|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nr ćwiczenia:  3 | Nazwisko i Imię: | Prowadzący:  **Dr inż. Marcin Goły** |
| Data ćwiczenia: | Temat ćwiczenia:  „**Badanie hartowności stali”** | Ocena: |
| Rok, zespół laboratoryjny: |
| 1.Cel ćwiczenia:  Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze sposobami obliczania hartowności poszczególnych metali oraz wykorzystywanie wyników badań hartowności do oszacowania rozkładu twardości na przekroju pręta chłodzonego w ośrodku o podanej intensywności chłodzenia. | | |
| 2. Wstęp teoretyczny  **Hartowanie** - proces którego efektem końcowym jest metal o strukturze martenzytycznej bądź bainitycznej. Wyróżnia się dwa rodzaje hartowania: **objętościowe** i **powierzchniowe**.  **Objętościowe** natomiast dzielimy na zwykłe, stopniowe, przerywane i izotermiczne. **Zwykłe** polega na chłodzeniu nagrzanej stali z szybkością większą od krytycznej w cieczy o temperaturze pokojowej. **Stopniowe** polega na początkowym chłodzeniu z szybkością większą od krytycznej w cieczy o temperaturze większej od M­S. **Przerywane** polega na chłodzeniu materiału w dwóch ośrodkach chłodzących, najpopularniejszymi ośrodkami poza powietrzem są woda i olej. **Izotermicze** polega na chłodzeniu materiału z szybkością większą od krytycznej w kąpieli o temperaturze wyższej niż MS.  **Powierzchniowe** hartowanie dzielimy na płomieniowe, indukcyjne i kąpielowe. **Płomieniowe** polega na nagrzewaniu powierzchni ciała palnikiem gazowym. **Indukcyjne** polega na nagrzewaniu warstwy wierzchniej prądem elektrycznym indukowanym przez zmienne pole magnetyczne**. Kąpielowe** polega na zanurzeniu ciała w kąpieli nagrzanej do temperatury ~1100 °C.  **Hartowność**  to zdolność do utworzenia struktury martenzytycznej w miarę ochładzania. Podstawowymi parametrami hartowności którymi ją określamy jest **Vśr**krytyczna szybkość chłodzenia, **Dkr**średnica krytyczna, **Di śr** idealna średnica krytyczna oraz grubość warstwy zahartowanej. Na hartowność mają wpływ czynniki takie jak jednorodność składu chemicznego austenitu, wielkość ziarna austenitu czy skład chemiczny stali.  **Sposoby badania hartowności** – do najpopularniejszych należy metoda krzywych „U”, metoda hartowania od czoła, metoda Sheparda i metoda analityczna Grossmana. | | |
| 3. Przebieg ćwiczenia  Badanie przeprowadzamy metodą Jominy polegającą na hartowaniu od czoła. Stal którą hartujemy to stal 40H o składzie procentowym: 0,4% C, 0,8% Mn, 0,37% Si, 1% Cr, 0,35% P, 0,035% S. Próbka ogrzana do ~850 °C została zahartowana strumieniem cieczy wytwarzającym zmienną szybkość chłodzenia w zależności od czoła próbki. Do pomiaru twardości użyliśmy metody Rockwella w skali C (czyli HRC). Z otrzymanych wyników sporządziliśmy wykres zależności twardości od odległości od czoła. Znając zawartość węgla wyznaczyliśmy twardość strefy półmartenzytycznej której wartość wyniosła 45 HRC. Następnie wartość ta została użyta do wyliczenia odległości krytycznej L = 18 mm. Dzięki wykresowi zależności średnicy idealnej od odległości krytycznej wyznaczyliśmy średnicę idealną Di , średnicę krytyczną dla dla współczynnika H = 1(do chłodzenia wykorzystano wodę). Ostatnia część to badanie hartowności metodą Grossmana na podstawie składu chemicznego próbek oraz wielkości ziarna które posłużyły do wyliczenia średnicy krytycznej oraz rzeczywistej.  4. Tabele oraz wyniki  Skład chemiczny próbek:  - ***STAL 40H*** – 0,36 – 0,4 % C, 0,5 – 0,8% Mn, 0,17 – 0,37% Si, 0,8 – 1% Cr, 0,3% Ni  - ***STAL 40*** – 0,37- 0,45% C, 0,5 – 0,8% Mn, 0,17 – 0,37% Si, 0,25% Cr, 0,25% Ni  Tabelka zależności twardości od odległości od czoła:   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Próbka** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | **L [mm]** | 1 | 4 | 7 | 11 | 16 | 21 | 26 | 32 | 38 | 45 | 56 | 72 | | **Twardość [HRC]** | 58 | 57 | 56 | 55 | 48 | 41 | 37 | 37 | 36 | 28 | 23 | 21 |   Wykres na podstawie tabelki:    METODA GROSSMANA:   * STAL 40H   Nr ziarna N = 8         * STAL 40         Odczyty z wykresów:  STAL 40H:  Wykres zależności HCR od %C w próbce  - f(0,40%C) = 45 HCR  Wykres zależności HCR od odległości L od czoła [mm]  - f(45 HCR) = ~18 mm, L = 18 mm  Wykres zależności odległości od czoła od intensywności oziębiania, przy czym dla wody H = 1  - STAL 40H Di = 92 mm  Wyniki – metoda Jominiego:  - odległość krytyczna Lkr = 18mm  - średnica krytyczna Dkr = 75 mm  - idealna średnica krytyczna Di kr = 92 mm  Wyniki – metoda Grossmana:  - idealna średnica krytyczna Di kr = 96,08 mm  - rzeczywista średnica krytyczna DR kr = 79 mm | | |
| 5. Wnioski  Otrzymane wyniki metodą Jomniego jeśli chodzi o wartość idealnej średnicy krytycznej jest większa niż rzeczywistej średnicy krytycznej. Mimo tego że metoda sama w sobie jest dość skuteczna tj. małym nakładem pracy i bez skomplikowanej aparatury można opracować wnioski o przyzwoitej dokładności to jednak z pewnych powodów które tu omówię, nie jest ona w 100% dokładna. Z założenia samej metody wynika otrzymanie zmiennej intensywności chłodzenia, w ten sposób na końcu próbki intensywność chłodzenia znacznie się różniła od czoła co pozwalało na przemiany dyfuzyjne co niestety odbija się na twardości naszej próbki. Wykres który na podstawie otrzymanych danych sporządziliśmy pokazuje że zależność twardości od odległości od czoła nie jest funkcją liniową, widać także że największa twardość występuje przy powierzchni gdzie intensywność chłodzenie była największa, następstwem różnic w intensywności chłodzenia jest też miększy rdzeń próbki. Natomiast korzystając z metody analitycznej Grossmana otrzymaliśmy średnicę krytyczną i idealną średnicę krytyczną bardzo podobną co do wartości wyznaczonych w metodzie Jominiego. Oczywiście wpływ na wyniki mogły mieć też błędy w pomiarze itd. Mimo wszystkich odstępstw od wzorcowych wartości, skuteczność obu metod można ocenić na co najmniej zadowalającą co uzasadnia popularność powyższych metod. | | |