|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nr ćwiczenia:  5 | Nazwisko i Imię: | Prowadzący:  **Dr inż. Joanna Kowalska** |
| Data ćwiczenia: | Temat ćwiczenia:  **„Badania wpływu obróbki cieplnej na strukturę i własności stali”** | Ocena: |
| Rok, zespół laboratoryjny: |
| 1.Cel ćwiczenia:  Zbadanie wpływu obróbki cieplnej na właściwości i strukturę stali C45 | | |
| 2. Przebieg ćwiczenia  Przygotowano 7 próbek stali C45, następnie każdą z nich (oprócz pierwszej, która jest próbką wzorcową) poddawana jest procesowi hartowania odpowiednio w temperaturach i ośrodkach chłodzenia:   * 650°C - H2O * 750°C - H2O * 3x 850°C - H2O * 850°C - Powietrze   Krokiem następnym było mierzenie twardości metodą HRB bądź HRC w zależności od próbki a następnie przekształcane do skali HBW. Trzy próbki hartowane w 850°C zostały poddane odpuszczaniu aby sprawdzić jaki ma ona wpływ na twardość stali, powyższe próbki zostały analogicznie poddane pomiarom twardości w odpowiedniej skali i sprowadzone do skali HRB w celu dalszej analizy wyników i wyciągnięcia z nich wniosków końcowych. | | |
| 3. Wyniki   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | OBRÓBKA CIEPLNA STALI C45 I WYNIKI POMIARÓW | | | | | | | | | | | | | | HARTOWANIE | | | | | | | ODPUSZCZANIE | | | | | | | L.p. | Temp. °C/ oś. chłodzący | HRB lub HRC | | |  |  | Temp. °C/ oś. chłodzący | HRB lub HRC | | |  |  | | 0 | 20 | 86 | 88 | 88 | 87,6 | 174 |  |  | | |  |  | | 1 | 650°C/H2O | 87 | 94 | 94 | 91,7 | 194 | | 2 | 750°C/H2O | 34 | 37 | 38 | 36,3 | 334 | | 3 | 850°C/H2O | 62 | 60 | 62 | 61,3 | 626 | 300 | 53 | 52 | 52 | 52,3 | 510 | | 4 | 850°C/H2O | 62 | 60 | 62 | 61,3 | 626 | 500 | 34 | 35 | 35 | 34,6 | 319 | | 5 | 850°C/H2O | 62 | 60 | 62 | 61,3 | 626 | 650 | 20 | 20 | 20 | 20 | 216 | | 6 | 850°C/Pow. | 94 | 94 | 96 | 94,7 | 208 |  |  | | |  |  |  * **HARTOWANIE** – wykres zależności twardości HBW od temperatury i ośrodka chłodzącego * **ODPUSZCZANIE** – wykres zależności twardości HBW od temperatury i ośrodka chłodzącego | | |
| 4. Dyskusja wyników i wnioski  **Hartowanie:**  Jako że próbki chłodzone były z poziomu różnych temperatur, otrzymano różne szybkości chłodzenia co miało swój skutek w strukturze próbek. Im mniejsza szybkość chłodzenia, tym większy udział miały w strukturze bainit górny i dolny oraz perlit a mniejszy udział miał martenzyt, negatywnie odbiło się na twardości próbek. Na szybkość chłodzenia miał też wpływ ośrodek chłodzenia, jak widać w powietrzu otrzymujemy o wiele mniejsze szybkości chłodzenia co widać gdy porównujemy próbkę chłodzoną z 650°C w wodzie i próbkę chłodzoną z 850°C w powietrzu – w efekcie mają zbliżoną twardość. Kosztem wysokiej twardości jest oczywiście duże naprężenie hartownicze, które powstało w wyniku rośnięcia objętości martenzytu w porównaniu do austenitu, dodatkowo wzrost ten stopuje przemianę martenzytyczną i zwiększa ilość austenitu szczątkowego.  **Odpuszczanie:**  Trzy próbki chłodzone z 850°C w wodzie zostały poddane odpuszczaniu kolejno niskiemu, średniemu i wysokiemu.  Polegało to na podgrzaniu próbek do temperatury niższej niż Ac1, wygrzaniu i ochłodzeniu do temperatury pokojowej wykonane bezpośrednio po hartowaniu.   * Próbka 1 – odpuszczanie niskie – od 300°C – następuje zmniejszenie tetragonalności martenzytu w skutek wydzielania się nadmiaru węgla w postaci koherentnych z osnową węglików przejściowych – celem tego odpuszczania jest usunięcie naprężeń hartowniczych z zachowaniem wysokiej twardości, wytrzymałości ii odporności na ścieranie przy małej odporności na pękanie. Otrzymana struktura to martenzyt niskoodpuszczony. * Próbka 2 – dodatkowo względem próbki 1 następuje odpuszczanie średnie – od 500°C – twardość ulega niewielkiemu zmniejszeniu w stosunku do stanu zahartowanego lecz zostaje zachowana wysoka wytrzymałość, sprężystość a zwiększyła się odporność na pękanie – struktura to martenzyt średnioodpuszczony. * Próbka 3 – dodatkowo względem próbki 1 i 2 następuje odpuszczanie wysokie – od 650°C – efektem jest otrzymanie optymalnej kombinacji własności plastycznych i wytrzymałościowych. Strukturą jest sorbit.   Jak widać nic nie dzieje się bez straty. Kosztem coraz to wyższego odpuszczania jest oczywiście spadek twardości który widać na wykresie. Największy spadek widać między próbką 1 a 2 gdzie spadek wynosi ok 200 HBW. Mimo wszystko kiedy potrzebny jest kompromis między cechami plastycznymi a twardością to odpuszczanie świetnie się nadaje, przede wszystkim tam gdzie jest potrzebna jednocześnie znaczna twardość i spora własność plastyczna. | | |