

Дата: 17.11.2023

Викладач: Юдіна Дар'я Олександрівна [mikhailinadarya@gmail.com](mailto:mikhailinadarya@gmail.com)

Група № Е-1

Предмет: Електротехнічні матеріали та обладнання

## Урок № 59

### Тема: Матеріали високої і посередньої провідності

#### Метали з низьким опором

До найбільш розповсюджених металів високої провідності відносяться мідь і алюміній. Срібло, незважаючи на найвищу провідність, а також золото не мають широкого вжитку внаслідок відносно високої вартості.

**Срібло** – срівато-білий метал, стійкий до окислення при нормальній температурі, має чудову віддзеркалюючу здатність. Срібло характеризується найменшим значенням питомого опору серед інших металів, але не переходить в надпровідний стан при наднизьких температурах. Має достатньо високу міцність і високу пластичність, тому з срібла можна одержати листки товщиною усього лише 0,25 мкм.

Срібло застосовують для виготовлення проводу і контактів, розрахованих на малі струми, а також для безпосереднього нанесення на діелектрики в якості електродів, у виробництві керамічних і слюдяних конденсаторів, акумуляторів. В електротехніці досить поширене сріблення. Найтоншу срібну плівку наносять не тільки заради високої віддзеркалюючої здатності, а і заради підвищення хімічної стійкості (срібло краще багатьох інших металів протистоїть дії лугів) і електропровідності виробів. Перевага срібного покриття ще і в високій і щільності (безпористі). Недоліком срібла є його схильність до міграції всередину діелектрика при безпосередньому контакті, а також більш низька хімічна стійкість срібла в порівнянні з іншими благородними металами.

**Мідь** – питомий опір чистої міді незначно поступається питомому опору срібла, але надзвичайно чутливий до наявності домішок. При вмісті в міді 0,5% Zn, Cd або Ag питома провідність її знижується на 5%. При тім же вмісті Ni, Sn або Al питома провідність міді падає на 25-40%. Домішки Be, Fe, Si або P знижують питому провідність до 55%. Мідь має високу теплопровідність, що забезпечує інтенсивний відвід тепла від електричних пристроїв.

#### Сплави міді – бронзи і латуні.

**Бронзи** – сплави міді з оловом, кремнієм, берилієм, алюмінієм, хромом, кадмієм і ін. Такі сплави мають більш високі механічні властивості, ніж мідь, але більш високий питомий опір. Бронзи широко застосовують для виготовлення струмопровідних пружин.

**Кадмієву** бронзу застосовують для виготовлення контактних проводів і колекторних пластин особливо відповідального призначення, оскільки, з одного боку, додавання кадмію значно підвищує механічну міцність і твердість, а з другого, кадмієва бронза є дорогим сплавом.

**Латунь** – сплав міді з цинком. Цинк поліпшує механічні властивості міді (її міцність, пластичність, корозійну стійкість) і при цьому здешевлює сплав. Тому вироби з латуні виготовляють штампуванням, глибокою витяжкою і т.п.

**Алюміній** – метал сріблито-білого кольору, найважливіший представник так званих легких металів. Алюміній приблизно в 3,5 рази легше міді. Температурний коефіцієнт лінійного розширення, питома теплоємність і теплота плавлення алюмінію більше, ніж у міді, а температура плавлення – менша.

В порівнянні з міддю алюміній має нижчі як механічні, так і електричні властивості. Питомий електричний опір чистого алюмінію більше, ніж міді, у 1,65 рази. Алюмінієвий

провід такого ж електричного опору, як і мідний, повинен мати діаметр в 1,3 рази більше діаметра мідного проводу. При цьому алюмінієвий провід буде в два рази легший мідного проводу при однаковій довжині і електричному опорі.

**Золото** – метал жовтого кольору, має посередню міцність, але високу пластичність, досить м'який, має високу корозійну стійкість. Електрична провідність золота вища, ніж у алюмінію, але гірша, ніж у міді.

В електротехніці золото використовується як контактний матеріал для забезпечення корозійної стійкості покриття і стабільності перехідного електричного опору в механічних контактах точних електричних вимірювальних приладів, комп'ютерів, тощо.

### **Метали посередньої провідності**

Залізо, платина і палладій відносяться до широко вживаних в електротехніці металів з посередньою провідністю.

**Залізо і сталі** (сплав заліза з вуглецем) - дешевий і широко розповсюджений метал, має високу механічну міцність, але низьку корозійну стійкість. Питомий опір в 6 разів вищий, ніж у міді.

**Біметал** (провідниковий біметал, не плутати з термічним біметалом) – це сталь, покрита зовні шаром міді. Механічна міцність біметалу більше, ніж міді, але електрична провідність менше. Застосування міді в зовнішньому шарі забезпечує більш високу провідність біметалу при перемінному струмі і захист стали від корозії.

**Платина** – метал, що практично не реагує з киснем і є досить стійким до хімічних реагентів. Платина добре механічно обробляється, витягується в дуже тонкі нитки і стрічки (відносно видовження 30-35%). Механічна міцність така ж, як у золота.

**Палладій** - за багатьма властивостям близький до платини й у ряді випадків служить її заміником. Має високу корозійну стійкість: на палладій при нормальній температурі не діє навіть фтор.

Палладій використовують у електровакуумній техніці для поглинання водню. При кімнатній температурі один одиниця об'єму палладія вбирає в себе до 950 одиниць об'єму водню. При цьому він розрихлюється і розтріскується. Підвищена здатність до газопоглинання характерна для всього класу платинових металів.

Палладій і його сплави зі сріблом і міддю застосовуються як контактні матеріали.

## **Урок № 60**

### **Тема: Метали і сплави з високим опором**

#### **Метали високого опору**

**Титан** – має високу механічну міцність, співставну з міцністю кращих сталей, і надзвичайно високу в'язкість руйнування. При цьому щільність титану майже вдвічі нижча, ніж щільність заліза. Корозійно стійкий. Тому використовується для виготовлення відповідальних елементів конструкцій.

Лише три технічно важливих у сучасному світі метали – алюміній, залізо і магній – поширені в природі більше, ніж титан.

**Ртуть** – метал, що знаходиться в рідкому стані при нормальній температурі і перетворюється у тверде тіло при охолодженні до  $-38,9^{\circ}\text{C}$ . Її добувають із сірчистого з'єднання червоної кіноварі. Ртуть легко випаровується і має значний тиск пари при кімнатній температурі. Пари ртуті отрутні. Питомий електричний опір ртуті є найбільшим з відомих металів і перевищує опір міді майже у 60 разів.

#### **Сплави високого опору**

**Сплави високого опору** застосовуються при виготовленні електровимірювальних приладів, зразкових опорів, реостатів і електронагрівальних приладів. В усіх цих випадках від провідника потрібно можливо більший питомий опір.

Найбільш поширеними є високоомні сплави на мідній основі (манганін і константан), а також на хромо-нікелевій і залізо-хромовій основі з додаванням алюмінію.

**Манганін** – сплав на основі міді (Cu – 86%; Mn – 12%; Ni – 2%). Питомий опір у 25 разів вище, ніж у міді. Відрізняється характерним жовтуватим відтінком. Добре витягується в тонкий провід діаметром до 0,02 мм. Має високу термічну стабільність.. Найбільша допустима робоча температура для сплаву – 200°C. Використовується у електровимірювальних приладах і для виготовлення зразкових резисторів.

**Константан** – сплав міді і нікелю (Cu – 55%; Ni – 45%). Питомий опір у 28 разів вище, ніж у міді, і практично не залежить від температури. Тому константан застосовують для виготовлення реостатів і електронагрівальних елементів. Робоча температура сплаву до 450°C (при нагріванні до більш високих температур окислюється).

**Сплави на основі заліза-нікеля-хрома** – використовуються переважно для виготовлення електронагрівальних пристроїв. Висока нагрівостійкість таких сплавів зумовлена додаванням нікеля, хрома і алюмінію. Чим більша частка заліза у сплаві, тип менш нагрівостійким є сплав.