межа міцності не перевищує 550-600 Н / мм². Для отожженої вуглецевої сталі відношення σ_T / σ_B становить приблизно 0,5. Отже, межа плинності сталі 45 в цьому стані не перевищує 270-320 Н / мм².

Сталь 20ХН3А, згідно ГОСТ 4543-71, в стані поставки (після прокатки і відпалу) має твердість не більше НВ 250. Отже, межа міцності при твердості НВ 230-250 не перевищує 670-750 Н / мм² і може бути нижче 600 Н / мм² для плавок з більш низькою твердістю. Тоді межа плинності становить 350-400 Н / мм², так як σ_t / σ_v для отожженої легованої сталі 0,5-0,6.

Таким чином, для отримання заданої величини границі текучості вал необхідно піддати термічній обробці.

Для низьковуглецевої сталі Ст 4 поліпшує вплив термічної обробки незначно. Крім того сталь Ст 4 - як сталь звичайної якості має підвищений вміст сірки і фосфору (див. Табл. 1), які знижують механічні властивості і особливо опір ударним навантаженням.

Для такого відповідального виробу, як вал двигуна, поломка якого порушує роботу машини, застосування більш дешевої за складом сталі звичайної якості нерационально.

Сталь 45 відноситься до класу якісної углероджистої, а сталь 20ХН3А - до класу високоякісної легованої сталі. Вони містять відповідно 0,42-0,50% і 0,17-0,23% С і приймають загартування.

Для підвищення міцності можна застосовувати нормалізацію або загартування з високим відпусткою.

Останній варіант обробки складніше, але дозволяє отримати не тільки більш високі характеристики міцності, але і більш високу в'язкість. У сталі 45 мінімальні значення ударної в'язкості (α_n) після нормалізації складають 20-30 Н · м / мм², а після гарту і відпустки з нагріванням до 500°С досягають 60-70 Н · м / мм².

Так як вал двигуна сприймає в роботі динамічні навантаження, а також і вібрації, більш доцільно застосувати загартування і відпустку.

Після гарту у воді вуглецева сталь 45 отримує структуру мартенситу. Однак внаслідок неглибокої прокаливаемости вуглецевої сталі ця структура в виробках діаметром понад 20-50 мм утворюється тільки в порівняно тонкому поверхневому шарі товщиною 2-4 мм.

Наступний відпустку викликає зміни тільки поверхневого шару.

Найбільші напруги від вигину, крутіння і повторно-змінних навантажень сприймають зовнішні шари, які і повинні володіти підвищеними механічними властивостями. Однак, в опорі динамічним навантаженням, які сприймає вал, беруть участь не тільки поверхневі, але і нижні шари металу. Таким чином, вуглецева сталь не матиме необхідних властивостей по перетину вала діаметром 70 мм.

Сталь 20ХН3А легирована хромом і нікелем для підвищення прокаливаемости і закаливаемости. Вона отримує після гарту досить однорідну структуру і механічні властивості в перерізі діаметром до 75 мм.

Для сталі 20ХН3А рекомендується наступна термічна обробка:

1. Загартування з 820-835°С в маслі.

Після гарту з охолодженням в маслі (а не в воді, як це потрібно для вуглецевої сталі), виникають менші напруги, а отже, і менша деформація. Після гарту сталь має структуру мартенсит і твердість не нижче HRC 50.

2. Відпустка 520-530°C. Для попередження відпускнуї крихкості, до якої чутливі сталі з хромом (марганцем), вал після нагрівання слід охолодити в маслі.

Механічні властивості сталі 20ХН3А в виробі діаметром 70 мм після термічної обробки:

Межа міцності σ_b , Н / мм² 900-1000

Межа плинності σ_T , Н / мм² 750-800

Межа витривалості σ_{-1} , Н / мм² 400-430

Відносне подовження δ , % 8-10

Відносне звуження Ψ , % 45-50

Ударна в'язкість α_n , Н · м / см² 90

Таким чином, ці властивості забезпечують вимоги, сформульовані в задачі, для вала діаметром 70 мм.

Список літератури

Базові

1. Матеріалознавство. Навчальний посібник / П.П. Вирвінський. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 128 с.
2. Кузін О. А., Металознавство та термічна обробка металів / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. - Львів : Афіша, 2002. – 304 с.
3. Металознавство: підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко [та ін.]; - 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2002. – 384 с.
4. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с., іл.
5. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко [та ін.]. - К. : Либідь, 2002. - 328 с.
6. Ширін Л.Н. Методичні рекомендації до самостійної роботи з підготовки до контрольних заходів. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2009. – 54 с.
7. Власенко А. М. Основи зварювання / А. М. Власенко. – Вінниця : ВЕТУ, 2007. – 106 с.
8. Власенко А. М. Робоча професія. Ч 1. Технологія металів : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 111 с.
9. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. закл.] / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О., Степаненко К. Г. Лопатько. – Київ : Либідь, 2002. – 328 с.

10. Металознавство / [О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко]. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – Київ : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2008. – 384 с.
11. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / [Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – Київ : Вища школа, 2006. – 503 с.
12. Пахолук А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Пахолук, О. А. Пахолук. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
13. Плохій В. С. Модульна система професійного навчання : навч.-метод. посібник / В. С. Плохій, А. В. Казановський. – Київ : Видавничий центр КД «Київська нотна фабрика», 2000. – 286 с.
14. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
15. Савуляк В. І. Ручне електродугове зварювання : [навч. посібник] / В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 130 с.
16. Самохоцький О. І. Металознавство : [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. – Київ : Машинобудівна література, 1955. – 424 с.

Додаткові

1. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
2. Матеріалознавство : підручник / С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков; за ред. проф. С. С. Дяченко. – Харків : ХНАДУ, 2007. - 440 с.
3. Українсько-російський словник з матеріалознавства : у трьох книгах. Кн. 3 / упоряд. : Є. Л. Шведков, Т. Г. Куценко. - К. : Либідь, 1995. - 152 с.
4. Металознавство і термічна обробка металів і сплавів із застосуванням комп'ютерних технологій навчання: підручник / Ю.М. Таран, Є. П. Калінушкін, В. З. Куцова [та ін.]; під ред. Ю. М. Тарана – Дніпропетровськ : Дніпрокнига, 2002. - 360 с.
5. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів / В. В. Атаманюк. – Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2003. – 371 с.
6. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 101 с.

7. Власенко А. М. Матеріалознавство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 52 с.

9. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <http://do.nmu.org.ua/>