

## HARTOWANIE I ODPUSZCZANIE

### Hartowanie

Polega na nagraniu stali do temperatury austenitowania, krótkim wygraniu w tej temperaturze i oziębieniu z szybkością umożliwiającą uzyskanie struktury martenzytycznej lub bainitycznej. Podczas hartowania stali niestopowych oraz stali niskostopowych materiał nagrzewamy do temperatury 30-50°C. Natomiast stale wysokostopowe (nierdzewne szybkoctnące) nagrzewamy do temperatur znacznie wyższych (1100-1200°C) w celu rozpuszczenia się w austenicie węglików i maksymalnego nasycenia roztworu stałego pierwiastkami stopowymi.

### Zwykłe

Polega na ciągłym obniżaniu temperatury obrabianego elementu z prędkością większą od krytycznej w ośrodku o temperaturze niższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej. Dobór ośrodka chłodzącego uzależniony jest od hartowanego materiału oraz rodzaju struktury, którą chcemy uzyskać po zakończeniu procesu. Stale węglowe chłodzimy najczęściej w wodzie lub roztworach soli, natomiast stale stopowe w oleju lub powietrzu.

### Izotermiczne (bainityczne)

Przebiega podobnie jak hartowanie stopniowe, tzn. po austenitowaniu stal ochładza się w kąpeli o temperaturze wyższej od Ms, zwykle w zakresie 250-400°C, wytrzymuje w tej temperaturze do czasu zakończenia przemiany bainitycznej i chłodzi w powietrzu. Uzyskana struktura bainityczna posiada dużą twardość (40-50 HRC), a zarazem większą ciągliwość i udarność niż struktura martenzytyczna. Ze względu na zasięg austenitowania obrabianego cieplnie przedmiotu hartowanie dzielimy na: objętościowe i powierzchniowe.

### Stopniowe

Polega na chłodzeniu obrabianego elementu w kąpeli o temperaturze wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej, wytrzymaniu w tej temperaturze przez okres konieczny do wyrównania temperatury na powierzchni i w rdzeniu przedmiotu lecz nie dłuższej niż czas trwałości austenitu w tej temperaturze i powolnym chłodzeniu do temperatury otoczenia. Dzięki wyrównaniu temperatury na powierzchni i w rdzeniu materiału oraz powolnemu chłodzeniu po wytrzymaniu izotermicznym w przekroju elementu zanikają naprężenia termiczne oraz zmniejsza się skłonność do pęknięcia i pęcznienia elementów. Jako kąpeli hartowniczych używa się najczęściej stopionych soli azotanów i azotynów sodu oraz soli potasu, które zapewniają szybki odbiór ciepła od ochładzanych elementów.

### Objętościowe

Występuje wtedy, gdy austenitowanie obejmuje całą objętość obrabianego cieplnie przedmiotu, a grubość zahartowanej warstwy zależy wyłącznie od własności materiału i szybkości chłodzenia.

### Powierzchniowe

Polega na szybkim nagraniu warstwy powierzchniowej przedmiotu do temperatury hartowania i następnie szybkim chłodzeniu. Hartowanie powierzchniowe w zależności od sposobu nagrzewania dzieli się na:

- indukcyjne,
- płomieniowe,
- kąpielowe,
- wiązkowe (laserowe, elektronowe, jonowe).

### Odpuszczanie

Polega na nagraniu stali zahartowanej do temperatury niższej od Ac1, wygraniu w tej temperaturze i chłodzeniu do temperatury pokojowej. W zależności od temperatury, w której prowadzony jest proces, rozróżnia się odpuszczanie:

- niskie 100 - 250°C
- średnie 250 - 500°C
- wysokie 500°C - Ac1.

### Niskie

Stosowane jest głównie do stali narzędziowych, łożyskowych oraz hartowanych powierzchniowo. Celem odpuszczania niskiego jest zmniejszenie naprężeń hartowniczych, skłonności do kruchej pęknięcia oraz zachowanie dużej twardości i odporności na ścieranie.

### Średnie

Stosowane w celu nadania obrabianym elementom wysokiej granicy sprężystości przy zachowanej dużej wytrzymałości i równoczesnym polepszeniu ich właściwości plastycznych. Twardość struktury nieznacznie się zmniejsza. Odpuszczanie średnie jest stosowane głównie do stali sprężynowych oraz konstrukcyjnych.

### Wysokie

Stosowane jest głównie do stali konstrukcyjnych w celu otrzymania najbardziej korzystnych właściwości wytrzymałościowych i plastycznych, tj. dużej udarności i wydłużenia przy maksymalnym stosunku  $Re/R_m$ . Połączenie hartowania z odpuszczaniem niskim nazywamy utwardzaniem cieplnym, natomiast połączenie hartowania z odpuszczaniem wysokim lub średnim nazywamy ulepszeniem cieplnym.

### Ulepszenie cieplne

Hartowanie połączone z odpuszczaniem wysokim lub średnim

### Utwardzanie cieplne

Hartowanie połączone z odpuszczaniem niskim