

**START**

Podaj pisemne odpowiedzi na poniższe pytania:

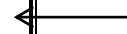
1. Co nazywamy „metalografią”, jakie badania obejmuje.
2. Na czym polegają badania makroskopowe.
3. Jaki jest cel badań makroskopowych.
4. Jak przygotowuje się zgład próbki metalograficznej.
5. Co ma na celu trawieni zgładów i jakie środki stosujemy.
6. Opisz przebieg próby BAUMANA.
7. Jaki jest cel badań mikroskopowych.
8. Jak przygotowuje się próbki do badań mikroskopowych.
9. Jak obliczamy powiększenie mikroskopu.
10. Co oznaczają symbole występujące na okularze.

**CZY NAPISAŁEŚ ODPOWIEDZI NA PYTANIA****TAK****NIE**

Napisz odpowiedzi na pytania korzystając z Internetu, podręczników i poradników.

Przystęp do wykonywania ćwiczenia. Zgłoś prowadzącemu ćwiczenia o gotowości, otrzymasz

- 4 zdjęcia stopów (2- stali, 1 – surówki lub żeliwa i 1 – stop miedzi lub aluminium,
- narysuj struktury tych stopów w kołach o średnicy 60mm i wyspecyfikuj poszczególne struktury,
- wypisz z otrzymanych zdjęć: nr próbki, gatunek stopu, powiększenie, opis struktury, skład chemiczny, rodzaj odczynnika i jego skład, którym trawiono,
- na podstawie materiału, stanu i jego składu odszukaj numer Polskiej Normy,
- podaj zastosowanie każdego z materiałów,
- dobierz powiększenie mikroskopu (okular i obiektyw),
- napisz wnioski,
- zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia.



Zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

- uprzątnij stanowisko pracy,
- oddaj podręczniki i poradniki,
- oddaj sprawozdanie z ćwiczenia.



**Metalografia** jest dość skomplikowaną dziedziną badań, jednak najprościej można ująć, że łączy z sobą obserwacje powierzchni, które są dostrzegalne gołym okiem wraz z oceną zgładów metalograficznych, które służą badaczowi do określania składu fazowego stali, np. oznaczając udział ferrytu czy perlitu, i szacujemy zawartość węgla, co daje nam cenne informacje o badanym materiale. Możemy również zbadać segregację fosforu, obecność porów, nieciągłości, wtrąceń niemetalicznych, pęcherzy, jam skurczowych. Wyróżnić można dwa typy badań metalograficznych: testy makroskopowe badaniami mikroskopowymi.

**Badania makroskopowe** wykonywane są wtedy, gdy analizowane cechy (np. nieciągłości materiału) mogą zostać zaobserwowane na powierzchni przekroju próbki gołym okiem lub przy powiększeniu, które nie przekracza 30x. Celem badań jest wykrycie nieciągłości materiałowych, takich jak pęknięcia, zawalcowania, jamy skurczowe, pęcherze, wtrącenia niemetaliczne lub oględziny i ocena innych parametrów badanego materiału, na przykład zanieczyszczenia siarką lub fosforem, wielkość ziarna, głębokość zahartowania, włóknistość, kierunkowość struktury, charakter pęknięć.

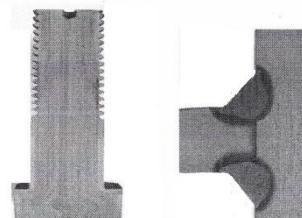
Badania makroskopowe polegają na obserwacji:

1. Naturalnych powierzchni badanych przedmiotów,
2. Przełomów,
3. Zgławów (nietrawionych lub trawionych do obserwacji makroskopowej).

Obserwacji dokonuje się okiem nieuzbrojonym lub z wykorzystaniem lupy, mikroskopu stereoskopowego lub elektronowego mikroskopu skaningowego. Zakres stosowanych powiększeń jest zależny przede wszystkim od wymiarów badanych elementów i wyboru tych cech struktury, które należy dokładniej przeanalizować. Obserwacja naturalnych powierzchni pozwala ujawnić ślady oddziaływania środowiska (zgorzelina, produkty korozji), deformacje, istotne zmiany wymiarów, pęknięcia i inne objawy związane z eksploatacją badanego elementu.

Badania makroskopowe zgławów trawionych pozwalają na:

- ujawnienie niejednorodności składu chemicznego (np. segregacja dendrytyczna),
- ujawnienie wad spowodowanych obróbką mechaniczną, spawaniem lub zgrzewaniem rys1.
- określenie rozkładu i (ewentualnie) rodzaju wtrąceń niemetalicznych,
- wybór miejsca pobrania próbek do dalszych badań.



Rys. 1.

Przygotowanie preparatu do badań makroskopowych w postaci zgłazu polega na szlifowaniu na papierach lub płótnach ściernych i trawieniu. Stosuje się zwykle papiery ściernie o gradacji 120 — 350. Jeśli jednak zachodzi potrzeba ujawnienia trudniej zauważalnych szczegółów badanej powierzchni (np. mikropęknięcia) wówczas należy zastosować papiery o gradacji 500 — 1000. Po szlifowaniu w celu usunięcia śladow po tym etapie przygotowania zgłazu musisz przystąpić do **wypolerowania** powierzchni badanej próbki. Następnie tak przygotowany zgłaz podlega trawieniu, dokładnemu przemyciu i wysuszeniu w strumieniu powietrza.

Do trawienia zgławów metalograficznych używa się roztworów kwasów, zasad i wielu roztworów soli. Omówienie odczynników stosowanych w metalografii znaleźć można w odpowiednich normach PN (przykładowo: PN-H/-04503, PN-H-04512). Trawienie przeprowadza się z wykorzystaniem odczynników lub mieszanin chemicznych. Najczęściej stosowane zamieszczone w tabeli poniżej

Odczynnik	Zastosowanie
Nitral	Ujawnia efekt nawęglania lub odwęglania oraz segregacje węglików po obróbce cieplnej
Oberhoffera	Ujawnia segregację fosforu i strukturę pierwotną. Obszary zawierające więcej fosforu ciemnieją
Anczyca,	ujawnia miejsca bogate w fosfor. Miejsca o podwyższonej zawartości fosforu są ciemniejsze.
Adlera	stosowany do badań makroskopowych połączeń spawanych. Ujawnia warstwy spoiny i strefy wpływu ciepła.
Baumanna	ujawnia rozmieszczenie siarki i fosforu w próbce. Siarka jest szkodliwą domieszką, ponieważ powoduje m.in. kruchosć na gorąco. Powstały w reakcji siarczek srebra zostawia na użytym do badania papierze fotograficznym czarne plamy, które świadczą o skupiskach siarki. Fosforki pozostawiają jaśniejsze plamy.
Jacewicza	stosowany do głębokiego trawienia, ujawnia nieciągłości materiału, wytrącenia niemetaliczne oraz włóknistość.
Fry	ujawnia odkształcenia plastyczne w węglowych stalach zawierających azot oprócz stali niestarzejących się

Badania makroskopowe przełomów próbek po badaniach mechanicznych i próbach technologicznych oraz elementów maszyn i konstrukcji zniszczonych wskutek awarii umożliwiają wstępna, jakościową ocenę materiału. Silnie rozwinięta powierzchnia przełomu przebiega zwykle przez miejsca najbardziej osłabione.

### Przygotowanie zgładu metalograficznego.



1

**CIĘCIE.** W większości przypadków wycięte próbki będą inkludowane. Warto ustandaryzować ich wielkość by nie blokować późniejszej możliwości ich obróbki w szlifierko-polerkach automatycznych lub półautomatycznych. Drugim parametrem odnośnie maksymalnego rozmiaru próbki są ograniczenia związane z wielkością posiadanego uchwytu w urządzeniu tnącym. By zapobiec termicznym zmianom struktury podczas cięcia próbki, zaleca się stosowanie przecinarek o niskim stopniu deformacji, z wydajnym chłodzeniem wodnym. Przecinarka powinna zapewniać znaczną moc i możliwość wycinania próbek z dużych przedmiotów. Do cięcia mniejszych próbek oraz materiałów delikatnych i elektroniki stosuje się przecinarki małe precyzyjne. Podczas cięcia należy zwrócić uwagę na kształt próbek. Pierścienie oraz bardzo cienkie elementy metalowe powinny możliwie najmniejsze, by ograniczyć naprężenia powstające podczas inkludowania.

**2**

**INKLUUDOWANIE.** Inkludowania ma trwale ustabilizować próbkę w materiale obojętnym (najczęściej są to żywice epoksydowe, poliestrowe lub akrylowe), pozwalającym na ich dalszą, kontrowaną obróbkę mechaniczną. Idealny materiał inkludujący powinien mieć doskonałą przyczepność, zdolność penetracji materiału próbki bez wchodzenia z nią w reakcję, nie powodować naprężeń ani oddziaływanie termicznego i dawać możliwość szybkiej aplikacji. Po wstępny opłukaniu i usunięciu większych zanieczyszczeń, pocięte próbki należy na kilka minut pozostawić w myjce ultradźwiękowej, zanurzone w roztworze wodno-alkoholowym. Po wyjęciu i osuszeniu należy je na kilka minut zanurzyć w acetacie i nie dotykając pozostawić do osuszenia. Dopiero tak przygotowaną próbkę możemy umieścić w formie SCANDIFORM (*to znormalizowane formy ze specjalnej gumy silikonowej, wielokrotnego użytku, gwarantujące późniejsze bezproblemowe wyjęcie zainkludowanej próbki*). Przy inkludowaniu kluczowy jest odpowiedniej żywicy. W przypadku próbek porowatych, w tym elektroniki, zalecane jest stosowanie techniki inkludowania próżniowego Technika ta pozwala na bardzo dobrą penetrację żywicy w trudnodostępne miejsca i doskonałą stabilizację delikatnego materiału.

**3**

**SZLIFOWANIE.** Operacja szlifowania ma za zadanie wstępne wyrównać powierzchnię zainkludowanej próbki. Na tym etapie zbierana jest duża ilość materiału. W większości przypadków w procesie szlifowania stosuje się dyski ścierne z SiC, CBN lub diamentowe. Z uwagi na dostępność i cenę nadal chętnie stosowany jest wysokogatunkowy papier ścierny SiC. Przy używaniu powyższych materiałów zaleca się stosowanie szlifowania na mokro. Szlifowanie jest zawsze kilkuetapowe, poczynając od materiałów ściernych o największej gradacji do najmniejszej i jest realizowane na szlifierko polerkach metalograficznych. W miarę szlifowania konieczna jest kontrola próbki pod mikroskopem.

Dyski z papierem ściernym SiC powinny być wymieniane natychmiast po zauważeniu ubytku materiału ściernego, czyli stosunkowo często, nawet po kilku minutach pracy. Dyski diamentowe i CBN są zdecydowanie trwalsze, ale od czasu do czasu wymagają "ostrzenia" osełką ceramiczną. Pozwala to usunąć zarówno stary materiał, jak i odsłonić nową, świeżą warstwę materiału ściernego. Równie istotna jest siła nacisku oraz chłodziwo używane w procesie szlifowania. Oba czynniki wpływają na siłę tarcia oraz ilość wygenerowanego i odprowadzonego ciepła, a więc na stopień deformacji powierzchni próbki. Ostatnim parametrem szlifowania jest prędkość obrotowa dysku ściernego. Przy stosowaniu typowych dysków o średnicy 200mm w większości przypadków utrzymuje się prędkość 500-600 obr/min. Wydaje się ona optymalna przy stosowaniu papierów ściernych SiC, oraz dysków diamentowych i CBN.

**4**

**POLEROWANIE.** Podobnie jak poprzednio, kluczowe jest zachowanie czystości stanowiska pracy, operatora i wcześniej przygotowanych próbek. Należy zawsze pamiętać, że o ile przy szlifowaniu ziarna miały rozmiar 60-45um, o tyle polerowanie kończymy na 2um a czasem na 0.25um. Łatwo sobie wyobrazić jakie spustoszenie może wywołać nawet jedno "zabłąkane" ziarno z poprzedniego etapu prac.

**5**

## TRAWIENIE

### Oznaczenia na okularze mikroskopu



**Aperturą numeryczną** nazywa się kąt zawarty między osią optyczną obiektywu a skrajnym promieniem światlnym, który jeszcze wchodzi do soczewki czołowej obiektywu, mnoży się go przez współczynnik załamania materiału, z którego wykonana jest soczewka.

**Immersja** to ciecz stosowana pomiędzy soczewką czołową obiektywu, a szkiełkiem. Jest ona stosowana, aby promień światła biegł w środowisku o stałym współczynniku i aby na granicy ośrodków nie rozpraszał się. Najczęściej stosowanymi cieczami immersyjnymi są:

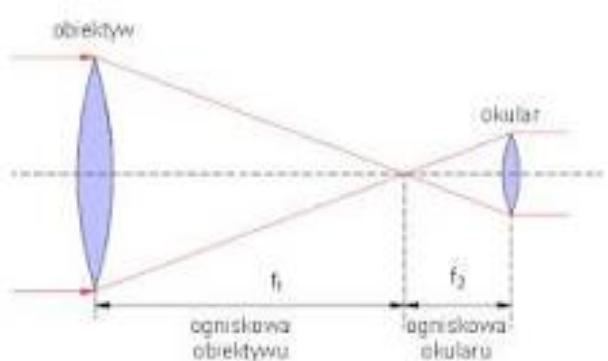
- ✓ olejek immersyjny (oznaczenie na obiektywie OIL)
- ✓ woda (oznaczenie W )
- ✓ gliceryna (GLY)

## PRÓBA BAUMANA

Próba Baumanna znalazła szczególne zastosowanie w wyrobach kolejowych, które muszą charakteryzować się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi oraz wysoką odpornością zmęczeniową. Badaniu poddaje się elementy, które pracują pod zmiennymi obciążeniami dynamicznymi np. osie zestawów kołowych, obręcze, elementy sprzągu śrubowego wagonów oraz przede wszystkim szyn kolejowych.

Próbę Baumana wykonuje się na przekroju poprzecznym badanego wyrobu. Polega ona na wykonaniu makro zgładu, odtłuszczeniu wyszlifowanej powierzchni i dokładnym wysuszeniu próbki. Podstawowym materiałem jest fotograficzny papier bromosrebrowy, który po nasączaniu w 5% roztworze kwasu siarkowego w czasie ok 5-10 minut, przykłada się ściśle do wcześniej wykonanego zgładu. Po kilku minutach, papier się zdejmuję, płucze w bieżącej wodzie i poddaje operacji utrwalenia 15% roztworem tiosiarczanu sodowego (utrwalacz fotograficzny). Po tych operacjach, papier ponownie płuczemy pod bieżącą wodą i suszmy. Podczas trwania badania, pomiędzy siarczkami (FeS i MnS), przeciętymi makro zgładem, kwasem siarkowym nasączającym papier, a bromkami srebra z emulsji papieru, zachodzą reakcje chemiczne, które ujawniają związki siarki w postaci brunatnych, bądź czarnych zabarwień.

## POWIĘKSZENIE MIKROSKOPU



Aby obliczyć powiększenie mikroskopu, należy po prostu pomnożyć powiększenie okularu mikroskopu przez powiększenie soczewki obiektywowej.

$$p = p_{ob} \cdot p_{ok} = \frac{l \cdot d}{f_1 \cdot f_2}$$

$l$  – długość tubusu,  
 $d$  – odległość dobrego widzenia 250mm