

МЕТАЛОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Мета роботи - вивчити основні методи металографічного аналізу металів і сплавів, методику виготовлення макро- і мікрошліфів

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Властивості чистих металів і їх сплавів визначаються хімічним складом. Однак при однаковому хімічному складі можуть бути різні властивості в залежності від внутрішньої будови сплавів. Внутрішня будова залежить від умов кристалізації, умов обробки металу (гаряча або холодна пластична деформація), від термічної і хіміко - термічної обробки та ін. Властивості металів визначаються різними методами, які можна поділити на групи:

1. *Механічні методи дослідження.* Дослідження на розтягання, стиск, крутіння і т.д. Це дозволяє визначити зміцнюючі (твердість, межа міцності, границя текучості, межа витривалості й ін.) характеристики металу, а також пластичні (відносне подовження, відносний стиск, ударну в'язкість) характеристики.

2. *Фізичні методи дослідження* - термічний, електричний, магнітний, ділатометричний і т.д., що дозволяє по зміні тих або інших фізичних властивостей сплаву визначити перетворення, що відбуваються в металах або сплавах. Наприклад, температури алотропічних перетворень заліза можна визначити по зміні чи обсягу довжини (ділатометричний метод) або електроопір (електричний метод) при нагріванні або охолодженні стандартних зразків.

3. *Методи дослідження структури.* До структурних методів дослідження, які вивчають внутрішню будову металів і сплавів, відносяться рентгеноструктурний метод і металографічний аналіз. За допомогою рентгеноструктурного аналізу досліджується внутрішня будова кристалічних ґраток. Внутрішня будова, що визначається рентгеноструктурним аналізом, називається атомно - кристалічною структурою.

Металографічний аналіз поділяється на макро- і мікроаналіз.

При затвердінні зливка внаслідок нерівномірного охолодження утворюються кристали (зерна) різної величини та орієнтації. При цьому завдяки вибірковій кристалізації шкідливі домішки (сірка, фосфор і ін.) витісняються на границі зерен, що приводить до утворення міждендритної ліквації. У випадку тривалої кристалізації, домішки з малою щільністю (вуглець, сірка, фосфор і ін.) переміщуються з нижньої частини зливка у верхню - розвивається зональна ліквація. Завдяки усадці (зменшенню об'єму металу при охолодженні) утворюються усадочні раковини і пори, крім того, зниження розчинності газів при охолодженні рідкого металу може викликати утворення газових пор. Наступна обробка виробів - гаряча і холодна

пластична деформація, зварювання, термічна і хіміко-термічна обробка та інші - також значно впливає на структуру металу, отже, на його механічні і службові властивості. Тому контроль макро- і мікроструктури сплавів є одним з основних методів контролю їх якості.

Макроскопічний метод дослідження полягає у вивченні будови металу (його макроструктури) неозброєним оком, або за допомогою лупи чи бінокулярного мікроскопа при невеликих збільшеннях (до 30...50 раз). Це дозволяє спостерігати водночас велику поверхню заготовки або деталі та одержувати таким чином загальні відомості про якість металу, а також вибрати ділянки для подальшого мікроскопічного аналізу. Будова металів і сплавів, визначена неозброєним оком, називається *макроструктурою*.

Найчастіше макроструктура вивчається на макрошліфах. Розміри макрошліфа визначаються розмірами досліджуваної деталі, поковки і т.д.

Макрошліфом називається спеціально підготовлена до макродослідження частина деталі. Підготовка макрошліфа полягає в наступному: деталь розрізається на дві частини. Одна поверхня деталі зачищається на верстаті, далі шліфується різними номерами шліфувальних паст або папіру, послідовно переходячи від грубого номера до тонкого; при цьому напрям шліфування змінюється на 90° . Шліфування виконують поки не зникнуть ризки від попереднього шліфування, вручну або на верстаті.

За допомогою макроаналізу виявляють:

1. Будову металу або сплаву в литих деталях і зливках (зернисте, дендритне), наявність і характер розподілу зон кристалізації, усадочної раковини, міхурів, тріщин і т.д.

2. Хімічну неоднорідність, одержану в процесі кристалізації. Сірка, фосфор і вуглець в процесі кристалізації мають схильність до нерівномірного розподілу по перетину зливка, що сильно позначається на властивостях деяких ділянок зливка. Це явище називається *ліквіацією*, не усувається наступною обробкою.

3. Будова металу після гарячої обробки тиском (проката, штампування, кування і т.д.). Після обробки тиском внутрішня будова металів і сплавів виходить більш щільною, чим після лиття, тому що в процесі гарячої обробки тиском частково знищуються пористість, тріщини і т.д.

4. Неоднорідність складу і структури, яка утворюється після термічної або хіміко-термічної обробки. Деталі, яким необхідно мати високу міцність поверхні при збереженні вязкої, пластичної серцевини, піддають поверхневому загартовуванню або хіміко-термічній обробці, тобто поверхневому насиченню вуглецем (цементация), азотом (азотування) і т.д. з наступною термічною обробкою. Макроаналіз визначає глибину і характер розподілу загартованого, цементованого, азотованного шару.

5. Характер зламу металу і сплаву. По зламу можна встановити характер руйнування: грузле, крихке або викликане втомою.

При крихкому руйнуванні, що відбувається без помітної пластичної деформації, утворюється кристалічний (крихкий) злам, що характеризується наявністю на поверхні блискучих плоских сколів. Крихкі злами поділяються

на транскристалітні (руйнування по об'єму зерна) і міжкристалітні (руйнування по межам зерен). Вони дозволяють говорити про форму і розміри зерен.

При грузлому руйнуванні утворюється волокнистий, або грузлий злам, по якому внаслідок пластичної деформації важко судити про форму і розміри зерен. При змішаному зламі утворюються ділянки грузлого і крихкого руйнувань.

Втомний злам - спостерігається в деталях, що працюють при багаторазових ($10^6 \dots 10^7$ циклів) змінних і, особливо, знакозмінних навантаженнях (вали, осі, шестерні, ресори, пружини). За цих умов руйнування може розвиватися при початкових напругах, що значно нижче не лише границі міцності, а й границі плинності. Таке явище називають втомою металу, і полягає воно у тому, що при багаторазових навантаженнях в місцях з найбільшою концентрацією напруг та з наявністю різних дефектів, різних переходів, перетинів виникають мікротріщини. Це призводить до збільшення концентрації напруг і, як наслідок, до подальшого розвитку тріщини (зона поступового руйнування). При цьому деталь продовжує працювати, тому стінки тріщини внаслідок взаємного тертя загладжуються. Дійсний (робочий) перетин деталі зменшується і під дією одного із максимальних навантажень деталь руйнується.

Мікроструктурний метод дослідження застосовують для вивчення мікроструктури за допомогою світлового мікроскопу при збільшеннях 50...1500 разів. При використанні мікроскопічного аналізу виявляють форму та розміри зерен, зміни в структурі після гарячої та холодної деформації, термічної та хіміко-термічної обробки; мікродефекти металу: тріщини, раковини; неметалеві вкраплення: сільфідів, оксидів, нітридів, алюмінатів, силікатів, графіт (у чавунах), тощо.

Стандартним розміром мікрошліфа вважається мікрошліф із площею перетину 1 см^2 . На практиці часто виготовляють шліфи малих і великих розмірів. При виготовленні шліфів із дрібних деталей, наприклад із дроту, або при дослідженні краю зразка, його заливають легкоплавким сплавом, сіркою, пластмасою, або затискають у спеціальні *струбцини* (рис. 1.1). Міцність сплаву струбцин обирається вищою за міцність досліджуваного зразка.

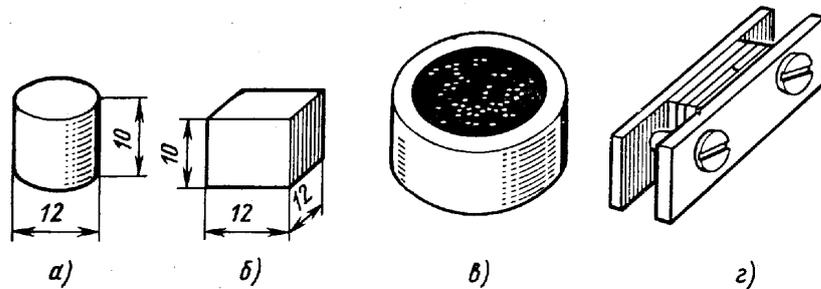


Рисунок 1.1 - Розмір металографічних зразків (а і б) і пристосування для зразків малого розміру (в и г)

Шліфування поверхні зразка. Зразок спочатку шліфують за допомогою абразивного круга, потім на наждачному папері, розміщеному на плоскій основі (склі). Шліфування закінчують на папері з дрібним зерном, при цьому напрям шліфування змінюють на 90°. Підготовлену поверхню протирають спиртом і щавлять у реактиві, склад якого залежить від металу або хімічного складу стопу.

Абразивний матеріал характеризується номером зернистості, який пов'язаний з розміром зерен основної фракції (табл. 1.1) і вмістом основної фракції (табл. 1.2).

Можна шліфувати також спеціальними пастами, нанесеними на невеликі листи паперу.

Таблиця 1.1 - Крупність основної фракції (ДСТ 3647 - 80)

Номер зернистості	Крупність основної фракції, мкм	Номер зернистості	Крупність основної фракції, мкм	Номер зернистості	Крупність основної фракції, мкм
200	2500-2000	320	250-200	M63	63-50
160	2000-1600	16	200-160	M50	50-40
125	1600-1250	12	160-125	M40	40-28
100	1250-1000	10	125-100	M28	28-20
80	1000-800	8	100-80	M20	20-14
63	800-630	6	80-63	M14	14-10
50	630-500	5	63-50	M10	10-7
40	500-500	4	50-40	M7	7-5
32	400-315	3	40-28	M5	5-3
25	315-250	-	-	-	-

Таблиця 1.2 - Вміст основної фракції

Індекс	Вміст основної фракції (%) для зернистості							
	200-32	25-16	12-8	6-4	3	M63-M28	M20-M14	M10-M5
В	-	-	-	-	-	60	60	55
П	55	55	55	55	-	50	50	45
Н	45	43	45	40	40	45	40	40
Д	41	39	41	36	36	42	37	37

Полірування поверхні зразка. Після закінчення шліфування на шліфувальному папері дрібної зернистості поліруванням видаляють риски й поверхня зразка виходить блискуче дзеркальною. Полірувати можна механічним і електродіалітичним способами.

Механічне полірування проводять на спеціальному полірувальному верстаті з обертовим колом діаметром 200 - 250 мм, яке обтягнуте сукном або фетром. Частота обертання кола від електродвигуна дорівнює 700 - 800 об/хв.

Сукно змочують полірувальною рідиною. До обертового кола із сукном притискають відшліфовану поверхню зразка. Полірування проводять до повного видалення рисок, до утворення дзеркальної поверхні.

Щоб одержати гарний результат полірування, зразок не слід сильно притискати до сукна, тому що при цьому хоча і прискорюється видалення рисок, але відбувається деформування поверхневого шару і перекручування структури, викришування тендітних включень. Сильний тиск на зразок приводить і до більш швидкого висихання полірувальної рідини, до можливого пригорання поверхні. Полірувальний склад: розчин у воді порошку окису алюмінія (глинозем), окису хрому, окису заліза (крокус) і окису магнію (магнезія). Частіше для полірування застосовують окис хрому й окис алюмінію.

Після полірування зразок промивають водою; поверхню спиртом й просушують фільтрувальним папіром. Для збереження шліф розміщують у ексикатрі. Для того, щоб шліфи не окислювались, в нижню частину ексикатора розміщують гігроскопічну речовину (хлористий кальцій), яка поглинає вологу.

Труїння. По дзеркальній поверхні зразка, отриманого після полірування, не можна судити про будову сплаву. Тільки неметалічні включення (сульфіди, оксиди, графіт у сірому чавуні) внаслідок їх оквашування в різні кольори різко виділяються на світлому тлі полірованого мікрошліфа. У зв'язку з цим для виявлення мікроструктури поліровану поверхню зразка піддають дії розчинів кислот, лугів, солей (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Склад і призначення деяких електролітів

Склад електроліту	Режим роботи				Призначення
	Щільність струму, А/см ³	Напру-га, В	Трива-лість, с	Мате-ріал катода	
1. Сірчана кислота	0,3 - 0,4	-	180 -300	Свинець	Електролітичне полірування нікелю при 40 °С
2. Ортофосфорна кислота, сірчана кислота, вода	0,1	2,2	600-900	Мідь	Електролітичне полірування міді при 20°С
3. Ортофосфорна кислота - 100 м, оксид хрому (III) - 10 г	0,05-0,08	2,2	30	Нержа-віюча сталь	Електролітичне полірування алюмінію
4. Аміак (концентрований)	0,02	4-6	10-20	-, -	Електролітичне травлення нікелю
5. Сірчаноокисле залізо - 3 м, їдкий луг 0,4 м, сірчана кислота - 10 см ³ , вода 190 см ³	0,005	8-10	15	-, -	Електролітичне травлення міді
6. Їдкий луг - 10 м, вода - 50 см ³	0,005	4	120-240	Мідь	Електролітичне травлення магнієвих сплавів

При трюїнні неоднорідні ділянки металу або сплаву стають видимими під мікроскопом. Сутність процесу виявлення структури металів і сплавів трюїнням полягає в різному ступені розчинення або фарбування окремих структурних складових – зерен металів, твердих розчинів, хімічних сполук.

Прилади і матеріали

Металографічні мікроскоп, зразки для дослідження, шліфувальна шкурка наступних розмірів зернистості: 20, 12, 6, 3, М63, М40, М28, М14, М10, М7, М5, набір шліфувальних паст, реактиви для приготування розчинів для травлення (див. табл. 1.3), установка для електролітичного полірування, вата, спирт, фільтрувальний папір, струбцини, оправки, сплав Вуда, шліфувальний верстат, парафін, оксид магнію і хрому, дистильована вода.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити зовнішні дефекти на деталях (зразках), будову різних видів зламів.
2. Навчитися виготовляти шліфи для мікро- і макроаналізу.
3. Приготувати мікрошліф і замалювати його структуру. Досліджувати під мікроскопом поверхні мікрошліфа до травлення, після травлення.

Контрольні питання

1. Сутність і призначення макроаналізу
2. Що таке макроструктура? Види її контролю
3. Види зламів. Яким чином за виглядом зламу визначається характер руйнування матеріалу?
4. Що таке макрошліф? Методика його приготування.
5. Сутність і призначення мікроаналізу.
6. Методика приготування мікрошліфів.
7. Що називається фазою, структурою, системою?
8. Дайте характеристику абразивних матеріалів.
9. Як поділяються абразивні матеріали в залежності від крупносій зерна?
10. Які способи полірування Ви знаєте?
11. Як зберігаються шліфи?