

	<p style="text-align: center;">POLITECHNIKA LUBELSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ</p>	<p style="text-align: center;">Laboratorium Inżynierii Materiałowej ĆWICZENIE Nr 13.1</p>
<p>Akceptował: Kierownik Katedry prof. dr hab. B. Surowska</p>		<p>Opracował: dr inż. Sławomir Szewczyk</p>

I. Temat ćwiczenia: **Procesy wyżarzania i hartowania stali**

II. Cel ćwiczenia: Problematyka badania zmian struktury i właściwości mechanicznych w procesach wyżarzania i hartowania stali.

III. Ważniejsze pytania kontrolne:

1. Istota i cel obróbki cieplnej
2. Klasyfikacja różnych rodzajów obróbki cieplnej
3. Podstawowe przemiany zachodzące w stalach
4. Znaczenie zarodkowania w przemianach fazowych
5. Znaczenie procesów dyfuzji w obróbce cieplnej
6. Procesy wyżarzania stali
7. Zmiany wielkości ziarna przy przemianach perlit - austenit - perlit
8. Mikrostruktura stali niestopowych przed hartowaniem
9. Mechanizm przemiany martenzytycznej
10. Krytyczna prędkość chłodzenia
11. Na czym polega istota przemiany bainitycznej
12. Sposób przeprowadzania i cel różnych rodzajów hartowania
13. Dobór temperatury hartowania i czasu grzania
14. Właściwości ośrodków chłodzących
15. Przyczyny występowania austenitu szczałkowego
16. Naprężenia przy hartowaniu
17. Co to jest wykres CTPi i jak jest zbudowany
18. Co to są wykresy CTPc i jakie jest ich zastosowanie
19. Wpływ pierwiastków stopowych na przemiany przechłodzonego austenitu
20. Wady powstające w procesach obróbki cieplnej.

IV. Literatura:

1. Przybyłowicz K.: Metaloznawstwo. WNT, Warszawa 2007.
2. Blicharski M.: Wstęp do inżynierii materiałowej. WNT, Warszawa 2006.
3. Praca zbior. pod red. A. Werońskiego: Ćwiczenia laboratoryjne z inżynierii materiałowej. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002.

4. Dobrzański L. A.: Podstawy kształtowania struktury i własności materiałów metalowych. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
5. Blicharski M.: Inżynieria materiałowa, stal. WNT, Warszawa 2004.
6. Praca zbior. pod red. W. Lutego: Poradnik inżyniera. Obróbka cieplna stopów żelaza. WNT, Warszawa 1977.

V. Przebieg ćwiczenia:

1. Materiały i urządzenia do badań

- 1.1. Próbkki stalowe o wymiarach $\phi 30 \times 10$ mm w ilości 3 sztuk wykonane ze stali w gatunku: C45, C55, C80U, C105U, 100Cr6, 28Mn6, 34Cr4, 41Cr4, 42CrMo4, 36CrNiMo4, 56Si7 lub inne wg wskazań prowadzącego
- 1.2. Piec elektryczny komorowy typu LAC-LH15 do hartowania i wyżarzania – piec należy wstępnie nagrzać przed ćwiczeniami
- 1.3. Twardościomierz Brinella i Rockwella
- 1.4. Wanny hartownicze z wodą i olejem
- 1.5. Rękawice hartownicze, kleszcze kowalskie, fartuch ochronny
- 1.6. Szlifierka stołowa, papiery ściernie
- 1.7. Karty materiałowe lub normy, kserokopie wykresów CTPc lub CTPi dla obrabianych gatunków stali.

2. Przebieg badań

Przed rozpoczęciem ćwiczenia student obowiązkowo **zapoznaje się z zaleceniami instrukcji BHP**. Prowadzący zajęcia sprawdza opanowanie wiadomości podanych w instrukcji BHP i znajomość problematyki badawczej. Po dopuszczeniu do wykonania ćwiczenia należy wykonać następujące czynności:

- 2.1. Pobrać od prowadzącego zajęcia próbki do badań
- 2.2. Określić temperaturę hartowania badanych próbek w oparciu o wykres Fe-Fe₃C i porównać z temperaturą zalecaną w kartach materiałowych lub normach, przeanalizować ewentualne różnice
- 2.3. Podgrzać piec do wymaganej temperatury hartowania
- 2.4. Obliczyć czas grzania próbek w zależności od ich wymiarów (dla stosowanych pieców laboratoryjnych przyjmujemy 2 do 2,5 minut czasu grzania na 1 mm grubości przekroju)
- 2.5. Zbadać twardość próbek przed hartowaniem
- 2.6. Nagrzać próbki w piecu do hartowania. Następnie dwie próbki, w zależności od obrabianego gatunku stali oziębic w oleju lub w wodzie (po uzgodnieniu z prowadzącym zajęcia – jedną oziębic w wodzie, drugą w oleju), a trzecią studzić na powietrzu

Uwaga: a) przy obsłudze pieców używać sprzęt ochrony osobistej: fartuch ochronny, rękawice hartownicze, kleszcze kowalskie

- b) podczas ładowania i wyjmowania próbek z pieca elektrycznego należy chwilowo wyłączyć dopływ prądu – nie dotyczy to pieców, które posiadają wyłącznik drzwiowy
 - c) po zanurzeniu próbki w ośrodku chłodzącym (olej, woda) należy przez około $60 \div 90$ sekund poruszać próbkę tak, aby przez cały czas stykała się z nienagrzaną warstwą cieczy chłodzącej
- 2.7. Przeszlifować powierzchnie próbek na szlifierce stołowej (wykonywać w okularach ochronnych) oraz na papierach ściernych, a następnie oznaczyć w sposób trwały
 - 2.8. Zbadać twardość próbek po hartowaniu – wykonać trzy pomiary dla każdej próbki i obliczyć wartość średnią
 - 2.9. Zbadać twardość próbki studzonej na powietrzu
 - 2.10. Na wykresie CTPc lub CTPi dla obrabianego gatunku stali, nanieść krzywe prędkości chłodzenia dla zastosowanych ośrodków chłodzących oraz podać nazwy otrzymanych struktur.
3. Opracowanie sprawozdania
- Sprawozdanie z przeprowadzonych badań powinno zawierać:
- 3.1. Cel badań, przedmiot badań, spis literatury
 - 3.2. Uzasadnienie doboru temperatury wyżarzania
 - 3.3. Uzasadnienie doboru temperatury hartowania oraz obliczenie czasu grzania
 - 3.4. Wykreślne przedstawienie w układzie temperatura – czas, przeprowadzonych zabiegów obróbki cieplnej
 - 3.5. Wykres CTPc lub CTPi z naniesionymi krzywymi prędkości chłodzenia dla poszczególnych ośrodków chłodzących
 - 3.6. Tabelaryczne zestawienie wyników pomiarów twardości (HBW, HRC, HV) wszystkich próbek z podaniem nazwy otrzymanych struktur
 - 3.7. Wnioski dotyczące wpływu procesów wyżarzania i hartowania stali na strukturę i właściwości badanego gatunku stali.
4. Materiały uzupełniające
- 4.1. Karty materiałowe badanych gatunków stali