

## КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

Конструкційні матеріали призначені для виготовлення хімічного обладнання вибираються проектною організацією з врахуванням фізико-механічних властивостей і корозійної стійкості матеріалів при заданих умовах на основі досвіду експлуатації і результатів науково-дослідних робіт.

При виборі матеріалів керуються відомостями, які характеризують:

1. міцність матеріалу в умовах високих напружень і температур;
2. пластичність матеріалу, яка визначає можливість роботи його при знако-перемінних і ударних навантаженнях;
3. схильність матеріалу до старіння для визначення довговічності обладнання в процесі експлуатації;
4. стабільність структури матеріалу при дії термічних і механічних навантажень;
5. стійкість матеріалу до дії теплових ударів і різких змін температур в процесі нагріву чи охолодження реакційної маси, що знаходиться в апаратах;
6. однорідність матеріалу, яка визначає відсутність внутрішніх дефектів (розшарування, раковини, тріщини, включення сторонніх тіл, перепал матеріалу і т.п.);
7. степінь чистоти поверхні (чим чистіша поверхня, тим вільніше вивантажується реакційна маса і не відбувається зависання, налипання її на стінках реакторів);
8. корозійну стійкість матеріалів в експлуатаційних умовах, тобто при одночасній дії робочих тисків, температур і агресивного середовища.

Крім того при виборі матеріалу і особливо металу слід враховувати зварюваність, обробка під тиском і різанням, а також інші фактори які визначають вартість і економічну ефективність обладнання.

Хімічна апаратура часто експлуатується у важких умовах: при підвищених тисках і температурах, в агресивному середовищі. Для

забезпечення достатнього терміну служби обладнання вибір матеріалу має першочергове значення. Зважаючи на велику різноманітність умов експлуатації в хімічному машинобудуванні використовується велика кількість сталей і сплавів різного складу. В якості захисних і конструкційних матеріалів широке застосування знаходять неорганічні і полімерні матеріали.

Металічні конструкційні корозійностійкі матеріали діляться на дві основні групи:

1. Метали на основі заліза:

- а) звичайні вуглецеві сталі – нелеговані і низьколеговані залізовуглецеві сталі, які містять до 1% карбону;
- б) високолеговані сталі – леговані хромом, нікелем, молібденом, титаном і іншими елементами;
- в) чавуни – нелеговані і високолеговані, що містять більше 2,5-2,8 % карбону.

2. Кольорові метали – нікель, мідь, алюміній, титан, цинк, олово, свинець, срібло, тантал і інші більш рідкі метали.

### **Вуглецеві сталі.**

Вуглецеві сталі діляться на конструкційні і інструментальні. В хімічному машинобудуванні використовуються, головним чином, конструкційні вуглецеві сталі звичайної якості і сталі якісні.

Сталь вуглецеву звичайної якості розрізняють по способу виплавки: мартенівська (спокійна, напівспокійна і кипляча) і бесемерівська (спокійна і кипляча). В залежності від призначення і гарантійних характеристик ці сталі поділяються на три групи: А, Б, В.

При поставці сталі групи А гарантуються механічні властивості, групи Б —хімічний склад, групи В—хімічний склад і механічні властивості.

Звідси і їх маркування, наприклад Б.Ст3.кп—сталь групи Б, кипляча, Mn 0,25-0,55(цифра 3 після слова Ст. означає середній вміст мангану в сталі).

Сталі вуглецеві якісні діляться на дві групи (по вмісту Mn): сталі I групи до 0,8% Mn, сталі другої групи – до 1,0% Mn. В першу групу включаються сталі 22 марок з різним вмістом карбону від  $\leq 0,06\%$  (Ст.05кп) до 0,85-0,90% (Ст.85)(цифри в марках означають середній вміст карбону в сталі, наприклад Ст.08 (C = 0,05-0,12), Ст35 (C= 0,32-0,40) і т.д.). Друга група включає сталі 11 марок з вмістом карбону від 0,12-0,19% (Ст.15Г) до 0,67-0,75% (Ст. 70Г).

Структура і властивості нелегованих сталей перш за все визначається вмістом в них карбону. Вплив карбону на механічні властивості сталі, а також на корозійну стійкість залежить від виду обробки сталі. Так, у відпущених сталях вплив карбону виявляється вже при вмісті його в сталі більше 0,3-0,4%. Вплив інших домішок (мангану, силіцію, фосфору і сульфур) при вмісті їх не більше: 0,6-0,8% (Mn), 0,30-35% (Si), 0,04%(P) і 0,02% (S) – не суттєве. При більш високому вмісті Mn, Si, P ці домішки впливають на механічну міцність; на корозійну стійкість впливає головним чином сульфур, викликаючи міжкристалітну корозію сталі внаслідок утворення з залізом і манганом сульфідів, які викристалізуються на границі зерен. При нормальному вмісті домішок міжкристалітна корозія для вуглецевих сталей не характерна. Вуглецеві і низьколеговані сталі задовільно стійкі в розчинах сірчаної кислоти при масовій концентрації її більше 65% і температурі не більше 40<sup>0</sup>C. В азотній кислоті вони стійкі в інтервалі концентрацій 80-96% дякуючи утворенню захисної оксидної плівки, яка при більш високих концентраціях руйнується. Вказані матеріали володіють задовільною корозійною стійкістю в розчинах їдкого натру при температурах до 100<sup>0</sup>C і масовій концентрації до 30%.

Корозійна стійкість значно підвищується при легуванні сталей хромом, нікелем, молібденом, титаном і іншими матеріалами.

При маркуванні сталі легуючі елементи позначаються відповідними буквами

Елемент	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Si	Mn	Al	N	W	V
Позначення	Х	Н	М	Т	Д	С	Г	Ю	А	В	Ф

Цифра, яка стоїть після буквеного позначення легуючого елементу, вказує на середній вміст (в %) даного елементу у сплаві; цифра, яка стоїть перед першою буквою – вміст (в сотих долях %) карбону. Якщо в сплаві знаходиться менше 1% легуючого елемента, то вміст його не вказується. Так, в сталь 12Х18Н10Т входить:  $C \leq 0,12\%$ ; Cr 17,0-19,0%; Ni 9,0-11,0%; Ti 0,7%.

Всі високолеговані сталі класифікуються по властивостях і по структурі.

Класифікація високолегованих сталей по властивостях:

- I група – корозійностійкі (нержавіючі) сталі, стійкі до атмосферної, ґрунтової, основної, кислотної, сольової і інших видів електрохімічної корозії;
- II група – жаростійкі (окалиностійкі) сталі, які працюють в слабо навантаженому стані; стійкі в газових середовищах при температурах вище 550<sup>0</sup>С;
- III група – жароміцні сталі, які працюють у навантаженому стані на протязі певного часу і володіють при цьому достатньою окалиностійкістю.

Класифікація високолегованих сталей по структурі:

Основні класи

1. сталі мартенситної структури;
2. сталі феритної структури;
3. сталі аустенітної структури.

Проміжні класи

4. сталі мартенситно-феритної структури;
5. сталі аустенітно-феритної структури;
6. сталі аустенітно-мартенситної структури.

В хімічному машинобудуванні найбільш широко використовуються хромисті, хромонікелеві, хромонікельмолібденові, а також спеціальні високолеговані сталі I групи.

**Хромисті сталі.** Хром являється основним легуючим елементом залізо-вуглецевих сталей; це пояснюється його дешевизною, доступністю і здатністю до пасивації. Межа стійкості залізохромистих сплавів відповідає вмісту хрому в сплаві від 11 до 14% (в залежності від виду агресивного середовища).

Сталі типу X13 (1X13, 2X13, 3X13, 4X13, X14, 2X13H4Г9 і інші) призначені для роботи в слабо агресивних середовищах при температурах не вище 30<sup>0</sup>С (водні розчини солей, азотна і деякі органічні кислоти невисоких концентрацій, харчові середовища), а також в умовах дії прісної води, пари, атмосфери.

**Хромонікелеві сталі аустенітної структури.** Нікель – другий за значенням легуючий елемент, при введенні якого в сталі підвищується корозійна стійкість, покращуються одночасно механічна міцність, пластичність, а також здатність до зварювання. Тому хромонікелеві сталі більш технологічні, ніж хромисті і класифікуються як сталі високої корозійної стійкості в агресивних середовищах. Крім цього ці сталі характеризуються більш високим, в порівнянні з хромистими сталями, опором до повзучості, що дає можливість застосовувати їх при температурах до 500-600<sup>0</sup>С для виготовлення апаратів, які працюють під високим тиском. Ці сталі володіють окалиностійкістю при нагріванні їх до 900<sup>0</sup>С. З сталей цього типу найбільш широке застосування одержали хромонікелеві сталі з вмістом 17-19% Cr і 8-10% Ni (тип 18-8): X18H9T, X18H10T.

До недоліків цих сталей слід віднести їх здатність до точкової (піттингової) корозії в розчинах хлоридів при температурах > 60<sup>0</sup>С.

При добавці в сталь (типу 18-8) 3-4% молібдену підвищується їх стійкість до точкової корозії, а також загальна корозійна стійкість в

органічних кислотах, у відновлюючих і інших середовищах Типові представники X17H13M2T, X17H13M3T.

У зв'язку з економією нікелю були розроблені сталі з пониженим його вмістом і з властивостями близькими до сталей типу 18-8. Це двофазні аустенітно-феритні сталі 0X21H5T, 0X21H6M2T.

Для одержання сталей з пониженим вмістом нікелю використовувалися також добавки мангану і нітрогену, які поряд з нікелем і карбоном здатні розширяти область аустенітної фази у високо хромистих сталях.

Були розроблені нержавіючі сталі аустенітної структури з підвищеним вмістом мангану марок X14Г14Н3Т, X14Г14Н, а також з добавками нітрогену марок X17Г9АН4 і X17АГ14.

**Чавун** – це залізовуглецевий сплав, але з високим вмістом карбону (2,5-4,0%). Вони діляться на два класи: білі (не містять графіту) і сірі або ковкі (містять графіт).

Структура і властивості сірих чавунів визначається величиною, формою і розміщенням в них графіту. Згідно діючих стандартів розрізняють три групи сірих чавунів: звичайний литий, модифікований і високоміцний. До першої групи відноситься сірий чавун, який містить пластинчастий графіт, марок СЧ-24-44, СЧ-28-48 і ін.(перша цифра характеризує межу міцності при розтягу (кгс/мм<sup>2</sup>), а друга—межа міцності при вигині (кгс/мм<sup>2</sup>)—тобто міцнісні (механічні) показники). Частіше всього чавун цих марок використовують в хімічному апарато- і машинобудуванні. Із сірого чавуну відливають циліндри і корпуси насосів, рами, станини, запірну і з'єднуючу арматуру, труби, ємності, особливо коли необхідна висока корозійна стійкість.

В залежності від легуючого елемента, який вводять в склад чавуну, розрізняють леговані чавуни наступних видів: **нікелеві** (2-5% Ni ), **хромисті** (25-36% Cr ), **алюмінієві** (чугаль), **висококремністі** (феросиліди), **кремне-**

**молібденові** (антихлор), **хромонікельмідні** (нірезист), **хромонікелькремністі** (нікросилал) і деякі інші.

Найбільше поширення одержали феросиліди двох марок С15 і С17. Вони характеризуються високою корозійною стійкістю в гарячих розчинах сірчаної, фосфорної, азотної, хромової кислот, в холодній розбавленій соляній кислоті, а також в органічних кислотах. У лугах і в плавиковій кислоті вони нестійкі. При введенні в склад кременистих чавунів 3-4% молібдену значно збільшується їх хімічна стійкість, особливо в розчинах соляної кислоти (антихлори) – чавун С15МЧ. Висококремністі чавуни недостатньо міцні, крихкі і розтріскуються при різких перепадах температур. Вони не піддаються механічній обробці і деталі з них відливають.

Дуже цінним матеріалом для обладнання, що працює в умовах дії корозійних середовищ, при підвищених т температурах і в умовах сильного зносу (тертя) є хромисті чавуни марок Х28Л і Х24Л. Якість хромистих чавунів покращується введенням в їх склад різних присадок: так, силіцій сприяє підвищенню окалиностійкості і покращенню механічних властивостей, титан – покращенню структури (дрібнокристалічна), мідь – підвищенню корозійної стійкості у відновлюючих середовищах.

### **Нікель і його сплави.**

Чистий нікель застосовують в хімічному машинобудуванні для виготовлення фармацевтичного, харчового і хімічного обладнання, а також різних приладів і пристроїв в електро- і радіотехніці.

Нікель відрізняється хорошими механічними властивостями і високою корозійною стійкістю в ряді агресивних середовищ. Дякуючи цьому його широко застосовують для захисту вуглецевої сталі, наносячи покриття електrolітичним способом. Його застосовують також як основу для виготовлення нікелевих сплавів, а також в якості легуючого компоненту для сталей і інших сплавів. Він є дефіцитним і дорогим матеріалом, що стримує

його застосування як конструкційного матеріалу, його іноді застосовують для облицювання апаратури виготовленої з вуглецевих сталей.

Нікель володіє високою стійкістю у вологій промисловій атмосфері. У водяній парі нікель не кородує, але при температурах вище 450<sup>0</sup>С появляється помітна крихкість. Він відрізняється високою стійкістю в лужних розчинах; в розплавах лугу при 500<sup>0</sup>С він піддається помірній корозії. Нікель достатньо стійкий в розчинах мінеральних кислот. Він не руйнується в розчинах сірчаної кислоти концентрації до 98% при нормальній температурі без доступу повітря. В азотній кислоті концентрацією вище 5% нікель не застосовують. В соляній кислоті нікель стійкий при концентрації її до 10%. Нікель достатньо стійкий в розчинах мінеральних солей, однак розчини хлоридів заліза, міді і інших металів викликають його сильну корозію. Сухі гази – хлор, сірчистий газ, вуглекислий газ – на нікель не діють. Органічні кислоти (оцтова, мурашина, шавлева, саліцилова і ін.) при кімнатній температурі руйнують нікель у допустимих межах.

Особливе значення для хімічного машинобудування, в силу цінних властивостей і високої корозійної стійкості, набували сплави нікелю з міддю, молібденом і хромом.

Сплав нікелю з міддю (30%) – **монель** – характеризується великою однорідністю і високими механічними властивостями. Він стійкий в розчинах плавикової, мурашиної і оцтової кислот. При нормальній температурі монель стійкий в сірчаній кислоті і слабких розчинах соляної кислоти.

Сплави нікелю, молібдену ( $\approx 20\%$ ) і заліза ( $\approx 20\%$ ) – **хастелой** – відрізняються хорошими механічними властивостями і дуже високою корозійною стійкістю в концентрованих кислотах (сірчаній і соляній) не тільки при звичайній але і при підвищених температурах, сухому хлористому водні. Розрізняють хастелой марок А, В, С, Д.



Сплави нікелю і хрому (15-20%) – **інконель** – мають хороші механічні властивості і піддаються всім видам обробки. Ці сплави рекомендуються для експлуатації в розбавленій (до 5%) соляній кислоті, а також в сірчаній, плавиковій і фосфорній кислотах при звичайних температурах.

Всі нікелеві сплави характеризуються не тільки корозійною стійкістю, але і високою жаростійкістю.

### **Мідь і її сплави.**

Мідь і її сплави значно більш стійкіші у багатьох середовищах, ніж сплави на залізній основі. Мідь володіє позитивним потенціалом  $\varphi = +0,34$  В. Здатність до пасивації у міді виражена слабо, тому в сильних окислювальних середовищах (азотній, концентрованій сірчаній кислоті, кислих розчинах солей хромової кислоти) мідь не стійка. При доступі кисню, в умовах аерації, корозія міді у воді і водних розчинах солей і кислот різко зростає. Мідь нестійка в тих реагентах в яких відбувається процес комплексоутворення і мідь переходить у розчин у вигляді складних іонів (катионів або аніонів). Така поведінка міді у аміаку і його похідних, в ціанистих і роданистих сполуках, а також в концентрованій соляній кислоті, в якій утворюється комплексний аніон  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ . Мідь дуже стійка проти атмосферної корозії, дякуючи чому її застосовують для виготовлення нагрівальних елементів і багатьох електротехнічних пристроїв. У хімічних виробництвах мідь використовують як хороший теплопровідний матеріал для виготовлення установок газо розділення, різних теплообмінників, випарних апаратів і іншого технологічного обладнання. В хімічному апарато- і машинобудуванні застосовують мідь марок М1, М2 і М3, які відрізняються чистотою металу.

Більш високими міцністними властивостями, ніж сама мідь, володіють її сплави, головним чином бронзи, латуні і сплави з нікелем (мельхіор, нікелін і ін.).

**Бронза** – сплав міді з оловом, алюмінієм, кремнієм і іншими елементами. Бронзи ділять: а) по складу – на прості і складні; б) по структурі

– на однофазні і двох- або багатofазні; в) по способу виготовлення деталей – на литі і деформаційні.

Корозійна стійкість олов'яних бронз вища, ніж латуней. Це пояснюється високим вмістом міді, а також властивостями самого олова. Олов'яні бронзи володіють високою корозійною стійкістю в атмосферних умовах, але при наявності оксидів сірки і вуглекислоти, які присутні у великій кількості в промисловій атмосфері, корозійна стійкість бронзи знижується у два рази. Олов'яні бронзи руйнуються в розчинах багатьох солей і особливо в розчинах, що містять хлор-іони. Органічні сполуки незначно впливають на ці бронзи, тому їх широко застосовують у нафтохімічних виробництвах. Олов'яні бронзи застосовуються обмежено, так як їх з успіхом замінюють алюмінієві і інші безолов'яні бронзи.

Найбільш поширені алюмінієві бронзи (5-10% Al), достатньо міцні, які володіють більш високою корозійною стійкістю, ніж мідь. Однак при тривалій експлуатації в розчинах деяких солей (сульфатів, натрій хлориду), а також їдких лугів алюмінієві бронзи підлягають вибірковій корозії, в результаті якої поступово знижується міцність і пластичність сплаву. При введенні мангану корозійна стійкість алюмінієвих бронз підвищується.

Самою високою корозійною стійкістю володіють кременисті бронзи, а міцністю і пружністю (після термообробки) – берилієві бронзи. Корозійна стійкість берилієвих бронз достатньо висока, але при великих напруженнях у вологій атмосфері вони схильні до корозійного розтріскування.

**Латуні** – сплави міді з цинком – діляться на подвійні і складні (спеціальні латуні). По виду обробки ці сплави ділять на литі і деформаційні (обробка під тиском); по структурі – на прості – однофазні ( $\alpha$ -латуні) і двох-фазні ( $\alpha$ - і  $\beta$ -латуні).

Подвійні мідно цинкові сплави маркуються по вмісту в них міді: Л62, Л68 і т.д. до Л96. Вміст домішок в цих сплавах не перевищує 0,2-0,3%, вміст міді відповідно 62, 68 ... до 96%, решта цинк. В хімічному машинобудуванні

частіше всього застосовують складні латуні: алюмінієві, залізомарганцеві, кременисті і свинцеві. Корозійна стійкість латуней нижча корозійної стійкості міді.

Для сплавів міді з цинком характерне розтріскування в напруженому стані, особливо в атмосфері, що містить аміак, амонійні і ртутні солі; латунь піддається компонентно-вибірковій корозії, зокрема обезцинкуванню, коли в розчин переходить більш від'ємний компонент – цинк. Обезцинкування протікає нерівномірно у вигляді точок або плям і може супроводжуватися розтріскуванням.

В чистому кисні або повітрі латунь не окислюється, тому її широко застосовують для виготовлення теплообмінних апаратів кисневих установок, радіаторів машин і іншого обладнання.

#### **Алюміній і його сплави.**

Алюміній – легкий неміцний і пластичний матеріал, який відрізняється високою електропровідністю і теплопровідністю

Цей метал володіє високою здатністю до само пасивації в окислювальних середовищах з утворенням міцної захисної оксидної плівки  $Al_2O_3$ . Тому він стійкий в концентрованій азотній і сірчаній кислоті, у воді і водних розчинах солей, у вологих газах, але при рН розчинів від 4 до 9. Лужні розчини з рН>9 сильно руйнують алюміній з утворенням розчинних алюмінатів. Стійкість алюмінію в сірчаній кислоті змінюється в залежності від її концентрації і температури. Для алюмінію характерна стійкість у багатьох органічних кислотах. В кислотах, які не володіють окислювальними властивостями, алюміній нестійкий.

Сплави алюмінію з кремнієм (9-13% Si) називаються **силумінами**. Вони характеризуються високою корозійною стійкістю (особливо у азотній кислоті), яка пояснюється утворенням на їх поверхні комбінованої плівки, що складається з  $Al_2O_3$  і  $SiO_2$ .

Сплави алюмінію з міддю (3,8-4,9% Cu) називаються **дюралюмінієм**. По корозійній стійкості дюралюміній значно поступається алюмінію, але володіють більшою міцністю і хорошою зварюваністю.

### **Свинець.**

Це легкоплавкий метал ( $t_{пл} = 327^{\circ}\text{C}$ ), який має низьку міцність, високу пластичність і густину, що утруднює його використання як конструкційного матеріалу. Із свинцю виготовляють труби, а листовим, товщиною 2-5 мм обкладають внутрішню поверхню сталей апаратів. Він володіє корозійною стійкістю в слабких розчинах кислот. В  $\text{H}_2\text{SO}_4$  стійкий до 80% концентрації. В атмосфері сухих і вологих газів ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ) стійкий при температурі до  $100^{\circ}\text{C}$ . Свинець стійкий у хромистій, фосфорній, плавиковій кислотах при кімнатній температурі. Розчини азотної кислоти і оксиди азоту викликають сильну корозію свинцю.

### **Титан.**

Титан знаходить широке застосування дякуючи високій механічній міцності, корозійній стійкості в більшості агресивних середовищ, низькій густині ( $4500 \text{ кг/м}^3$ ). Він стійкий в морській воді, розчинах хлоридів при температурах від кімнатної до кипіння, в атмосфері вологого хлору. Не стійкий в розчинах  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . В сухому хлорі він спалахує.

### **Неметалічні матеріали неорганічного походження.**

Це в основному футерувальні і допоміжні матеріали. Вони володіють рядом специфічних властивостей:

- а) низька механічна міцність на розтяг і доволі висока на стиск;
- б) низька теплопровідність;
- в) значно менший температурний коефіцієнт лінійного розширення в порівнянні з металами;
- г) висока теплостійкість.

В промисловості знаходять застосування як матеріали природного походження (азбест, андезит, бештауніт, граніт, базальт, діабаз), так і штучного (вогнетривка глина, скло, кераміка і силікатні в'язучі матеріали). Всі вони нестійкі у фтористих сполуках, їдких і вуглекислих основах.

Граніти застосовують для виготовлення поглинальних башт з температурою середовища до 200-250<sup>0</sup>С.

Бештауніт і андезит, які володіють високою кислотостійкістю, застосовують виключно в якості футерувальних матеріалів. Вони стійкі до дії мінеральних кислот і агресивних газів при 800-900<sup>0</sup>С. Бештауніт, крім того, як і граніт використовується для будівництва кислотних башт, а андезит широко розповсюджений в якості наповнювача в кислототривких бетонах і замазках.

Азбест – природний мінерал волокнистої будови. Зустрічаються два види азбесту – антофіліт і хризотил. Антофіліт відноситься до кислотостійких матеріалів (кислотостійкість 87,0-88,5%), його можна застосовувати при температурі 600-800<sup>0</sup>С. Хризотил в кислотах нестійкий, він є лугостійким і його можна застосовувати до температури 400<sup>0</sup>С.

Азбест використовується у вигляді картону, шнура і тканини як ізолюючий і прокладочний матеріал, а також в різних корозійностійких композиціях на основі органічних смол в якості наповнювача.

Діабаз і базальт – гірські породи, які застосовують головним чином для виготовлення різних деталей шляхом лиття після розплавлення їх в печах при температурі 1400-1500<sup>0</sup>С. Кам'яне литво характеризується високою міцністю, зносостійкістю у всіх кислотах за виключенням плавикової. Із кам'яного литва виготовляють плитки для футерування, фасонні деталі для трубопроводів (патрубки, штуцери, трійники і т.п.), шари для млинів. Крім того із нього одержують порошок, яким користуються в якості наповнювача кислотостійких замазок.

Із кварцового скла (плавленого кварцу) формують ємності, труби, царги колон, адсорбери і частково пресують футерувальні плитки.

Силікатне скло використовується для виготовлення футерувальних плиток, в якості конструкційних матеріалів для труб, відводів, трійників, холодильників, ректифікаційних колон і ін.

Кислотоупорні емалі – скловидні тонкошарові покриття, які діляться на ґрунтові і покривні. Термічна стійкість цих емалей досягає 300-400<sup>0</sup>С. Вітчизняна промисловість випускає різноманітну емальовану апаратуру, яка володіє високою корозійною стійкістю у всіх органічних і неорганічних середовищах за винятком фтористих сполук і гарячих концентрованих розчинів лугів. Основними видами емальованої хімічної апаратури є: збірники з сорочками і без них, реактори різних типів, автоклави, вакуум-апарати, теплообмінники змієвикові і труба в трубі, чаші випарні, конденсатори, кристалізатори різні фільтри, труби і фасонні частини до них і т.п.

Керамічні кислототривкі і вогнетривкі вироби одержують формуванням з наступним відпуском до повного спікання природних силікатних матеріалів, в основному глини з деякими добавками. В залежності від степені водопоглинення керамічні матеріали поділяються на дві групи: кам'яно-керамічні і фарфорові з водопоглиненням < 5% та вогнетривкі і фільтруючі матеріали з водопоглиненням > 5%. Керамічні матеріали I групи використовують у вигляді футерувальних плиток різних сортів (кислотостійкі і термокислотостійкі, метлаські, термокислототривкі для гідролізоної промисловості) і в якості конструкційних матеріалів для виготовлення хімічного обладнання. Керамічні матеріали II групи – для фільтруючих пристроїв і футерування печей. Керамічні теплообмінні апарати, насоси, ємності, реактори з мішалками, шарові млини, вентилятори, трубопроводи, насадки для адсорбційних башт і інше обладнання застосовується в хімічних виробництвах при наявності сильно агресивних середовищ.

Силікатні хімічно стійкі в'язучі матеріали включають в себе замазки, цементи, бетони і представляють собою композиції, що містять в собі мінеральний дрібно подрібнений наповнювач і в'язуче – рідке скло або бітум. В якості наповнювачів застосовують щебінь, пісок, андезит, бештауніт, кварцит (пиловидний кварц), діабаз і базальт.

При учиненні наповнювача рідким склом (водним розчином силікату натрію чи калію) для прискорення твердіння застосовують  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ .

Служать для щільного і міцного з'єднання (склеювання) поверхні, що захищається з штучним або листовим матеріалами захисного покриття.

Цементи поділяються на звичайні портландцементи, сульфатостійкі, глиноземисті, кислотоупорні і сірчані, які відрізняються від інших цементів за складом і властивостями – замість в'язучого в нього добавляють розплавлену сірку і пластифікатор – тіокол або термопрен, в якості наповнювача використовують звичайні кислотоупорні матеріали тонкого помелу. Сірчаний цемент стійкий в мінеральних кислотах і розчинах їх солей.

Кислототривкий і жаростійкий бетони виготовляють на рідкому склі з кислотостійкими і вогнетривкими наповнювачами у виді муки, піску і щебеня з добавкою кремнефтористого натрію.

Для одержання жаротривкого кислотостійкого бетону в якості наповнювачів застосовують шамот, хроміт або магнезит. (Можна застосовувати при температурі 900-1200<sup>0</sup>С).

### **Неметалічні матеріали органічного походження**

Основне місце серед неметалічних корозійностійких матеріалів органічного походження по різноманітності асортименту і властивостях, по масштабах використання і значенню займають пластичні маси. Це матеріали на основі природних або синтетичних сполук, які під дією. Температури і тиску здатні формуватися і зберігати придану їм форму після охолодження.

В залежності від способу одержання розрізняють пластмаси полімеризаційні і поліконденсаційні.

По типу полімерних з'єднань пластмаси поділяються на термопластичні і термореактивні.

*Термопластичні пластмаси* містять високомолекулярні полімери лінійної структури (поліетилен, поліізобутилен, полістирол, поліметилметакрилат (органічне скло), полівінілхлорид, фторопласти і т.п.). В їх склад входять також пластифікатори, стабілізатори. При нагріванні термопласти набувають пластичності, розм'якшуються, а при охолодженні знову повертаються в твердий, пружкий стан і зберігають свої попередні властивості. Застосовують їх в якості непроникної підкладки при багатосаровому футеруванню апаратури, для футерування апаратури, для виготовлення труб, фасонних частин труб, виготовлення апаратури. Стійкі в 50%-ній  $\text{HNO}_3$  до  $50^\circ\text{C}$ , 30%-ній  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  до  $60^\circ\text{C}$ , 40%-ній  $\text{HF}$  до  $60^\circ\text{C}$ , в 96%-ній  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до  $20^\circ\text{C}$  і ін.

*Термореактивні пластмаси* містять низькомолекулярні полімери, які тверднуть з утворенням полімерів трьохмірної структури при нагріванні або під впливом каталізаторів (фенолформальдегідні і карбамідні смоли), або під дією затверджувачів (епоксидні смоли, полісилоксани, ненасичені полієфіри). При підвищенні температури термореактивні пластмаси також спочатку набувають пластичності, переходять у в'язкотекучий стан, але потім тверднуть, стають неплавкими і нерозчинними (внаслідок утворення сітчастої структури) і в пластичний стан не повертаються.

Термореактивні пластмаси розрізняють по типу наповнювача, який надає їм певні механічні (міцнісні) і інші властивості.

1. Порошкові (деревна мука, азбестовий порошок, кварцова мука і ін.);
2. Волокнисті (бавовняні отеси, азбестове волокно, скляне волокно);
3. Листові (скляна або бавовняна тканина);



4. Пластмаси зі скляним наповнювачем (волокно, тканина) під загальною назвою "склопластики".

Термореактивні пластмаси використовуються як в'яжучі при футеруванні, в якості конструкційних склопластиків, лакофарбових матеріалів і клеїв, антифрикційних і електроізоляційних деталей. Всі вони відрізняються високою хімічною стійкістю в різних корозійних середовищах.

*Бітумно-асфальтові пластмаси* – це пластмаси на основі природних і нафтових асфальтів і смол, бітумів, кам'яновугільних, сланцевих і деревних пеків, одержаних при пірогенетичній деструкції різних органічних речовин. Пластмаси цього типу стійкі до мінеральних кислот (слабких і середньої концентрації), розчинах солей і основ. Вони застосовуються головним чином для ізоляції і захисту від корозії підземних і магістральних трубопроводів, а також для захисту підлог і покрівель в хімічних цехах.

*В'яжучі полімерні матеріали (замазки)*. В'яжучі композиції на основі фенолоформальдегідної смоли під назвою замазки арзаміт широко застосовується для футерувальних робіт. Їх використовують в якості самостійного футерувального матеріалу або підкладки для заробки швів при футеруванні штучними матеріалами і для склеювання фаоліту, антегіміту і інших пластмас. Замазка арзаміт включає два компоненти: арзаміт- розчин, тобто фенолформальдегідну смолу, і арзаміт- порошок, який складається з наповнювача (кварцова мука, кремнезем, барій сульфат, графіт) і каталізатора – прискорювача твердіння (паратолуолсульфохлорид). За годину до застосування компоненти змішуються і тверднуть на протязі доби при кімнатній температурі.

*Дерево, вугілля, графіт*. Це непластичні корозійностійкі матеріали. *Дерево* – матеріал з невисокою корозійною стійкістю. Воно руйнується під дією окислювачів і концентрованих кислот, але не дивлячись на це, часто використовується для виготовлення апаратів простих форм, труб, деталей фільтрувальної апаратури, насадки у абсорберах і тари під хімічні продукти.

Для підвищення стійкості його просочують, наприклад фенолоформальдегідними смолами. Після просочування і нагріву до 125-130<sup>0</sup>С (для затвердіння смоли) дерево стає досить стійким в багатьох агресивних середовищах, крім окислювачів, основ і деяких органічних розчинників. Просочуванням дерево захищають також від гниття і загорання.

*Вугілля* володіє дуже високою корозійною стійкістю, але не знайшло широкого застосування в апаратобудуванні внаслідок малої міцності. Будучи пористим матеріалом використовується для виготовлення фільтрів, дифузорів змішування газів і ін. Вугільні плити і футерувальні блоки з антрациту і пеку застосовують для футерування крупногабаритної апаратури, наприклад варочних котлів целюлозно-паперової промисловості.

*Графіт* володіє хорошою теплопровідністю і високою хімічною стійкістю; його застосовують в якості конструкційного матеріалу для виготовлення теплообмінної апаратури. Для усунення пористості графіт просочують синтетичними, головним чином, фенолоформальдегідними смолами, після чого він набуває механічної міцності і непроницності. Крім теплообмінників з графіту виготовляють абсорбери, відцентрові і лопатні насоси, плити для футерування хімічної апаратури.

Пластмаси на основі графіту – антегміт, в якому в'язучим є фенолоформальдегідна смола, а наповнювачем – порошок електродного графіту. Антегміт виготовляється пресуванням при підвищених температурі і тиску. Із нього виготовляють труби, футерувальні плити, відцентрові горизонтальні одноступеневі насоси з проточною частиною з антегміту.

Всі графітові матеріали відрізняються високою хімічною стійкістю; вони нестійкі тільки в лужних середовищах і галоїдах: бромі, йоді, фторі (в хлорі вони стійкі).

*Лакофарбові матеріали.* Асортимент лакофарбових матеріалів, які включають в себе ґрунти, шпаклівки, лаки, фарби та емалі дуже великий. Неметалічні полімерні матеріали цієї групи призначені захищати обладнання,

трубопроводи, конструкції, будівлі і споруди від атмосферної дії навколишнього середовища, хімічних середовищ, води, бензину, масел, підвищених температур, а також служити в якості ізоляції.

Лакофарбові покриття класифікують по групах з врахуванням клімату і поділяють на покриття для помірно-континентального і тропічного клімату.

Дотепер хімічно стійкі лакофарбові матеріали призначені для захисту металічних деталей від безпосередньої дії агресивних середовищ, включали в себе в більшій мірі перхлорвінілові і в меншій мірі фенольні смоли і бітуми. Останнім часом для захисту від корозії почали застосовувати епоксидні смоли, які володіють високою хімічною стійкістю в кислих і основних середовищах, а також в розчинниках: спиртах, аліфатичних і нафтових вуглеводнях, альдегідах, бензолі і ін., крім того, епоксидні смоли можуть твердіти без нагрівання і витримувати значні (до 120<sup>0</sup>С) температури при експлуатації.

При виборі покриття для захисту слід враховувати умови експлуатації (постійна чи періодична дія агресивного середовища); періодична дія менш агресивна, ніж постійний контакт з середовищем.

В залежності від вибраного покриття воно може включати: ґрунт, шпаклівку, емаль і лак. Так, перхлорвінілові покриття, як правило, складаються з ґрунту, емалі і лаку, епоксидні – тільки з ґрунту, або з ґрунту і емалі, фенольні (бакелітовий лак) – тільки з лаку з наповнювачем, дивініл ацетатні (лак етиноль) – з ґрунту і лаку з наповнювачем.

### **Матеріали на основі канчуків**

Каучуки – натуральний і синтетичний – це високомолекулярні сполуки призначені для виготовлення гуми і гумових виробів, які використовують в якості корозійностійких ущільнювачів і прокладок. Синтетичний каучук зазвичай одержують полімеризацією і співполімеризацією різних ненасичених сполук; деякі каучуки – поліконденсацією відповідних біфункціональних похідних вуглеводнів. Зазвичай каучуки використовують у

суміші з іншими інгредієнтами: наповнювачами, вулканізуючими агентами, пластифікаторами, стабілізаторами, антистаріючими компонентами. В результаті вулканізації каучуку, наприклад сіркою, і приєднання її по місцю подвійних зв'язків відбувається "зшивання", тобто утворення трьохмірної структури макромолекули, що надає гумі міцність, певну твердість і еластичність. В залежності від кількості введеної в гумову суміш сірки одержують м'які гуми (2-4 ваг.ч. сірки на 100 ваг.ч. каучуку), напівтверді і тверді, які називаються ебонітами (30-60 ваг.ч. сірки на 100 ваг.ч. каучуку). Ебоніти можна застосовувати самостійно для захисту апаратури або в якості підкладки, але можна використовувати і в якості конструкційного матеріалу.

Каучуки використовують також для гумування (тобто обкладки апаратури для захисту її від дії агресивного середовища), і для виготовлення клеїв, лакофарбових матеріалів, герметиків, в'язучих.

Розрізняють синтетичні каучуки наступних марок: натрій – бутадієновий (СКБ), полібутадієновий регулярної структури (СКД), бутадієн-стирольні (СКС і СКМС), бутадієн-нітрильні (СКН), бутилкаучук, поліхлоропреновий (наірит), полісульфідний (тіоколи), силіконові (СКТ) і деякі спеціальні види каучуку.

### **Електрохімічні методи захисту металів від корозії.**

В даний час широке розповсюдження дістали електрохімічні методи захисту металів від корозії. Це протекторний, анодний і катодний захист. Суть протекторного захисту полягає в тому, що до конструкції, що захищається приєднують більш від'ємний метал – протектор. У випадку заліза це будуть метали, які стоять лівіше у ряді напруг – Zn, Al, Mg, а також сплави цих металів Zn-Al, Mg-Al, Zn. Механізм захисту полягає в тому, що в розчині виникає електрична пара Fe – протектор, де протектор є анодом, а Fe – катодом. Внаслідок цього анод розчиняється, а катод не змінюється.

Катодний захист полягає в прикладенні напруги ззовні і катодній поляризації металу, що захищається.

Найбільш часто електрохімічний захист застосовується в корозійних середовищах з хорошою електропровідністю, наприклад в морській воді.

Захист протекторами широко застосовується при боротьбі з морською і ґрунтовою корозією. Катодна поляризація від зовнішнього джерела струму знаходить широке застосування, наприклад з ґрунтовою корозією протяжних об'єктів (трубопроводів). Особливо зручно користуватися електрохімічним захистом (катодна поляризація, протектори), якщо по умовах експлуатації неможливо використовувати лакофарбові захисні покриття, або якщо неможна періодично їх відтворювати. Подібні умови ми маємо, наприклад при експлуатації спайних фундаментів, трубопроводів, прокладених у землі, і деяких інших споруд.

Анодна поляризація, анодний захист, використовується для зменшення швидкості корозії нержавіючих сталей. При цьому накладається зовні невеликий струм від 0,01 до 0,1 А/м<sup>2</sup>, що підтримує потенціал сталі в межах від -0,1 до +1,2 В, при яким вона пасивна.

### **Інгібітори корозії.**

Деякі речовини, добавлені в корозійне середовище навіть у відносно невеликій кількості можуть при деяких умовах викликати значне зниження швидкості корозії. Такі речовини називають сповільнювачами або інгібіторами корозії.

В практиці боротьби з корозією інгібітори знаходять широке застосування головним чином в системах, які працюють з постійним або мало мінючим об'ємом розчину, наприклад в деяких хімічних апаратах, системах охолодження, парових котлах і ін. Особливо велике застосування знаходять інгібітори в процесах травлення металів з метою видалення з поверхні іржі або окалини. В цих випадках правильно складені розчини для травлення (кислота з добавкою інгібітора) добре розчиняючи іржу або окалину, майже не діють на метал.

По механізму своєї гальмівної дії на електрохімічний процес корозії інгібітори діляться на анодні, катодні і екрануючі, тобто ізолюючі активну поверхню металу. По складу слід розрізняти інгібітори органічні і неорганічні. По умовах, в яких вони застосовуються, їх можна розділити на інгібітори для розчинів і леткі інгібітори, які дають захисний ефект в умовах атмосферної корозії. Так, як ефективність дії інгібітору сильно залежить від рН середовища, то їх можна розділити на кислотні, основні і інгібітори для нейтральних середовищ.

Найбільш поширені інгібітори.

Для кислотної корозії (захист ємностей при зберіганні і транспортуванні кислот, травлення заліза і сталі в кислотах) – анілін, діетиламін, піридин, хінолін,  $As_2O_3$ ,  $NaAsO_3$ , галоїдні солі, особливо  $NaI$ .

Для нейтральних сольових розчинів і розсолів (холодильна промисловість, протильодні розчини) – бікарбонат кальцію, , хромати, двох заміщені фосфати, сульфід натрію, бензоат натрію.

Для природної і технічної води (водяні холодильники) – бікарбонат кальцію,  $Ca(OH)_2$ ,  $Na_2SiO_3$ .

Захист від атмосферної корозії шляхом зберігання деталей в контейнерах або при упаковці в обгорткові матеріали (леткі інгібітори) – аміак, карбонат циклогексиламонію і ін.

Механізм дії більшості інгібіторів полягає в адсорбції інгібітору на кородуючій поверхні і наступнім гальмуванні катодних або анодних процесів.