**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімії**

**Кваліфікаційна робота / проєкт**

**магістра**

на тему ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1020

спеціальності 102 Хімія

освітньої програми Хімія

Андрющенко Г.Р.

Керівник професор, д-р. фармац. наук, Омельянчик Л.О.

Рецензент зав. каф., професор, д.б.н. Бражко О.А.

Запоріжжя

2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

|  |
| --- |
| Біологічний факультет |
| Кафедра хімії |
| Рівень вищої освіти магістр |
| Спеціальність   102 Хімія |
| Освітня програма Хімія |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ЗАТВЕРДЖУЮ** | | | |  |
| Завідувач кафедри хімії,  д.б.н., проф. | | | |  |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Бражко | | | | |
| «20» |  | жовтня | 2020 року | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ЗАВДАННЯ**  НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТЦІ | | | | | | | | | | | | |
| Андрющенко Ганні Русланівні | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
| 1. Тема роботи | | Фізико-хімічні властивості сплавів | | | | | | | | |
| керівник роботи | | Омельянчик Людмила Олександрівна, д-р. фармац. наук, професор | | | | | | | | |
| затверджена наказом ЗНУ від | | | | « | 07 | » | липня | 2021 р. | № | 1034-с |
| 2. Строк подання студентом роботи | | | | | | 10 грудня 2021 року | | | | |
| 3. Вихідні дані до роботи | | | провести огляд літературних джерел щодо | | | | | | | |
| загальної характеристики сплавів та сталей, фізико-хімічних властивостей | | | | | | | | | | |
| сталей та їх корозійної стійкості | | | | | | | | | | |
| 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно | | | | | | | | | | |
| розробити): | визначити хімічний склад сталей 20 та 20Х13, визначити | | | | | | | | | |
|  | фізико-хімічні властивості сталей та їх корозійну стійкість | | | | | | | | | |
| 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 8 рисунків, 4 таблиці. | | | | | | | | | | |

6. Консультанти розділів роботи

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
| завдання  видав | завдання прийняв |
| 4 | Омельянчик Л.О., д-р. фармац. наук, професор |  |  |

7. Дата видачі завдання 20.10.2020 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|  | Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи | жовтень − грудень 2020 | Виконано |
|  | Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи | січень –  лютий 2021 | Виконано |
|  | Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи | квітень − березень 2021 | Виконано |
|  | Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи | травень, червень,  вересень 2021 | Виконано |
|  | Оформлення кваліфікаційної роботи.  Передзахист роботи | жовтень − листопад 2021 | Виконано |
|  | Рецензування кваліфікаційної роботи | грудень 2021 | Виконано |
|  | Захист кваліфікаційної роботи | грудень 2021 | Виконано |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студентка |  |  |  | Г.Р. Андрющенко |
|  |  |  |  |  |
| Керівник роботи |  |  |  | Л.О. Омельянчик |
|  |
| **Нормоконтроль пройдено** | | | | |
| Нормоконтролер |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | О.В. Луганська |

РЕФЕРАТ

В роботі 60 сторінок, 4 таблиці, 8 рисунків, було використано 51 літературних джерел, 16 з них на іноземній мові.

Об’єкт дослідження – сталь 20 та сталь 20Х13.

Предмет дослідження – визначити залежність фізико-хімічних властивостей сталей від їх хімічного складу.

Мета роботи - визначити залежність фізико-хімічних властивостей сталей від їх хімічного складу.

Методи досліджень та апаратура – рентгенофлуоресцентний, кулонометричний, розрахунковий, аналітичні ваги, АН-7529, EXPERT 4L INAM, камера морського туману, твердомір ТШ-2М, 2130 КМ-0,3 копер маятниковий, розривна машина Р100.

У результаті експериментальних досліджень визначили залежність твердості, межі міцності та плинності, ударної в’язкості, відносного звуження та корозійної стійкості сталей 20 та 20Х13 від їх хімічного складу.

СТАЛЬ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ТВЕРДІСТЬ, КУЛОНОМЕТРІЯ, МІЦНІСТЬ, ПЛИННІСТЬ, УДАРНА ВЯЗКІСТЬ, КОРОЗІЯ.

ABSTRACT

In the work of 60 pages, 4 tables, 8 figures, 51 were used literary sources, 16 of them in a foreign language.

The object of study - steel 20 and steel 20X13.

The subject of the study - to determine the dependence of physic and chemical properties of steels from their chemical composition.

The purpose of the work is to determine the dependence of physics and chemical properties of steels from their chemical composition.

Research methods and equipment - X-ray fluorescent, coulometric, calculated, analytical scales, AN-7529, EXPERT 4L INAM, sea ​​fog chamber, hardness tester TSh-2M, 2130 KM-0,3 pendulum pile driver, bursting machine P100.

As a result of experimental studies, the dependence was determined hardness, yield strength, toughness, relative constriction and corrosion resistance of steels 20 and 20X13 from their chemical composition.

STEEL, PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES, HARDNESS, CULONOMETRY, STRENGTH, FLUIDITY, IMPACT VISCOSITY, CORROSION.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

г – грам

мм – міліметр

HB – твердість за Брінеллем

σВ - межа міцності

σ0,2 – межа плинності

Ψ – відносне звуження

KC – ударна в’язкість

ВСТУП

Сплави належать до найпоширеніших матеріалів, які людина використовує для забезпечення своїх життєвих потреб. В наші дні важко знайти таку галузь виробництва, науково-технічної діяльності людини або просто побуту, де сплави не відігравали б важливої ролі як конструкційного матеріалу.

Сучасна техніка використовує понад 5000 сплавів. Вироби, виготовлені зі сплавів, використовуються в будівництві, житлово-комунальному господарстві, машинобудуванні, електро- та радіотехніці, електронній та приладобудівній промисловостях, для створення ЕОМ та мікропроцесорів.

Без перебільшення можна сказати, що в даний час немає майже жодної галузі промисловості, жодного наукового та технічного напрями, де б не застосовувалися сплави.

Сталь – найвідоміший у світі сплав заліза. Говорячи про залізні конструкції та предмети, ми говоримо про вироби (або їх виробництво) з тієї чи іншої сталі. 99% сплавів відносяться до категорії конструкційних сталей, так що практично не існує інструментів або обладнання, де б вони не використовувалися.

Сталь використовується у всіх найважливіших галузях промисловості: будівництво, інфраструктура, автомобілебудування та інший транспорт, упаковка та машинобудування, побутова техніка.

Інтенсивний розвиток промисловості та техніки змушує металургів постійно шукати нові способи виробництва та покращення якості легованої сталі та іншої продукції металопрокату.

Сучасна металообробна промисловість виробляє величезну кількість деталей з різних матеріалів. Кожен матеріал, що обробляється має свої унікальні характеристики, які залежать від наявності легуючих елементів, термообробки, зміцнення. У свою чергу це сильно впливає на вибір сплаву, геометрію різального інструменту та режимів різання.

Сталь як конструкційний матеріал має ряд переваг до яких відносяться:

* висока міцність і твердість, що властива всім видам сталі;
* велика різноманітність якості, обумовлене різним складом і різними способами обробки;
* в'язкість та пружність, достатні для застосування на всіх ділянках, де потрібна стійкість до ударних, статичних та динамічних навантаженням за відсутності залишкової деформації;
* легкість механічної обробки – зварювання, нарізування, згинання;
* дуже висока зносостійкість у порівнянні з іншими конструкційними матеріалами та, відповідно, довговічність;
* поширеність сировини та економічно вигідний метод виробництва, що зумовлює доступну вартість сплавів.

Актуальною проблемою на сьогоднішній час залишається подальше глибоке вивчення фізико-хімічних властивостей сталей, та їх залежність від хімічного складу, методів виготовлення та термообробки.

В зв’язку з цим мета нашої роботи – дослідити фізико – хімічні властивості сталей 20 та 20Х13.

Завдання роботи:

1. визначити хімічний склад сталей;
2. визначити фізико-хімічні властивості сталей (твердість, межу міцності та плинності, відносне звуження та ударну в’язкість);
3. визначити корозійну стійкість сталей;
4. порівняти властивості сталей 20 та 20Х13, визначити вплив легування сталі, методу отримання сталі та термообробки на фізико-хімічні властивості сталі та корозійну стійкість;

Об’єкт дослідження – сталь 20 та сталь 20Х13.

Предмет дослідження – вплив хімічного складу, наявності легуючих елементів, методів отримання та термообробки на фізико-хімічні властивості сталі та корозійну стійкість.

Новизна полягає у тому, що на сьогоднішній день не достатньо вивчена залежність фізико-хімічних властивостей сталей 20 та 20Х13 від їх хімічного складу, не в повній мірі обґрунтовані причини різкої зміни властивостей.

Публікувалася у збірнику «II Міжнародної науково-практичної конференції: Modern science: innovations and prospects - 2021» з тезами на тему: «Вплив легуючих елементів на корозійну стійкість сталі», а також у збірнику «II Міжнародної науково-практичної конференції: Topical issues of modern science, society and education - 2021» з тезами на тему: «Залежність міцності від легуючого елементу хрому».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ……………………………………………………………………

ВСТУП…………………………………………………………………..

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ…………………………………….

1.1 Загальна характеристика сталей………………………………………

1.2 Фізико-хімічні властивості сталі………………………………………….

1.3 Корозійна стійкість сталі………………………………………………..

1.4 Металевий зв'язок……………………………………………………….

1.5 Хімічні властивості елементів, що входять до складу сталі……………

1.5.1 Хімічні властивості вуглецю………………………………………………

1.5.2 Хімічні властивості кремнію……………………………………………..

1.5.3 Хімічні властивості хрому……………………………………………….

1.5.4 Хімічні властивості марганцю………………………………………………

1.5.5 Хімічні властивості заліза………………………………………………

1.5.6 Хімічні властивості сірки…………………………………………………..

1.5.7 Хімічні властивості фосфору………………………………………………

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ………………………………….

## 2.1 Об'єкти дослідження…………………………………………………………

## 2.1.1 Сталь 20………………………………………………………….

## 2.1.2 Сталь 20Х13………………………………………………………….

## 2. 2 Методи дослідження………………………………………………….

## 2.2.1 Рентгенофлуоресцентний аналіз …………………………………………..

## 2.2.2 Кулонометричний аналіз…………………………………………………..

## 2.2.3 Визначення фізико-хімічних властивостей сталей……………………….

## 2.2.4 Визначення корозійної стійкості сталей………………………………..

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА………………………………….

3.1 Технологія отримання сталей 20 та 20Х13…………………………………..

3.2 Хімічний склад сталей 20 та 20Х13…………………………

3.3 Вплив хімічного складу на фiзико-хiмiчнi властивості сталей ………

3.4 Вплив хімічного складу сталі на корозійну стійкість …………………

3.5 Застосування сталі 20 та 20Х13. Переваги та недоліки……………..

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ…

ВИСНОВКИ…………………………………………………………………………

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДЦІЇ…………………………………………………….

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…………………………………………………………

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика сталей

Сплав із заліза та вуглецю з концентрацією карбону до 2,14% називають сталями. Сталі поділяються за структурою: доевтектоїдні, евтектоїдні, заевтектоїдні (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 – Класифікація сталей за структурою

Найчастіше вміст вуглецевих сталей становить 0,05-0,5% але іноді 1,2%. В якості корисних домішок можуть бути марганець (0,3-0,6%) та кремній (0,15-0,3%) [1]. Що стосується шкідливих домішок то їх зазвичай не велика частина з них це сірка, фосфор, кисень, азот [2].

Так добавляючи різний вміст вуглецю в залізовуглецевому сплаві та піддаючи його обробці при різних температурах можна отримати сталь з різними механічними властивостями [3-5].

При додаванні легуючих елементів у сталь можна позбавитись від недоліків вуглецевої сталі, тим самим покращити її механічні властивості та отримати особливі фізико-хімічні властивості яких вуглецева сталь не має. Така сталь має назву легована. Досить різноманітний вплив легуючі елементи мають на сталь, вони дозволяють змінювати її властивості [6-7].

Єдиної загальної класифікації сталі в світі не існує. Але створюючи свою класифікацію підприємство спирається на такі ознаки, розглянемо їх детальніше у табл. 1.1 [8].

Таблиця 1.1 – Ознаки за якими класифікують сталь у світі

|  |  |
| --- | --- |
| Ознака | Структура |
| 1 | 2 |
| За призначенням | 1. Котельну сталь використовують для вироництва залізничного транспорту (рейкова сталь для бандажів залізничних коліс).  2. Конструкційна використовують для виготовлення різних металоконструкцій при спорудженні будівель, мостів, для виготовлення різних машин.  3. Підшипникова використовується для різних інструментів, різців, валиків прокатних верстатів, деталей штампувального обладнання.  4. Ресорно-пружинна, трансформаторна, збройна, трубна. |

Продовження таблиці 1.1

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| За якістю (за М.Гудцовим) | 1. Постійні або звичайні з використанням домішок, що містяться в тій чи іншій кількості в будь-яких сталях; вміст цих домішок регламентується стандартами (Mn, Si, S, P).  2. Приховані домішки, що присутні в сталях в дуже малих кількостях; методи визначення їх вмісту складні, тому вміст цих елементів у звичайних технічних умовах не вказується (O, H, N).  3. Випадкові домішки, тобто домішки, що потрапили в сталь з шихтових матеріалів випадково.  4. Легуючі елементи, які спеціально вводять у сталь в певних кількостях для зміни її будови та властивостей. |
| За складом | Вуглецева, хромова, хромонікелева, марганцева. |
| За характером застигання сталі у вуливницях | Розрізняють сталі: спокійні, киплячі і напівспокійні.  Поведінка металу при кристалізації у виливницях залежить від ступеня його розкисленості: чим повніше розкислена сталь, тим спокійніше кристалізується зливок. |

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| За способом виробництва | 1. За типом агрегата: конверторна, мартенівська, електросталь, сталь електрошлакового переплаву тощо.  2. За технологією: основна і кисла мартенівська, основна і кисла електросталь, оброблена вакуумом, синтетичними шлаками, продувкою інертними газами і т.ін.  3. За станом: в твердому стані (губчасте залізо – продукт прямого відновлення), в елекролітичному (продукт електролізу залізовмісних матеріалів), в порошкоподібному (продукт процесів розпилення на маленькі краплини рідкої сталі), в тістоподібному (продукт сиродутного, кричного, пудлінгового заліза, продукт процесу Байєрс-Астон), в рідкому, литому (продукт конверторного, мартенівського та ін. Процесів. |

Продовження таблиці 1.1

Таким чином, існує чимало різновидів сталі і для всіх них характерним є фізико-хімічний склад, основні властивості металу тому необхідним є дотримуватись технології та класифікації в процесі виробництва сталі.

1.2 Фізико-хімічні властивості сталі

До основних фізико-хімічних властивостей сталі відносять твердість, межу плинності, межу міцності, відносне звуження та ударну в’язкість.

Твердість матеріалу – це стійкість до руйнації під час вдавлювання у зовнішній шар твердішого матеріалу. Іншими словами, здатність до опору деформуючим зусиллям (пружна чи пластична деформація).

Головний фактор, який визначає твердість вуглецевої сталі – це вміст вуглецю в сталі. Низьковуглецеві сталі зазвичай м'які, тоді як високовуглецеві сталі можуть бути дуже твердими та крихкими. Фізичні властивості вуглецевих сталей можна змінювати за допомогою різних термічних обробок і тим самим підвищувати або знижувати твердість [9].

Визначають твердість найчастіше трьома методами: за Брінеллем, за Роквелом та за Вікерсом.

Межа плинності матеріалу – це величина критичної напруги, за якої матеріал продовжує самостійну деформацію без збільшення навантаження.

На значення межі плинності металу впливають різні фактори, наприклад: товщина зразка, режим термообробки, наявність тих або інших домішок і легуючих елементів, мікроструктура, тип і дефекти кристалічної решітки та ін. Межа плинності металів сильно змінюється зі зміною температури [10].

Межа міцності - це максимальне значення напруги, що подається на метеріал до того, як він почне руйнуватися.

Ця величина використовується при розрахунках міцності деталей і конструкцій, судячи з неї, вирішують, чи застосовуватимуть даний матеріал у конкретній сфері або потрібно підбирати більш міцний.

Межа міцності сталі залежить від її марки та змінюється в межах від 300 МПа у звичайної низьковуглецевої конструкційної сталі до 900 МПа у спеціальних високолегованих марок [11].

Відносне звуження визначає граничну пластичність матеріалу при одновісному розтягуванні. Пластичність сплаву великою мірою залежить від його хімічного складу: низьковуглецева сталь має більш високу пластичність, ніж високовуглецева. Пластичність литого крупнозернистого металу завжди нижче, ніж деформованого, що має дрібнозернисту структуру, що пояснюється великою відмінністю властивостей зерен литого металу та міжкристалітних дефектних прошарків. Знижують пластичність також пори, газові бульбашки, неметалеві включення, макро- та мікротріщини [12].

Ударна в'язкість матеріалу – його здатність деформуватися пластично під впливом динамічних навантажень.

Навколишнє середовище безпосередньо впливає на опір деталі руйнуванню. Ця залежність настільки очевидна, що була виділена як явище - під назвою холодноламкість і пояснюється неминучими деформаціями при переході в крихкий стан під впливом холоду.

Найчастіше ударну в’язкість сталі визначають методом Шарпі [13].

1.3 Корозійна стійкість сталі

Хімічна корозія – це процес взаємодії металу з корозійним середовищем, при якому окислення металу і відновлення окислювального компонента середовища протікають одноразово в одному акті. Продукти взаємодії просторово не розділені.

За видом корозійного середовища і умовам протікання розрізняють наступні види корозії [14-15]:

Газова корозія – це хімічна корозія металів в газовому середовищі при мінімальному вмісті вологи (як правило, не більше 0,1 %) або при високих температурах.

Атмосферна корозія – це корозія металів в атмосфері повітря або будь-якого вологого газу.

Підземна корозія – це корозія металів в ґрунті.

Контактна корозія – це вид корозії, викликаний контактом металів, що мають різні стаціонарні потенціали електроліті.

На корозійну стійкість сталі впливають різні чинники. Розрізняють зовнішні і внутрішні чинники корозії. Зовнішні чинники визначають вплив складу корозійного середовища і умови протікання корозії (температура, тиск і т.д.). Внутрішні чинники характеризують вплив на вигляд і швидкість корозії металу (склад, структура і т.д.) [16-20].

Склад та структура сталі, тобто внутрішні чинники корозії, значною мірою визначаються вмістом легуючих елементів сталі. Підвищення стійкості сталі проти корозії досягається введенням в неї елементів, що утворюють на поверхні захисні плівки, міцно зв'язані з основним металом і які запобігають контакту між сталлю і зовнішнім агресивним середовищем, а також ті, що підвищують електрохімічний потенціал сталі в різних агресивних середовищах.

1.4 Металевий зв'язок

При наближенні атомів елементів, які розташовані на початку кожного періоду періодичної системи Менделєєва, валентні електрони полишають свої атоми і стають усуспільненими, утворюючи «електронний газ». При цьому утворюється однорідний розподіл електронної густини по всій ґратці. Металевий зв’язок у ґратці виникає між позитивними йонами та «електронним газом».

У вузлах ґратки, утвореної за рахунок металевого зв’язку, містяться так звані йон-атоми, тобто атоми металу, валентні електрони якого належать не лише цьому атому, але також і решті йон-атомів металу завдяки їхньому вільному переміщенню. Наявність електронів, які вільно переміщуються в металі, визначає всі особливі властивості металів, їхню високу електропровідність, теплопровідність, блиск, а також високу пластичність.

За звичайних умов електрони, які містяться в металі, не полишають метал, оскільки енергія електрона виявляється недостатньою для подолання деякого стрибка потенціалу, який існує на поверхні металу. Внаслідок збільшення енергії електронів, яке обумовлено підвищенням температури, або опромінення поверхні металу подібний вихід електронів із металу стає можливим. Явища термоемісії та фотоемісії добре підтверджують реальність існування в металі вільних електронів або, щонайменше, високу рухливість електронів. Частіше для твердого тіла більш характерним є наявність змішаних видів зв’язку [21].

Суто металевий зв’язок (для якого властиві повністю вільні електрони) є ідеальним випадком, він є властивим лише для деяких металевих монокристалів.

Установлено, що підвищення міцності металів, наприклад, при легуванні, визначається виникненням поряд із металевим зв’язком також і ковалентного. При деформації металів металевий зв’язок може, поглинаючи енергію деформації, переходити частково до ковалентного, спричиняючи зниження пластичності, ковкості та підвищення міцності [22]. Потенціальна енергія металевого зв’язку складає десятки ккал/моль (наприклад, енергія зв’язку у натрію дорівнює 26 ккал/моль (109 кДж/моль) і у заліза 94 ккал/моль (393 кДж/моль) [23].

1.5 Хімічні властивості елементів, що входять до складу сталі

1.1.5 Хімічні властивості вуглецю

Атом вуглецю має 2 оболонки і 6 електронів: 1s22. Чотири валентних електрона знаходяться на зовнішньому електронному рівні атома вуглецю. А інші два електрони знаходяться на окремих p-орбіталях, при цьому вони є неспареними [24].

Своїми фізичними властивостями вуглець типовий неметал. При цьому він утворює безліч алотропних модифікацій («алотропні» означає існування двох і більше різних речовин з одного хімічного елемента): найбільш популярними з них є алмаз, графіт, вугілля, сажа. При цьому алмаз – одна з найбільш твердих речовин, що представляють вуглець.

У сталі вуглець завжди хімічно пов'язаний з залізом і знаходиться у вигляді цементиту, тому найважливішою характеристикою сталі є кількісний вміст вуглецю, а не його стан. Зі збільшенням вмісту вуглецю до 1,2% збільшується твердість, міцність і пружність сталі, при цьому, однак зменшуються пластичність і ударна в'язкість, погіршуються оброблюваність і зварюваність.

Вуглецева сталь містить залізо, вуглець і невелику кількість домішок кремнію, марганцю, сірки та фосфору. Легована сталь, на відміну від вуглецевої, крім заліза, вуглецю і вже згаданих домішок, містить значну кількість спеціально введених легуючих добавок, які надають їй особливих властивостей. До таких добавок належать хром, вольфрам, нікель, титан, алюміній, молібден, кремній, марганець тощо [25].

Вуглець також може перебувати в сплавах у цементиті С, у твердих розчинах проникнення, а також у вигляді графіту. До фаз системи залізо-вуглець належать: рідкий розчин, ферит, аустеніт і цементит [26].

1.5.2 Хімічні властивості кремнію

Кремній сприяє виділенню вуглецю в чавуні у вигляді графіту і поліпшує ливарні якості чавуну, збільшує рідкотекучість і зменшує його усадку. Електронна конфігурація: [Ne] 3. Позначається як Si. Температура плавлення 1414

[Хімічний елемент](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82) з [атомним номером](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) 14, що належить до [14-ї групи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0_14_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2), [3-го періоду](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4_3_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2) [періодичної системи хімічних елементів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2). При низькій температурі кремній хімічно інертний. З багатьма металами утворює [силіциди](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D1%96%D1%86%D0%B8%D0%B4) [27].

При нагріванні він сполучається також з багатьма металами, утворюючи так звані силіциди, наприклад:

Si + 2Mg = Si

У техніці кремній одержують відновленням діоксиду силіцію вугіллям при дуже високій температурі в електропечах:

Si + 2C = Si + 2CO↑

Для потреб [чорної металургії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%83%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F) кремній одержують звичайно у вигляді його сплаву з залізом під назвою [феросиліцію](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%96%D1%86%D1%96%D0%B9) прожарюванням в електропечах суміші [залізної руди](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B0) з діоксидом силіцію і [коксом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BA%D1%81) [28].

Чистий кремній добувають звичайно так: суміш діоксиду силіцію і коксу при дуже високій температурі обробляють хлором і одержують [тетрахлорид кремнію](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%85%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4_%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%8E&action=edit&redlink=1) Si (рідина з температурою кипіння 57,6 °С). Останній старанно очищають перегонкою, а потім відновлюють парами дуже чистого [цинку](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BD%D0%BA) при 950 °С. Хімічні реакції, що відбуваються при цьому, можна зобразити такими рівняннями:

Si + 2С = Si + 2CO↑

Si + 2  = Si ↑

Si + 2Zn = Si + 2Zn

Кремній застосовують для дезоксидації. Він утворює з феритом твердий розчин, спотворена гратка якого збільшує міцність і знижує пластичність сталі [29].

Постійні домішки марганцю (до 1,2%) і кремнію (до 0,37%) позитивно впливають на властивості сталей, підвищуючи їхні міцність і пружність. Кремній, розчиняючись у фериті, зменшує пластичність сталі.

Кремній застосовується головним чином для виробництва різних сплавів, серед яких є сталь з вмістом 15-20% кремнію є кислотостійкою і йде на виготовлення хімічної апаратури.

1.5.3 Хімічні властивості хрому

Хром – це [хімічний елемент](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82), із символом Cr і [атомним номером](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) 24, перший елемент [шостої групи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0_%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%83). Атомна маса: 51,9961 а.о.м. (г/моль), радіус атома 130 пм, електронна конфігурація: [Ar]3 Хром є сталево-сірим, [блискучим](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%BA_(%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F)), [твердим](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) та крихким [метал](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8)ом, що має високу температуру плавлення.

Хром є елементом [перехідних металів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%85%D1%96%D0%B4%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8), перший елемент [шостої групи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0_%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%83). Хром (0) має електронну конфігурацію 4s13d5. Метал володіє широким спектром можливих [окиснення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F), де +3 є найбільш енергетично стабільним, тому сполуки Хрому +3 і +6 більш характерні, у той час як +1, +4 і +5 - рідкісні.

Металічний хром та сплав ферохрому добувається з хромітів силікотермічною чи алюмінотермічною реакцію [30].

Підвищенню поверхневої твердості до 1200...1300 НV сприяє вуглець у сталі в кількості понад 0,3 %, який утворює карбіди заліза і хрому. Хромують вироби, що працюють в агресивних середовищах в умовах спрацювання.

Хромисті сталі 15Х, 20Х, а також 15ХФ і 20ХР, додатково леговані ванадієм і бором, утворюють групу дешевих сталей нормальної міцності, їх використовують для виготовлення невеликих деталей (діаметром не більше 25 мм), що працюють при середніх навантаженнях [31].

Хром є обов’язковим легуючим елементом швидкорізальної сталі, але його вміст в марці не вказується. Так сталь Р6М5 містить близько 1 % вуглецю, 6 % вольфраму, 5 % молібдену та від 3 % до 4,6 % хрому.

1.5.4 Хімічні властивості марганцю

Марганець – це елемент 7-ї групи четвертого періоду періодичної системи хімічних елементів Д. І. Менделєєва з атомним номером 25. Позначається як Mn.

Марганець, як відомо, використовують в металургії з метою дезоксидації та десульфідизації рідкого металу. При цьому частина марганцю у вигляді МnО і МnS потрапляє в шлак, який згодом зливають, а інша – залишається в металі у складі фериту i цементиту. Розчинений у фериті марганець спотворює кристалічну решітку, внаслідок чого помітно підвищується міцність сталі, хоч пластичність змінюється мало.

Негативний вплив сірки істотно пом'якшує марганець, оскільки він утворює хімічну сполуку МnS з температурою плавлення 1620 °С. В межах температур гарячої обробки тиском (800...1200 °С) МnS пластичний і не сприяє крихкому руйнуванню, але сульфіди марганцю при нормальній температурі можуть стати центрами зародження тріщин під повторно-змінними навантаженнями [32].

1.5.5 Хімічні властивості заліза

Залізо – має свій хімічний знак Fe. Залізо – це хімічний елемент з атомним номером 26, що належить до 8-ї групи, 4-го періоду періодичної системи хімічних елементів.

Проста речовина – залізо, сріблясто-сірий, електропровідний, пластичний і ковкий метал. Його твердість за Брінеллем не перевищує 100 HB; модуль Юнга – 190-210·103 МПа; модуль зсуву – 8,4·103 МПа; границя міцності на розрив – 170-210 МПа, границя плинності – 100 МПа; ударна в'язкість – 300 МПа; середня питома теплоємність (273-1273 К) – 640,57 Дж/кг·К; густина – 7874 кг/м³ [33].

У промисловості залізо отримують із [залізної руди](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B0), в основному з піриту, гематиту (Fe2O3) і магнетиту (FeO · Fe2O3).

Залізо належить до восьмої групи періодичної системи елементів Менделєєва. Його атоми на зовнішній електронній оболонці мають по два електрони, а на передостанній – 14 електронів. Атоми заліза можуть легко втрачати два електрони і перетворюватись у двовалентні катіони +. Вони можуть втрачати і три електрони (один з передостанньої оболонки) і перетворюватись у тривалентні катіони заліза [34]. Таким чином, залізо утворює два ряди сполук. Сполуки тривалентного феруму стійкіші.

У сухому повітрі за звичайної температури залізо досить стійке, але у вологому швидко іржавіє, вкриваючись товстим шаром іржі. Іржа є сумішшю оксидів і гідроксидів заліза. Основну частину іржі складає оксид заліза і гідроксид заліза . Крім того, до її складу входить оксид FeO, гідроксид та інші сполуки. Процес ржавіння заліза можна зобразити такими приблизними рівняннями:

2Fe + O2 + 2Н2О → 2Fe(OH)2

4Fe(OH)2 + O2 + 2Н2О → 4Fe(OH)3

Fe(OH)2 → FeO + H2O

2Fe(OH)3 → Fe2O3 + 3H2O

1.5.6 Хімічні властивості сірки

Хімічний елемент з атомним номером 16, що належить до 16-ї групи, 3-го періоду періодичної системи хімічних елементів. Проста речовина – сірка, неметал, жовта кристалічна речовина, позначається як S. Трапляється в природі в самородному стані та у вигляді сульфідів важких металів, піриту та інших. Еелектронна конфігурація [Ne] 3 Температура плавлення 115,2 .

Сірка розчиняється в залізі до 0,06% і утворює із залізом легкоплавку евтектику Fe – FeS (t плавлення 988), яка надає сталі червоноламкості – підвищує її крихкість при температурах гарячої обробки. Оскільки сірка в сталі знаходиться у вигляді евтектики FeS на границях зерен фериту, то при обробці тиском при температурі від 800 до 1100-1200 у цих місцях матиме місце крихке руйнування [35].

1.5.7 Хімічні властивості фосфору

Хімічний елемент 15-ї групи третього періоду періодичної системи хімічних елементів; неметал; атомний номер 15. Атомна маса 30,97376. Електронна конфігурація [Ne] 3. Ковалетний радіус 106 мп. Хімічний елемент Р.

Проста речовина – фосфор. Неметал. Утворює декілька алотропічних модифікацій – білий фосфор ([густина](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0) 1,828, tплав 44,14 °C), червоний фосфор (густина 2,3, tплав 590 °C).

Маючи на зовнішній [електронній оболонці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0) п'ять електронів: (15 = 2 + 8 + 5), атоми фосфору мають властивості окисника і, приєднуючи від атомів інших елементів три електрони, яких бракує для заповнення зовнішньої оболонки, перетворюються в негативно тривалентні йони: Р0 + 3e = Р3-. Фосфор менш активний окисник, ніж [азот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82), оскільки його валентні електрони перебувають далі від ядра атома і слабше з ним зв'язані, ніж валентні електрони атомів азоту.

У вільному стані фосфор одержують відновленням [фосфату кальцію](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B0%D1%82_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D1%96%D1%8E) вугілля в присутності [діоксиду кремнію](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%8E):

Са3(PO4)2 + 3SiO2 → 3CaSiO3 + P2O5

P2O5 + 5C → 2P + 5CO↑

Наявність фосфору знижує пластичність, сприяє появі холодноламкості (властивості ставити крихкими у холодному стані), ліквації у виливках з товщиною стінок більше 100 мм [36].

Сталі інструментальні нелеговані (вуглецеві) бувають якісні і високоякісні. Масова частка шкідливих домішок у якісних сталях не більше ніж 0,030 % фосфору й не більше ніж 0,028% сірки, а у високоякісних сталях – не більше ніж 0,025 % фосфору й не більше ніж 0,018% сірки [37].

Фосфор розчиняється у фериті і хоч підвищує міцність, проте зменшує пластичність та ударну в'язкість сталі. Спад ударної в'язкості стає причиною холодноламкості, тобто схильності сталі до крихкого руйнування при низьких температурах. Сірка, як і фосфор, є шкідливою домішкою.

Таким чином, сталь це сплав заліза з вуглецем та іншими постійними домішками, такими як кремній, марганець, сірка, фосфор. Хіміний склад сталей значно впливає на їх фізико-хімічні властивості, а також корозійну стійкість, тому процес легування дозволяє отримати сталі спеціального призначення. Вивчення фізико-хімічних властивостей сталей та їх корозійної стійкості дозволяє безпомилково обирати сталі з властивостями, що підійдуть для експлуатації у тих чи інших галузях промисловості, та мінімізувати витрати виробництва. Тому на сьогоднішній день залишається актуальним дослідження фізико-хімічних властивостей сталей, зокрема сталі 20 та сталі 20Х13.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 2.1 Об'єкти дослідження

## 2.1.1 Сталь 20

На виробництво сталь 20 поставляється у декількох видах – сортовий прокат, труби, тонкий лист, товстий лист, проволока, калібрований пруток, лента.

Конструкційна якісна вуглецева сталь використовується для виготовлення листів гарячекатаних, кіл, смуг, труб безшовних, труб електрозварних, шестигранників, колекторів, трубопроводів, нагрівачів, інших частин котлів високого тиску, листів для штампування, виробів, що цементуються, тривалого терміну експлуатації при температурах до +350oС.

## 2.1.2 Сталь 20Х13

Сталь 20Х13, відноситься до феритно-мартенситного класу, вона жароміцна, нержавіюча та хромиста. Вона використовується для виробів, які зазнають впливу слабоагресивних середовищ.

З нержавіючої сталі 20Х13 виготовляють лопатки парових турбін, клапани гідравлічних пресів, тарілки та сідла клапанів, поршневі кільця, болти, труби, предмети домашнього побуту та інші деталі, що працюють за температури до 450-500°С.

## 2.2 Методи дослідження

## 2.2.1 Рентгенофлуоресцентний аналіз

Для якісного та кількісного аналізу сталей 20 та 20Х13 був використаний рентгенофлуорецентний метод, що відноситься до спектральних методів. Був використаний спектрометр INAM EXPERT 4L (рис. 2.1) [38].



Рисунок 2.1 – Аналізатор INAM EXPERT 4L

Рентгенофлуоресцентний метод базується на взаємодії атомів речовини з високоенергетичним рентгенівським випромінюванням з подальшою емісією фотонів – характеристичного флуоресцентного випромінювання. Після посилення та оцифровки спектрометричним пристроєм сигнал передається на комп’ютер та автоматично обробляється у спеціальній програмі.

У зразках сталі визначали наступні елементи: Si, Mn, S, P, Cr. Також спектрометром були зареєстровані Cu, As, Ni, Ti, але у незначних кількостях, що не можуть впливати на фізико-хімічні властивості сталей.

Перед проведенням аналізу сталей була проведена автоматичне калібрування спектрометру за допомогою стандартного зразка заліза.

Зразки сталі не потребували попередньої підготовки, тому були поставлені на об’єктив у вигляді брусків розмірами 10х10х55 мм.

Вибраний метод має ряд переваг до яких відносяться: велика чутливість, можливість проведення аналіз без спеціальної підготовки зразків, висока точність, швидкість проведення аналізу досягає кількох хвилин.

## 2.2.2 Кулонометричний аналіз

Для кількісного аналізу вуглецю був обраний метод автоматичного колунометричного титрування за допомогою приладу АН – 7529 [39].

Схема приладу наведена на рис. 2.1.

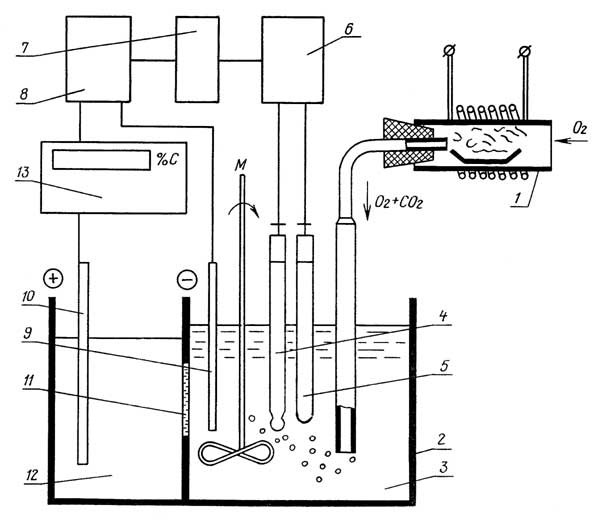


Рисунок 2.2 – Схема АН – 7529

Принцип дії аналізатору [40]:

Наважка сталі, масою 0,500 г зважена на аналітичних вагах, поміщена у порцеляновий човник спалюється у трубчастій печі (1) в потоці очищеного кисню (99,9%). Утворений при згоранні вуглекислий газ відноситься з потоком кисню в електролітичну комірку (2) і поглинається розчином (3), викликаючи його окиснення що призводить до зміни ЕРС системи (4 та 5) та зміни вихідної напруги високоомного підсилювача pH – метра (6), яка за допомогою перетворювача (7) перетворюється на імпульси. Імпульси напруги стабілізатором струму (8) перетворюються на імпульси струму, що протікають по ланцюгу: анод (10) – допоміжний розчин (12) – напівпроникна целофанова перегородка (11) – поглинаючий розчин (3) – катод (9). Імпульси струму викликають відновлення іонів на катоді, нейтралізуючи кислоту, що утворюється при поглинанні вуглекислого газу. Кількість електричного струму, необхідного для нейтралізації, фіксується перерахунковим та індикаторним пристроєм (13), якій відградуйований у масову частку вуглецю (%).

При поглинанні розчину протікають наступні реакції:

СО2 + Н20 = Н2СО3,

Н2СО3 + SrCl2 = SrСО3 + 2HCl,

HCl = H+ + Cl–

2H+ + 2ē =H2

На цинковому аноді при протіканні струму утворюються іони цинку, взаємодіють з допоміжним електролітом, що містить хлористий калій та фероціанід калію:

Zn - 2ē = Zn2+;

3Zn2+ + 2Fe(CN)64+ →K2Zn3[(CN)6]2

Утворена комплексна сіль випадає в осад.

Перед проведенням аналізу проведена градуйоровка приладу за допомогою стандартних зразків з відомою часовою часткою вуглецю. У нашому випадку був використаний зразок з масовою часткою вуглецю 0,20 %.

Зразки сталі потребували попередньої підготовки на верстаті - виготовлення металевої стружки. Глибина свердління 5 мм, кількість отворів 3.

Обчислення масової частки вуглецю проводять за формулою 2.1:

де: а – масова частка вуглецю у стандартному зразку (вказана на маркуванні стандартного зразка), %; b – масова частка вуглецю у досліджуваних стандартних зразках, %; с – масова частка вуглецю у досліджуваних невідомих зразках, %

Перевагами методу є: швидкість проведення дослідження, висока точність ( до 0,001 %), висока чутливість, не потребує складних розрахунків.

Недоліком є необхідність використання верстату.

## 2.2.3 Визначення фізико-хімічних властивостей сталей

Твердість. Спосіб визначення твердості за методом Брінелля полягає у втисканні в поверхню зразка кульки-індентора із твердого сплаву. В результаті на металі залишається відбиток у вигляді півсфери певного діаметра та глибини, що дозволяє визначити міру твердості за Брінеллем (НВ). Твердість визначалась за допомогою твердоміру ТШ-2М (рис 2.3) [40].



Рисунок 2.3 – Твердомір ТШ-2М

Перед проведенням випробування зразки сталі були зашліфовані на верстаті для рівності поверхні.

У якості індентора використовували стальну кульку діаметром 10 мм, навантаження складало 294199,5 кПа.

Твердість за Брінеллем визначали за формулою 2.2:

https://wikimedia.org/api/rest_v1/media/math/render/svg/a97e13e3bc61efc8e070798d27ea55714656a514   
   
 (2.2)

де:  Р - прикладене навантаження, кПа; {\displaystyle D}D - діаметр кульки, мм;{\displaystyle d} d - діаметр відбитку, мм

Межа міцності, плинності та відносне звуження. Межу міцності, плинності та відносне звуження визначали проводячи випробування на розрив за допомогою розривної машини Р100 (рис. 2.4) [41-42].



Рисунок 2.4 – Розривна машина Р100

Зразки сталі виготовляли за допомогою стрічково-пильного та шліфувального верстатів. Були виготовлені зразки розмірами 400х15х30 мм.

Межу міцності визначили за формулою 2.3:

σВ = (2.3)

де: F – навантаження, кН; S – поперечний переріз зразку, мм2

Межу плинності визначали за формулою 2.4:

σ0,2 = (2.4)

де: F – навантаження при якому при якому відбувається пластична деформація, кН; S – поперечний переріз зразку, мм2

Відносне звуження визначили за формулою 2.5:

(2.5)

де: h0 – ширина зразка до випробовування; h1 – ширина зразка після розриву

Ударна в’язкість. Ударну в’язкість визначали за допомогою коперу маятникового 2130 КМ-0,3 за методом Шарпі - випробування, при якому призматичний зразок, що лежить на двох опорах, піддається удару маятникового копра, причому лінія удару знаходиться посередині між опорами безпосередньо навпроти надрізу на зразках (рис.2.5) [43].



Рисунок 2.4 – Маятниковий копер 2130 КМ-0,3

Для підготовки зразків використовували стрічково-пильний та шліфувальний верстати, розміри зразків - 10х10х55 мм. На зразки були нанесені насічки – концентратори напруги типу U глибиною 2 мм. Випробування проводилось при 20◦С.

## 2.2.4 Визначення корозійної стійкості сталей

Перед випробуванням зразки витримали у нормальних кліматичних умовах, обережно очистили дослідні зразки перед випробуванням від бруду, масла та інших сторонніх речовин, що могли вплинути на результати випробовувань. Також зразки сталі були зважені на аналітичних вагах.

Загальна корозія визначалась методом соляного туману [44]. Зразки сталі поміщались у спеціальну камеру, де за допомогою спеціальних аерозолів розбризкувався соляний розчин (5 % NaCl, pH = 6,5 – 7,2) і створювалась рівномірна завись (туман). У камері зразки провели 240 годин.

Після закінчення випробування зразки виймались з камери та витримувались при нормальних кліматичних умовах 2 години. Видаляли продукти корозії шляхом занурення зразків у травильний розчин соляної кислоти (1,18 г/мл), з додаванням 3,5 г гексаметилентетраміну на 1 л, після чого зразки висушувались та повторно зважувались.

Швидкість корозії визначають за формулою 2.6:

К = (В/ ρ) ∙ 10-3  (2.6)

де: В - втрата ваги, г/м2∙рік; ρ - густина металу, г/см3

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Технологія отримання сталей 20 та 20Х13

Була вивчена технологія отримання сталей 20 та 20Х13 за допомогою конвектора [48]. До конвертору заливають чавун котрий прогрітий до температури 1300-1450 , доповнюють цю суміш скрапом, рудою, вапном та плавиковим шпатом через вертикальну форму котра в цей момент охолоджуються водою, згодом вдувають кисень під тиском 0,9-1,4 МПа, цей процес триває протягом 12-25 хвилин.

При вдуванні кисню відбувається оксидація заліза:

2Fе + = 2FеО

Оксид заліза розчиняється у металі і реагує з кремнієм, фосфором та марганцем:

2FеО + Si = 2Fе + Si

5FеО + 2P = 5Fе +

FeO + Mn = Fe + MnO

Оксиди Si та MnO випливають на поверхню металу і утворюють шлак. Фосфорний ангідрид реагує з оксидом кальцію, утворюючи фосфід кальцію, який також переходить в шлак:

+ 3СаО =

З підвищенням температури активізується оксидація вуглецю та переведення сульфіду заліза в сульфід кальцію, який переходить в шлак:

FеО + С = Fе + СO

FeS + CaO = FeO + CaS

Бульбашки СО, піднімаючись вгору, добре перемішують вміст ванни, але внаслідок цього в майбутньому зливку залишаються безліч порожнин, заповнених СО. Такі порожнини можуть спричинити крихке руйнування при досить низькій температурі.

Саме тому під час випуску сталі в ковші проводиться дезоксидація сталі спочатку марганцем, потім кремнієм та наприкінці - алюмінієм:

FеО + Mn = Fе + MnO

2FеО + Si = 2Fе + Si

3FeO + 2Al = 3Fе +

При виготовлені сталі 20Х13 провоядть процес легування під час якого розплавлені частинки хрому вносять у розплав. У процесі легування хром утворює з вуглецем три карбіди - Сr23С6 (що містить 5,68% С), Сr7С3 (9% С) та Сr3С2 (13,33% С):

23Cr + 6C = Сr23С6

7Cr + 3C = Сr7С3

3Cr + 2C = Сr3С2

3.2 Хімічний склад сталей 20 та 20Х13

Під час експерименту були досліджені фізико-хімічні властивості стале 20 та 20Х13. У першу чергу був визначений хімічний склад цих сталей (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталей 20 та 20Х13

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка сталі | Вміст хімічних елементів, % | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | інші |
| 20 | 0,19 | 0,32 | 0,48 | 0,02 | 0,03 | 0,24 | Cu 0,250  As 0,250  N 0,250 |
| 20Х13 | 0,24 | 0,40 | 0,45 | 0,02 | 0,02 | 13,0 | Ni 0,40  Cu 0,250  V 0,20  Ti 0,15 |

Визначено, що вміст вуглецю в обох сталях приблизно однаковий і дорівнює 0,19 – 0,24 %, крім того сталі містять кремній, марганець, мідь, сірку, фосфор, але їх концентрація не значна. Хімічний склад сталі 20Х13 значно відрізняється вмістом хрому 13 % та додатковим вмістом Ni, V, Cu, Ti, загальна концентрація яких небільше 1%.

3. 3 Вплив хімічного складу на фiзико-хiмiчнi властивості сталей

Далі були визначені фізико-механічні властивості сталей 20 та 20Х13, а саме твердість за Брінеллем, межа плинності, межа міцності, відносне звуження та ударна в’язкість (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Фізико-хімічні властивості сталей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка сталі | Фізико-хімічні властивості | | | | |
| HB 10-1, МПа | σ0,2, МПа | σВ, МПа | Ψ, % | КС, кДж/см2 |
| 20 | 163 | 800 | 1000 | 67 | 157 |
| 20Х13 | 232 | 375 | 510 | 66 | 690 |

Під час аналізу і порівняння характеристик вуглецевої сталі 20 та легованої сталі 20Х13 визначено, що зміна хімічного складу сталей призводить до значної зміни властивостей.

Вплив хрому на властивості сталі, варто розглядати у зв'язку з вмістом вуглецю, тому що залежно від співвідношення вмісту вуглецю й хрому можуть бути отримані сталі феритного, полуферитного, перлітного, мартенситного, карбідного й ледебуритного класів.

Введення хрому в сталь змінює структуру сталі з ферито-перлітної - сталь 20 на мартенситну - сталь 20Х13, що впливає на механічні властивості підвищує твердість, міцність, знижує пластичність, окричує сталь.

Хром утворює із вуглецем ряд карбідів, які в результаті гартування й старіння, виділяючись в твердому розчині у високодисперсному стані, зміцнюють сталь. Однак внаслідок великої схильності карбідів хрому до коагуляції це зміцнення легко знімається з підвищенням температури випробування. Карбіди хрому мають порівняно не високу термічну стійкість, тому підвищення жароміцності сталей за рахунок утворення тільки таких карбідів не так ефективно.

Зміна структури сталі пов’язана з утворенням спеціального карбіду хрому складу Cr7С3, де частина атомів Cr може бути заміщена атомами заліза (Cr, Fе)7С3 який вміщує до 55% заліза та карбіду складу (Cr, Fе)23С6, який вміщує до 35% заліза.

Спорідненість високих значень міцності й пластичності досягається тим, що в сталях утворюється не одного виду якого-небудь карбіду, а декількох карбідів одночасно або в певній послідовності. При цьому швидкість виділення й характер розподілу різних карбідних фаз істотно відмінні. Значне зміцнення сталі відбувається у результаті виділення із твердого розчину карбідів хрому. Кількість хрому в карбіді залежить від термічної обробки. Найбільш оптимальною є нормалізація сталі, при якій виділяється найбільша кількість спеціальних карбідів.

Хром збільшує прогартовуваність сталі, і сприяє одержанню рівномірної твердості в різних перерізах виробу. Він різко підвищує опір пластичним деформаціям і знижує пластичність сталі. Однак хромиста сталь відрізняється більш високою пластичністю, ніж вуглецева, при однакових значеннях межі міцності при розтягуванні. Сталь із високим вмістом хрому й вуглецю відрізняється високим опором зношування.

Підвищений вміст хрому в сталі 20Х13 впливає на її фізичні властивості, знижує коефіцієнт теплопровідності та підвищує питомий електричний опір, що пов’язано з електронною будовою атомів хімічних елементів, які вводяться в сталь, а також впливає на температури критичних точок та фазових перетворень в сталі.

Хром значно впливає на критичні точки в сталях. Зокрема, хром може інтенсивно зсувати температуру Ас1 у сталі. Для сталі 20Х13 критична точка складає 820ºС. Подібний вплив легуючого елементу пов'язаний з двома чинниками.

Критична температура Ас1 у вуглецевій сталі відповідає перетворенню евтектоїдної складової перліту (α + Fe3С) в аустеніт шляхом фазового переходу α→γ, дисоціації карбіду хрому й розчинення вуглецю в γ-Fe. З одного боку, легуючий елемент змінює температуру α→γ перетворення для фериту, що входить до складу евтектоїду (перліту), і, з іншого боку, впливає на температуру дисоціації евтектоїдних карбідів і наступного розчинення вуглецю і легуючого елемента в γ-Fe.

Хром, підвищує температуру дисоціації карбідів та температуру α→γ перетворення, хрому на точкуАс1 особливо сильний (рис. 3.1).

Рисунок 3.1 - Залежність температури критичної точки Ас1 від вмісту хрому

3.4 Вплив хімічного складу сталі на корозійну стійкість

Також була визначена корозійна стійкість сталей у морській воді (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Корозійна стійкість сталей

|  |  |
| --- | --- |
| Марка сталі | Кг, мм/рік |
| 20 | 0,4 |
| 20Х13 | 0 |

Хром впливає і на хімічні властивості сталі, підвищують її корозійну стійкість та окалиностійкість. Високолегована хромиста сталь, що містить 13% Сr, характеризується спеціальними хімічними властивостями і є корозійною та жаростійкою.

Корозійна стійкість сталі досягається за рахунок виникнення на поверхні під дією кисню повітря щільної і міцної плівки оксиду хрому Cr2O3 . Вона перешкоджає проникненню вглиб металу кисню повітря, в результаті чого процес корозії припиняється.

При легуванні хромом корозійна стійкість досягається також за рахунок підвищення електрохімічного потенціалу. Чим більше значення електрохімічного потенціалу тим вища корозійна стійкість сталі. Зміна потенціалу відбувається не поступово, а стрибкоподібно (рис. 3.2). Корозійна стійкість з’являється при вмісті хрому від 12%.

Рисунок 3.2 - Залежність електрохімічного потенціалу сталі від вмісту хрому

3.5 Застосування сталі 20 та 20Х13. Переваги та недоліки

Виходячи з фізико-хімічних властивостей якісну конструкційну сталь 20 використовують для виготовлення різного сортового і фасонного прокату і ця сталь затребувана у верстато- та машинобудуванні. Вона використовується при виробництві котлів та іншого теплогенеруючого обладнання, фланців, патрубків та елементів корпусів і обшивки. З неї виготовляють різні зварні конструкції, в тому числі які відчувають значні напруги і несуче навантаження.

У разі додаткової термообробки із даного різновиду сталі також виробляють деталі, до яких висувають підвищені вимоги до міцності і зносостійкості: шпинделі, шестерні, вали циліндричні і черв'ячні, зірочки, муфти та фрикційні диски, осі, шпильки і анкерні болти, хомути і пробки. З поковок цієї сталі допускається виготовлення деталей типу кілець, фланців, денець, патрубків і трійників для загальнопромислових механізмів, а також енергетичного обладнання і трубопроводів з робочим тиском вище 3,9 МПа.

У даної сталі є аналоги, так у Великобританії: 050А20, 22НS, 430, 070M20, у країнах ЄС: С22, 1.1151, у КНР: 20G/Z/R, у США: 1020, G10200, M1023, у Франції: 1С22, AF42, XC15 та у Японії: S20C, STB410, STKM12A.

Сталь 20 відрізняється якістю та порівняно невисокою вартістю виробництва. Це покращує сплав, що робить його пристосовуваним до експлуатації в різних умовах і, як наслідок, поширеним.

Єдиний недолік стали 20 – низька корозійна стійкість. До переваг можна віднести хорошу зварюваність без особливих вимог до процедури, несхильність до відпускної крихкості, нечутливість до флокенів, співвідношення ціна якість, щільність матеріалу;

Широке застосування в різних сферах промисловості сталь 20Х13 отримала завдяки підвищеній жароміцності і стійкості до корозії. З металу виготовляють лопатки газотурбінних і парових установок, пічне обладнання, кріпильні елементи, трубопроводи та інші вироби, які будуть працювати в високотемпературних (до +500 градусів) слабоагресивних середовищах. Матеріал стійкий до слабких розчинів органічних кислот і солей, але не призначений для тривалого перебування в морській воді.

Оптимальне співвідношення між доступною ціною та хорошими експлуатаційними показниками зробили цю марку стали дуже затребуваною у багатьох країнах світу. Серед найпоширеніших зарубіжних аналогів 20Х13 можна відзначити наступні сплави: у Китаї – 2Cr13, США - S42000, AISI 420, у Японії – SUS 420 J1, у Польщі – 2Н13, у Чехії – 17022.

Основними перевагами сталі 20Х13 є жароміцність, низька теплопровідність, висока стійкість до корозії, поєднання якостей - твердості, пластичності, в'язкості.

Великий відсоток вмісту у продукції хрому є причиною основної проблеми, що виникає при використанні сплаву – низької здатності до зварювання. Для її якісного виконання потрібна спеціальна термообробка виробів.

Ще одним недоліком недоліком хромистої сталі є її непридатність для висока в'язкість. Хромиста сталь схильна до крупнокристалевої будови. Заливання сталі здійснюють при відносно великому ступені перегріву, що збільшує усадку й викликає небезпеку утворення в литті таких дефектів, як усадочні раковини й тріщини.

Таким чином, зміна хімічного складу, а саме легування хромом до 13 % вливає на зміну структури сталі, отже на її механічні властивості, а також і на фізико-хімічні властивості сталі.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема моєї кваліфікаційної роботи «Фізико-хімічні властивості сплавів». Дослідження проводилось в лабораторії з дослідження металів та сплавів ТОВ «Сендлаб».

Основними небезпечними та шкідливими для життя факторами були: скляний посуд, електроприлади, електронагрівачі, робота верстатами та робота з комп’ютером.

Вимоги безпеки перед початком робіт :

Жодна людина не повинна працювати в хімічній лабораторії без халату та без нагляду керівника. Тому під час виконання моєї дипломної роботи, я знаходилася під наглядом та чітким контролем мого наукового керівника.

Умови праці в лабораторії [45] :

Для забезпечення складу повітря робочої зони згідно з 12.1.016-79 ССБТ «Повітря робочої зони» проектом передбачено:

1) проведення робіт з даними речовинами під витяжною шафою (згідно з ГОСТ 3885-73 «Опалення, вентиляція і кондиціювання»;

2) використання природної вентиляції (СНіП 2.04.05-91);

3) провітрення приміщення.

Природне освітлення лабораторії повинно відповідати вимогам СНіП 11-479 «Природне і штучне освітлення». Коефіцієнт природного освітлення (КПО), повинен складати не менше 1,5%. Штучне освітлення повинно відповідати вимогам СНіП 11-4-79 «Природне і штучне освітлення» [46].

Вимоги до безпеки, яких ми дотримувалися під час роботи в лабораторії:

1. Кожен працівник лабораторії повинен мати халат;
2. За кожним працівником закріплене робоче місце.

3. При роботі із скляними приладами необхідно:

* при закриванні колби, пробірки або іншої тонкостінної посудини пробкою, тримати посудину за верхню частину шийки;
* використовувати скляний посуд без тріщин;
* нагрівати скляний посуд можна лише, якщо він виготовлений із спеціального термостійкого скла;
* не дозволяється застосовувати надмірні зусилля;
* пробірки, круглодонні колби, фарфорові чашки можна нагрівати на відкритому вогні, плоскодонні колби і склянки слід нагрівати лише на металевому розсікачі полум’я.

4. Нагріту посудину не можна закривати притертою пробкою поки вона не охолоне.

5. Нагріваючи рідину в пробірці або інших посудинах, необхідно тримати їх спеціальними утримувачами так, щоб отвір посуду був спрямований від себе і працюючих поруч.

6. При переливанні рідин користуються скляною воронкою.

7. При змішуванні (розведенні) речовин, що супроводжуються виділенням тепла, користуються термостійким або фарфоровим хімічним посудом.

8. Нагрівати речовини можна лише в термостійкому посуді.

9. При роботі з кислотами та лугами використовують такі заході безпеки:

– всю роботу з концентрованими кислотами та лугами проводять під витяжною шафою;

– при приготуванні розчинів кислот, спочатку в посудину наливають необхідну кількість води, а потім потроху додають кислоту. Забороняється додавати воду в кислоту;

– при приготуванні розчинів лугів наважку лугу опускають у велику широкогорлу посудину, заливають необхідною кількістю води і старанно перемішують;

– працюючи під витяжною шафою із концентрованими розчинами слід користуватися захисними окулярами.

10. При роботі з легкозаймистими речовинами дотримуються таких вимог:

– усі роботи проводяться під витяжною шафою при включеній вентиляції, вимкнутих газових пальниках і нагрівальних електроприладах відкритого типу;

– нагрівання легкозаймистих речовин проводять у витяжній шафі на піщаній або водяній бані з закритим електронагрівом.

При написанні дипломної роботи ми дотримувалися правил електробезпеки згідно з ДНАОП 0.00-1.21.- 98 «Правила безпечної експлантації електроустановок споживачів» [47]:

1) в хімічній лабораторії слід користуватися електронагрівниками закритого типу та іншим електричним обладнанням тільки заводського виготовлення;

2) заземлення електрообладнання необхідно виконувати згідно з ГОСТ 12.1.030-81 ССБП «Електробезпека. Захисне заземлення, занулення» [48];

3) не можна залишати ввімкнені електроприлади без нагляду.

Вимоги безпеки по закінченню робіт. Вмикання і вимикання усієї електромережі лабораторії повинно виконуватись загальним рубильником.

Забезпечення пожежної безпеки в лабораторії визначалося «Правилами пожежної безпеки в Україні»:

1) в лабораторії повинні бути справні первинні засоби пожежогасіння:

–вогнегасники вуглекислотні, пінні або порошкові, які розміщують безпосередньо в лабораторії;

– ящик або відро з піском (об’ємом близько 0,01 м2) і совком;

– покривало з вогнетривкого матеріалу.

До них обов’язково необхідно забезпечити вільний доступ.

2) У разі пожежі необхідно:

– повідомити пожежну охорону;

– вжити заходів щодо евакуації людей з приміщення;

– вимкнути електромережу.

У разі виникнення екстремальної ситуації та при необхідності надати першу медичну допомогу, ми б керувалися наступними правилами.

1. При ураженні електрострумом потерпілого звільняють від контакту зі струмом (якщо це не зроблено раніше). Виключають джерело електроживлення, а якщо це неможливо, то скидають обірваний провід дерев'яним сухим ціпком. Накладають стерильну пов'язку на електроопікову рану. При зупинці дихання проводять штучне дихання. Штучне дихання не припиняють протягом тривалого часу. При зупинці серця – непрямий масаж серця. Потерпілого госпіталізують.
2. Отруєння лугами.

Причини: потрапляння лужних сполук натрію і калію, які є у регенеративній речовині, у дихальні шляхи.

Ознаки: неприємний лужний смак у роті, кашель, різка печія слизових оболонок очей і гортані, біль за грудиною, розширення зіниць, різка слабість, загальні судоми.

Допомога: забезпечити потерпілому прилив свіжого повітря, вивільнити його від одягу, який заважає дихати, дати понюхати нашатирний спирт. У разі припинення дихання необхідно проводити штучне дихання. При зупинці серця – непрямий масаж серця [49]

1. Робота з кислотами:

- азотна, сірчана, соляна, льодяна оцтова кислоти являють собою значну небезпеку;

- пари цих кислот при здиханні сильно подразнюють слизові оболонки носа, горла, очей, спричиняють опіки верхніх дихальних шляхів;

- при по­паданні кожної із вказаних кислот на шкіру людина одержує сильний опік;

- особливо небезпечним є попадання бризок кислоти в очі.

- для уникнення нещасних випадків при роботі з кислотами необхідно користуватись індивідуальними засобами захисту: окулярами, гумовими рукавицями, гумовим фартухом і нарукавниками.

- при роботі з концентрованими кислотами необхідно дотримуватись наступних застережних заходів : всю роботу проводити у витяжній шафі з ввімкненою примусовою вентиляцією; переливання з бутилів кислот, лугів та Інших агресивних рідин проводити з допомогою спеціальних сифонів.

- при роботі з кислотами і лугами забороняється всмоктувати рідину в піпетку ротом. Для наповнення піпетки рідиною слід користуватися гумовою грушею.

- концентровану кислоту відбирати із посудини тільки за допомогою спеціальної піпетки з грушею, сифоном, або мірним циліндром;

- концентровані кислоти виливають у спеціальну посудину;

- концентровані кислоти в лабораторії зберігають у спеціально відведеному місці у справних кошиках чи обрешетуванні, викладених мінеральною, ватою, або стружкою;

- бутилі з кислотами, лугами та іншими їдкими речовинами переносяться в двох в спеціальних ящиках, або кошиках, або перевозять на спеціальних візках.

- перед транспортуванням кислот, лугів та інших агресивних рідин необхідно перевірити справність тари;

- посуд для зберігання отруйних речовин, лугів і кислот повиен мати відповідні надписи;

- якщо розлита кислота, то її потрібно засипати піском (стружкою засипати не можна), потім видалити просочений пісок лопатою і засипати содою, потім соду також видалити і промити це місце великою кількістю води;

- при попаданні на шкіру кислоти пошкоджене місце необхідно промити великою кількістю води, потім уражену ділянку шкіри обробити 5% розчином натрію гідрокарбонату;

- при попаданні в очі кислоти необхідно промити очі струменем види (великою кількістю) і висушити рушником, після чого звернутися за медичною допомогою

1. Опіки шкіри [50].

При опіках І і ІІ ступеню слід негайно покласти на уражене місце примочку зі спиртом, горілкою, або слабким розчином марганцевокислого калію. Спирт та його похідні стримують подальше руйнування клітини і водночас знезаражують місце ушкодження.

При ІІІ-IV ступеню на уражені місця накладають стерильні пов’язки. При великих опіках використовують чисті, випрасувані простирадла. Потерпілого слід напоїти чаєм або мінеральною водою і терміново доставити до лікарні.

Під час написання дипломної роботи ми дотримувалися правил техніки безпеки під час роботи на ПК.

Комп’ютерне обладнання повинні підключатися до електромережі лише за допомогою справних штепсельних з’єднань і електророзеток заводського виготовлення.

У штепсельних з’єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їх конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз’єднання при відключенні має бути зворотним.

Не допускається підключати комп’ютерну техніку до звичайної двопровідної електромережі, зокрема з використанням перехідних пристроїв.

Забороняється:

* торкатися руками екрану і тильного боку дисплея, дротів живлення та заземлення, з`єднувальних кабелів;
* порушувати порядок увімкнення й вимикання апаратних блоків;
* класти на апаратуру сторонні предмети; працювати на комп`ютері у вологому одязі та вологими руками; палити в приміщенні, де знаходяться комп`ютери.

Під час роботи на комп`ютері необхідно [51]:

– суворо дотримуватися інструкції з експлуатації апаратури;

– працювати на клавіатурі чистими сухими руками, не натискуючи на клавіші без потреби.

Під час роботи комп`ютера екран дисплея є джерелом електромагнітного випромінювання, яке руйнує зір, викликає втому, знижує працездатність. Через це треба, щоб очі користувача знаходилися на відстані не менше 60-70 см від екрана, а безперервна робота за комп`ютером тривала не більше 25 хв. для дітей та 40-45 хв. для дорослих.

Електронно-променева трубка дисплею використовує високу напругу, тому треба бути особливо уважним при роботі з ним.

Отже, знання правил безпеки під час виконання кваліфікаційної роботи допомогло мені уникнути травмування.

ВИСНОВКИ

1. Експериментально доведено, що легування сталі 20 до сталі 20Х13 хромом значно впливає на фізико-хімічні властивості, підвищує міцність, твердість, пластичність, в’язкість сталі за рахунок утворення спеціальних карбідів у сталі 20Х13, зміщення температури критичних точок, а також переходу структури сталі з феритно-перлітної у мартенситну.

2. Експериментально встановлено, що легуючий хром у кількості 13% значно підвищує корозійну стійкість сталі, її жароміцність, окалиностійкість.

3. Експериментально доведено, що вид термообробки також значною мірою впливає на фізико-механічні властивості сталей. Оптимальною для сталей 20 та 20Х13 є нормалізація (нагрівання сталі до 1000оС та наступне охолодженням на повітрі)..

4. Виходячи з фізико-хімічних властивостей сталь 20 використовують як конструкційний матеріал у машино- та верстатобудуванні, для будівництва теплогенеруючого обладнання, а сталь 20Х13 використовується виготовлення газотурбінних та парових установок, пічного обладнання та трубопроводів.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Актуальною проблемою на сьогоднішній час залишається вивчення фізико-хімічних властивостей сталей, що має велике практичне значення для багатьох галузей виробництва.

Для розширення експлуатаційних можливостей конструкційних сталей рекомендується їх легування хромом – одним з найдешевших та ефективним легуючим елементом.

Для підвищення корозійної стійкості, окалиностійкості, жароміцності, твердості ефективним є легування сталі хромом у кількості не менше 13%.

перелік посилань

1. Боброва Т.В. Основи матеріалознавства: навчальний посібник. 2019. Ресурсний центр ГУРТ. 104 с.
2. Дурягина З.А., Ковбасюк Т.М., Беспалов С.А. Анализ конкурентноспособных методов повышения эксплуатационных свойств функциональных слоев плоских нагревательных элементов. *Успехи физики метталов*. 2016, т.17, С. 29 – 51.
3. Никулина А. Л., Козырев Н. А., Гаврилов В. В., Гаркавенко В. В., Гизатулин Р. А. Свойства и структура стали, микролегированной никелем и хромом. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2001. №6. С.37–38.
4. Sereda B., Sereda D. Research of physical and mechanical properties of wear-resistant and corrosion-resistant coatings on copper alloys. *Materials Science and Technology Conference and Exhibition 2014*, *MS and T 2014, 12 October 2014 - 16 October 2014.* 2014. Vol. 1. P. 35–39. URL: http://www.proceedings.com/24744.html
5. Кіндрачук М.В. Технологічні аспекти забезпечення працездатності інструменту з швидкорізальних сталей. *Проблеми тертя та зношування*. 2016. Вип. 1(70). С. 67-78.
6. Strong A. Brent. Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods and Applications / A. Brent Strong. – Dearborn, Michigan : Society of manufacturing engineers, 2008. – 620 р.
7. Vinas J., Brezinova J., Brezina J., Maruschak P. O. Structural and mechanical features of laser-welded joints of zinc-coated advanced steel sheets. 2019. Т. 55, № 1. C. 47–51.
8. Прикладне матеріалознавство: збірник конкурсних завдань. Навчальний посібник / Богун Л.І., Дурягіна З.А. та інші. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 188 с.
9. Bryson W.E. Heat Treatment: Master Control Manual Carl Hanser Verlag. Munich, Germany. 2015. 346 p.
10. Коршунов Л. Г., Гойхенберг Ю. Н., Черненко Н. Л. Влияние кремния на структуру, трибологические и механические свойства азотсодержащих хромомарганцевых аустенитных сталей. Физика металлов и металловедение. 2003. Т.96, №5. С.100–110.
11. Сергієнко Ю.В. Особливості визначення межі витривалості для рейкової сталі. *Університетська наука – 2021*. Маріуполь. 2021. Т. 2. С. 153–154.
12. Каплун П. В., Ляшенко Б. А. Визначення залишкових напружень у поверхневих шарах сталі 20Х13 після іонного азотування за показниками мікротвердості. Проблемы прочности. 2016. № 6. С. 56–63.
13. Nikolaev V. A. Improvements in steel-strip quality. Steel in Translation. 2015. Vol. 45, № Issue 10. P. 778–783. URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S0967091215100125>.
14. Гришкевич А. Д. Исследование зависимости усталости магнетронного хромового покрытия от его механических свойств. Техническая механика. 2014. № 3. С. 94–99.
15. Sereda B., Sereda D. Corrosion resistance and mechanical properties zinc coating sheet steels, received in conditions of selfpropagating high temperature synthesis. Materials Science and Technology Conference and Exhibition 2016, MS and T 2016, Salt Lake City, United States, 23-27 October 2016. 2016. Vol. 2. P. 825–829. URL: <http://www.proceedings.com/32780.html>.
16. Афтанділянц Є. Г. Вплив хімічного складу на теплостійкість литої конструкційної сталі. Металознавство та обробка металів. 2021. № 1. С. 38–44.
17. Банных О. А., Блинов В. М., Костина М. В., Блинов Е. В., Калинин Г. Ю. Влияние режимов горячей прокатки и термической обработки на структуру, механические и технологические свойства аустенитной азотсодержащей стали 05Х22АГ15Н8М2Ф-Ш. Металлы. 2006. № 4. С.33–41.
18. Коршунов Л. Г., Гойхенберг Ю. Н., Черненко Н. Л. Влияние кремния на структуру, трибологические и механические свойства азотсодержащих хромомарганцевых аустенитных сталей. *Физика металлов и металловедение.* 2003.Т.96, №5. С.100–110.
19. Лоскутова Т.В. Будова і захисні властивості комплексних хромотитаноалітованих дифузійних покриттів на сталі У8А. *Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*, 2015. № 6. С. 38-45.
20. Федірко В. М., Кухар І. С., Мельник Х. Р. Вплив структурно-фазового стану хромистих сталей на їх корозію в сплавах свинцю. *Фізико-хімічна механіка матеріалів.* 2018. Т. 54, № 4. С. 96–99.
21. Захарова И.В. Анализ влияния неметалических включений и микроструктуры на качество сварных соединений стали трубного назначения. *Наука та виробництво*. Маріуполь. 2018. Вип. 19. С. 88–97.
22. Dieter, George E. (1989). *Mechanical Metallurgy.* SI Metric Adaptation. Maidenhead, UK: McGraw-Hill Education. ISBN 0-07-100406-8
23. 49. Суворов, А.В. Общая и неорганическая химия в 2 т. том 2: Учебник для академического бакалавриата / А.В. Суворов, А.Б. Никольский. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 315 c.
24. Гельфман, М.И. Неорганическая химия / М.И. Гельфман, В.П Юстратов. - СПб.: Лань, 2007. - 528 c.
25. Shriver, Atkins. Inorganic Chemistry, Fifth Edition. W. H. Freeman and Company, New York; 2010; p. 379.
26. 8. Барагузина, В.В. Общая и неорганическая химия: Учебное пособие / В.В. Барагузина, И.В. Богомолова, Е.В. Федоренко. - М.: ИЦ РИОР, 2013. - 272 c.
27. Corrosion of Steel in Concrete Structures / edited by A. Poursaee. Cambridge : Elsevier, 2016. 294 p.
28. Коренев Ю.М., Овчаренко В.П. К 66 Общая и неорганическая химия. Курс лекций. Часть I. Основные понятия, строение атома, химическая связь. – М.: Школа имени А. Н.Колмогорова, Издательство Московского университета, 2000. – 60 с. ISBN 5-211-04200-X
29. Hartwell, Robert (1966). "Markets, Technology and the Structure of Enterprise in the Development of the Eleventh Century Chinese Iron and Steel Industry". *Journal of Economic History*. 26: 53–54. doi:10.1017/S0022050700061842.
30. Martin, John Wilson (2007). *Concise encyclopedia of the structure of materials. Elsevier.* p. 183. ISBN 978-0-08-045127-5.
31. Бугай Д.Е. Коррозионностойкие стали и сплавы: Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. – 72 с.
32. Smith, William F.; Hashemi, Javad (2001), Foundations of Material Science and Engineering (4th ed.), McGraw-Hill, p. 394, ISBN 0-07-295358-6
33. Семенова И.В., Флорианович Г. М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
34. Савицький О. М., Савицький М. М. Вплив теплопровідності на схильність сталей до утворення зварних з'єднань. *Металознавство та обробка металів.* 2017. № 3. С. 40–47.
35. Федірко В. М., Кухар І. С., Мельник Х. Р. Вплив структурно-фазового стану хромистих сталей на їх корозію в сплавах свинцю. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2018. Т. 54, № 4. С. 96–99.
36. Daw, Murray S.; Foiles, Stephen M.; Baskes, Michael I. (1993). "The embedded-atom method: a review of theory and applications". *Materials Science Reports (Submitted manuscript).* 9 (7–8): 251–310. doi:10.1016/0920-2307(93)90001-U.
37. Emsley, John (2001). "Manganese". Nature's Building Blocks: *An A-Z Guide to the Elements.* Oxford, UK: Oxford University Press. pp. 249–253. ISBN 978-0-19-850340-8.
38. ГОСТ 28033-89 Сталь. Метод рентгенофлуоресцентного анализа.
39. ДСТУ 7750:2015 Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Методы определения общего углерода и графита.
40. ДСТУ ISO 6506-1:2019. Металеві матеріали. Визначення твердості за Брінеллем. Частина 1. Метод випробування (ISO 6506-1:2019, IDT).
41. ГОСТ 25.503-97 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие.
42. ДСТУ EN 10002-1:2006 Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при комнатной температуре (EN 10002-1:2001, IDT).
43. ГОСТ 9 4 5 4 -7 8 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах [ем. Изменение № 2, И У С № б—88; Переиздания (июнь 1990 г.), (октябрь 1993 г.), (октябрь 2002 г.) с Изменениями № 1, 2].
44. ISO International Organization for Standardization. ISO 9227 Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests, 2006.
45. НПАОП 73.1–1.11–2012. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях. [Чинний від 2012-09-11]. Київ : МНС України №1192, 2012. 29 с.
46. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2006–10–01]. Київ : МінБуд України, 2006. 128 с.
47. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці : підручник, 5-е вид. Київ : Каравела, 2011. 384 с.
48. Пашков В.І., Жовтяк Г.А., Бодня З.К. «Основи охорони праці»: конспект лекцій. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків: ХНАМГ, 2012. 83 с.
49. Robert H. Hill, Jr., David C. Finster. Laboratory Safety for Chemistry Students. Wiley. 2016. Vol. 2. 576 p.
50. Najat Rashid, Ramnik Sood. Manual of Laboratory Safety: Chemical, Radioactive, and Biosafety With Biocides. Jaypee Brothers Medical Pub. 2013. Vol. 1. 162 p.
51. Макаров Г. В., Васин А. Я., Маринина Л. К., Софинский П. И., Старобинский В. А., Торопов Н. И. Охрана труда в химической промышленности : учеб. для вузов / под ред. Г. В. Макарова. Москва : Химия, 1989. 496 c. : ил., табл.

**Декларація**

**академічної доброчесності**

**здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ**

Я, \_\_Андрющенко Ганна Русланівна\_\_, студент(ка) \_\_\_\_\_2\_\_\_\_\_\_\_\_ курс,

форми навчання \_\_\_\_\_денної\_\_\_, факультету \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_біологічного\_\_\_\_\_\_,

спеціальність \_\_\_\_\_\_\_\_хімія\_\_\_\_\_\_\_\_\_, адреса електронної пошти \_\_\_\_\_\_owl.ann123@gmail.com\_\_\_\_\_\_\_\_,

− підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Фізико-хімічні властивості сплавів\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;

− заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою інтернет-системи, а також на архівування моєї роботи в базі даних цієї системи.

Дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Підпис\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ПІБ \_\_\_Андрющенко Г.Р.\_\_\_\_

(студент)

Дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Підпис\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ПІБ \_\_\_Омельянчик Л.О.\_\_\_\_

(науковий керівник)

ВІДГУК

д. біол. наук, зав. кафедри хімії Бражко О. А.

на кваліфікаційну роботу за темою «Пошук біологічно активних речовин серед метоксипохідних 2-R-хінолінів», виконаною студенткою ІІ курсу денного відділення біологічного факультету   
Джос Ганною Юріївною,

напряму підготовки 102 «Хімія», освітньої програми «Хімія»

**1. Актуальність обраної для дослідження проблеми.** В останні роки в Україні збільшується попит на ефективні та малотоксичні рострегулятори рослин. Відомо, що токсикологічна проблема, пов’язана з використанням синтетичних хімічних біорегуляторів, полягає в наявності у багатьох з них побічних ефектів. Інтерес до цілеспрямованого синтезу біологічно активних речовин з метою пошуку нових малотоксичних речовин є актуальним у галузі біоорганічної хімії.

**2. Теоретичне значення роботи.** У процесі написання роботи   
Джос Г. Ю. проаналізувала ступінь розробленості обраної теми в доступній літературі й опрацювала 73 літературних джерел, серед яких 21 іншомовних. У результаті було окреслено актуальність роботи, сформульовано мету, поставлено завдання та зроблено висновки.

**3. Практичне значення.** Експериментально встановлено, що досліджені сполуки 6-метоксипохідних хіноліну показали високий вплив на ризогенез в умовах *in vitro* у експлантатів Павловнія клон 112 і троянди рожевої сорту Лада.

**4. Новизна роботи:** полягає в тому, що студенткою було дослiджено біологічну дію S-(6-метокси-2-метилхінолін-4-іл)карбонових кислот та їх структурних аналогів на ризогенез в умовах *in vitro* у експлантатів Павловнія клон 112 і троянди рожевої та подальшу адаптацію мікророслин до умов *in vivo*. Встановлено молекулярні дискриптори, що найбільш впливали на зміни показників ризогенезу.

**5. Характеристика ставлення студента до виконання кваліфікаційної роботи.** Студентка Джос Г. Ю. під час написання кваліфікаційної роботи продемонструвала високий рівень самостійності та ретельність при опрацюванні літературних джерел; здатність на основі експериментальних досліджень робити відповідні обґрунтовані висновки, що відображають основні результати досліджень; ґрунтовність розкриття мети роботи. Студентка творчо та відповідально підійшла до виконання поставлених завдань.

**6. Дотримання вимог щодо змісту та оформлення роботи.** Робота виконана з урахуванням усіх норм і вимог щодо написання й оформлення кваліфікаційних робіт, відповідає стандартам за структурою і стилем викладу матеріалу. Матеріал роботи проілюстровано рисунками, таблицями, що переконливо підтверджують доцільність проведеної роботи.

**7. Точка зору наукового керівника щодо перспектив подальшого розроблення обраної проблематики.** Подальше дослідження може бути спрямоване на вивчення впливу даних сполук на інші рослинні експлантати для визначення їх біологічної дії.

**8. Висновок про допуск до захисту та оцінка.** Робота виконана на належному науковому рівні, відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних робіт, та може бути допущена до захисту.

Науковий керівник

д. біол. наук, зав. кафедри хімії О. А. Бражко

\_\_.\_\_. 2021

**РЕЦЕНЗІЯ**

д-ра фарм. наук, професора Омельянчик Л. О.

на кваліфікаційну дипломну роботу«Пошук біологічно активних речовин серед метоксипохідних 2-R-хінолінів»,

виконану студенткою біологічного факультету Запорізького національного університету, групи 8.1020 Джос Ганною Юріївноюспеціальності 102 «Хімія»

**1. Обґрунтування актуальності проблеми дослідження.** В останні роки в Україні збільшується попит на ефективні та малотоксичні рострегулятори рослин. В галузі біоорганічної хімії науковці приділяють особливу увагу синтезу біологічно активних структур на основі хіноліну та вивченню їх фізико-хімічних властивостей. Хінолін виявляє різну фармакологічну дію, але не використовується як лікарський засіб, оскільки має високу токсичність. Тому він є синтоном для створення різноманітних за дією рострегуляторів.

**2. Аналіз літературних даних.** У кваліфікаційній роботі проаналізовано 73 літературних джерел, із них 21 іноземною мовою, у яких описано наукові дослідження фізико-хімічних властивостей похідних хіноліну, як потенційних БАР.

**3. Застосовані методи та схема проведення експерименту.** Експериментальна робота виконувалась чітко та послідовно, з дотриманням вимог з охорони праці та техніки безпеки. Студенткою було проведено: розраховано молекулярні дескриптори які мають вплив на токсичну дію сполук та ризогенез за допомогою використання пакетів програм HyperChem 2010 та ACDLabs; експериментально визначено фізико-хімічні властивості, а саме: температура плавлення, ліпофільність; встановлено ЛД 50; проаналізовано отримані результати та порівняно їх з теоретичними даними.

**4. Структура та стиль роботи.** Відповідають чинним вимогам до кваліфікаційних робіт. У роботі наявні всі необхідні розділи та підрозділи. Матеріал викладено доступно, логічно; доповнено його відповідними таблицями та рисунками.

**5. Рівень, якість і ступінь використання ЕОМ.** Для обробки та аналізу результатів експериментальних досліджень використовувалось сучасне програмне забезпечення на ЕОМ. При виконанні кваліфікаційної роботи використано такі програми: Microsoft Word, Microsoft Оffice Excel, Microsoft Оffice PowerPoint, ChemDraw Ultra 12.0, ChemDraw Professional 15.1, Chem3D 15.1, ACDlabs 10 та інтернет-ресурси (PASSOnline, ChemAxon).

**6. Відповідність висновків завданням, їх конкретність та оригінальність.** Висновки відповідають поставленим завданням, сформульовані конкретно та лаконічно.

**7. Положення, які автор повинен довести чи пояснити під час захисту.**

1. Різновиди ліпофільності та принцип її визначення.

2. Вплив досліджуваних сполук на явище ризогенезу.

**8. Оцінка рецензентом кваліфікаційної роботи.** Студентка має наукові публікації: 2 тез за результатами виконання кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота магістра Джос Г. Ю. відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних робіт і заслуговує на оцінку «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_».

Дата \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент

д-р фарм. наук, професор Л. О. Омельянчик

ХАРАКТЕРИСТИКА

магістра ІІ курсу денної форми навчання

біологічного факультету Запорізького

національного університету

Джос Ганні Юріївні

Джос Ганна Юріївна була зарахована на І курс магістратури біологічного факультету денної форми навчання Запорізького національного університету напрям підготовки 102 «Хімія», освітньої програми «Хімія», в 2020 році за підсумками складання вступних іспитів. Протягом років навчання зарекомендувала себе як студентка з гарними знаннями предметів, що викладалися. До навчання відноситься відповідально, сумлінно проявляє себе щодо засвоєння загально хімічних та спеціальних знань, все вчасно виконувала та здавала. Постійно підвищує свій професійний рівень. Проходить спеціалізацію на кафедрі хімії. Під час роботи над темою дипломного дослідження показала гарні здібності до аналізу та узагальнення матеріалу. Студентка бере активну участь у науково-дослідницькій та виховній роботі кафедри. Відповідальна, вимоглива до себе, має авторитет і повагу серед товаришів та викладачів.

В процесi пiдготовки кваліфікаційної роботи показала вмiння самостійно ставити науковi задачi та їх практично реалiзувати.

Науковий керівник, д.б.н., професор: Бражко О. А.

Заст. декана з навчальної роботи: Малько М. М.