

	<p style="text-align: center;">POLITECHNIKA LUBELSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ</p>	<p style="text-align: center;">Laboratorium Inżynierii Materiałowej ĆWICZENIE Nr 13.2</p>
<p>Akceptował: Kierownik Katedry prof. dr hab. B. Surowska</p>		<p>Opracował: dr inż. Sławomir Szewczyk</p>

I. Temat ćwiczenia: **Ulepszanie cieplne stali**

II. Cel ćwiczenia: Problematyka badania zmian struktury i właściwości mechanicznych w procesie ulepszania cieplnego stali.

III. Ważniejsze pytania kontrolne:

1. Istota i cel obróbki cieplnej
2. Klasyfikacja różnych rodzajów obróbki cieplnej
3. Mikrostruktura stali niestopowych przed hartowaniem
4. Mechanizm przemiany martenzytycznej
5. Krytyczna prędkość chłodzenia
6. Na czym polega istota przemiany bainitycznej
7. Sposób przeprowadzania i cel różnych rodzajów hartowania
8. Dobór temperatury hartowania i czasu grzania
9. Właściwości ośrodków chłodzących
10. Przyczyny występowania austenitu szczątkowego
11. Naprężenia przy hartowaniu
12. Co to jest wykres CTPi i jak jest zbudowany
13. Co to są wykresy CTPc i jakie jest ich zastosowanie
14. Wpływ pierwiastków stopowych na przemiany przechłodzonego austenitu
15. Jakie zmiany struktury i właściwości mechanicznych zachodzą podczas odpuszczania zahartowanej stali
16. Kruchość odpuszczania i sposoby jej zapobiegania
17. Rodzaje odpuszczania stali
18. Ulepszanie cieplne stali
19. Węgliki w stalach zahartowanych i w stalach odpuszczonych
20. Twardość wtórna.

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. Próbkę stalowe o wymiarach $\phi 30 \times 10$ mm w ilości 2 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-PK10 do hartowania i 2 piece do odpuszczania – piece 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 obie próbki, w zależności od obrabianego gatunku stali oziębnić w oleju lub w wodzie

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 obie 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. Na wykresie CTPc lub CTPi dla obrabianego gatunku stali, nanieść krzywe prędkości chłodzenia dla zastosowanych ośrodków chłodzących oraz podać nazwy otrzymanych struktur.
 - 2.10. Jedną z próbek zahartowanych w oleju (lub w wodzie) odpuścić w temperaturze 200°C , a drugą w temperaturze 600°C , czas grzania 1 godzina
 - 2.11. Zbadać twardość próbek po odpuszczaniu.
3. Opracowanie sprawozdania
- Sprawozdanie z przeprowadzonych badań powinno zawierać:
- 3.1. Cel badań, przedmiot badań, spis literatury
 - 3.2. Uzasadnienie doboru temperatury hartowania oraz obliczenie czasu grzania
 - 3.3. Uzasadnienie doboru temperatury odpuszczania
 - 3.4. Wykreślne przedstawienie w układzie temperatura – czas, przeprowadzonych zabiegów obróbki cieplnej
 - 3.5. Wykres CTPc lub CTPi z naniesionymi krzywymi prędkości chłodzenia dla zastosowanych ośrodków chłodzących
 - 3.6. Tabelaryczne zestawienie wyników pomiarów twardości (HBW, HRC, HV) wszystkich próbek z podaniem nazwy otrzymanych struktur
 - 3.7. Wykres zmian twardości badanych próbek w funkcji temperatury odpuszczania
 - 3.8. Wnioski dotyczące wpływu ulepszenia cieplnego na strukturę i właściwości badanego gatunku stali.
4. Materiały uzupełniające
- 4.1. Karty materiałowe badanych gatunków stali