

## 09: DIAGRAM TTT DAN CCT

### 9.1. Diagram TTT

Maksud utama dari proses perlakuan panas terhadap baja adalah agar diperoleh struktur yang diinginkan supaya cocok dengan penggunaan yang direncanakan. Struktur tersebut dapat diperkirakan dengan cara menerapkan proses perlakuan panas yang spesifik. Struktur yang diperoleh merupakan hasil dari proses transformasi dari kondisi sebelumnya (awal). Beberapa proses transformasi dapat dibaca melalui diagram fasa. Diagram fasa Fe-C dapat digunakan untuk memprediksi beberapa kondisi transformasi tetapi untuk kondisi tidak setimbang tidak dapat menggunakan diagram fasa. Dengan demikian, untuk setiap kondisi transformasi lebih baik menggunakan diagram TTT (Time – Temperature - Transformation). Diagram ini menghubungkan transformasi austenit terhadap waktu dan temperatur. Nama lain dari diagram ini adalah diagram S atau diagram C. Melalui diagram ini dapat dipelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas. Diagram ini dapat juga digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang diquench (disepuh) dari temperatur austenitisasinya ke suatu temperatur dibawah A1.

Pengaruh laju pendinginan pada transformasi austenit dapat ditunjukkan melalui penggunaan diagram TTT untuk jenis baja tertentu. Pada diagram ini sumbu tegak menyatakan temperatur sedangkan sumbu datar menyatakan waktu yang diplot dalam skala logaritmik. Diagram ini merupakan ringkasan dari beberapa jenis struktur mikro yang diperoleh dari rangkaian percobaan yang dilakukan pada spesimen yang kecil yang dipanaskan pada temperatur austenitisasinya, kemudian diquench pada temperatur tertentu dibawah titik eutektoid A1, untuk jangka waktu yang tertentu pula sampai seluruh austenit bertransformasi. Proses transformasi

dari austenit pada baja yang bersangkutan diamati dan dipelajari dengan menggunakan mikroskop.

Produk yang diperoleh dari transformasi austenit dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok. Pada rentang temperatur antara A1 sampai kira-kira akan terbentuk perlit. Tetapi perlit yang terbentuk pada temperatur sekitar 700<sup>0</sup>C akan lebih kasar; sedangkan perlit yang terbentuk pada temperatur sekitar 550<sup>0</sup>C akan lebih halus. Dibawah temperatur ini, yaitu 450<sup>0</sup>C akan terbentuk **upper bainite** dan pada temperatur sekitar 250<sup>0</sup>C yaitu sedikit di atas Ms akan terbentuk **lower bainite**. Harga kekerasan dari struktur tersebut di atas dapat dibaca pada skala yang terdapat disebelah kanan kurva.

Pada diagram TTT; kurva B menyatakan awal dari transformasi austenit, sedangkan kurva E menyatakan waktu yang diperlukan untuk mentransformasikan seluruh austenit. Daerah disebelah kiri kurva B menyatakan perioda Inkubasi dimana transformasi dari austenit belum dimulai. Terlihat bahwa proses transformasi yang paling cepat terjadi pada temperatur sekitar 550<sup>0</sup>C, dimana awal transformasi dapat berlangsung kurang dari satu detik. Dan dalam waktu 5 detik seluruh fasa austenit sudah bertransformasi. Hal ini menunjukkan bahwa laju pendinginan untuk memperoleh Martensit atau Bainit harus cepat, dan ini hanya terjadi dengan Jalan dicelup ke dalam air (diquench).

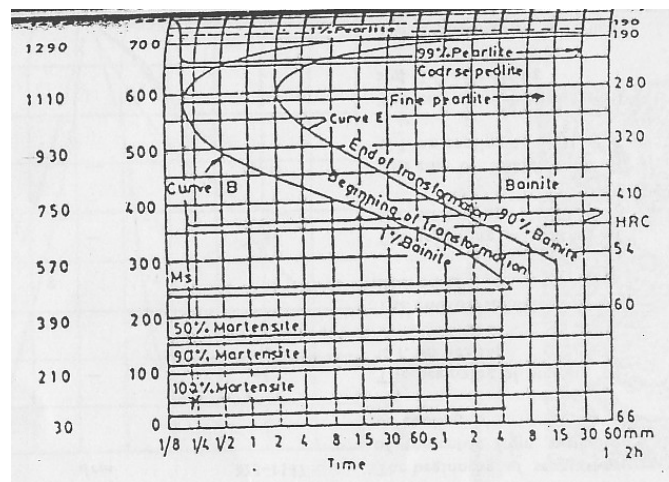
Perlit yang terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding Perlit yang halus. Hal ini erat kaitannya dengan kelakuan presipitasi sementit dari austenit,

Bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding dengan Bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih rendah. Struktur Bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi relatif berbeda dengan struktur bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih rendah.

Pembentukan Martensit sangat berbeda dibandingkan dengan Pembentukan perlit atau bainit. Pembentukan martensit hampir tidak tergantung pada waktu. Sebagai contoh: Martensit mula terbentuk sekitar 200<sup>0</sup>C (Ms) dan terus berlanjut sampai temperatur mencapai 29<sup>0</sup>C yaitu pada saat Martensit mencapai 100% (Mf).

Pembentukan martensit dikaitkan dengan waktu pada diagram dinyatakan dengan garis horizontal. Pada 99<sup>0</sup>C hampir 90 % martensit telah terbentuk. Perbandingan ini tidak berubah terhadap waktu sepanjang temperaturnya dijaga konstan.

Pengaruh laju pendinginan pada transformasi austenit dapat diuraikan melalui penggunaan diagram TTT untuk jenis baja tertentu. Seperti gambar 9.1 di bawah menggambarkan diagram TTT untuk baja dengan kadar karbon 1%.



Gambar 9.1. Diagram TTT untuk baja Karbon 1%C

Pada diagram ini, sumbu tegak menyatakan temperatur sedangkan sumbu mendatar menyatakan waktu yang diplot dalam skala logaritmik. Diagram ini merupakan ringkasan dari beberapa jenis struktur mikro yang diperoleh dari rangkaian percobaan yang dilakukan pada spesimen yang kecil yang

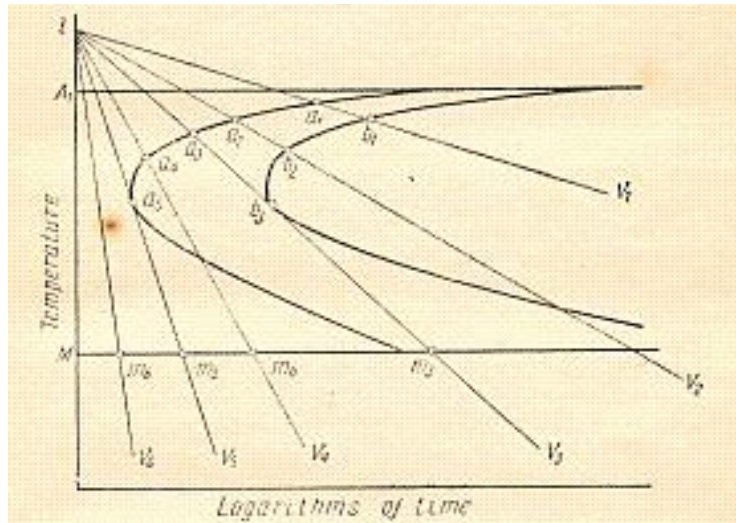
dipanaskan pada temperatur austenisasinya, kemudian diquench pada temperatur tertentu di bawah titik eutektoid  $A_1$  untuk jangka waktu yang tertentu pula sampai seluruh transformasi austenit.

Produk yang diperoleh dari transformasi austenit dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok. Pada rentang temperatur antara  $A_1$  sampai kira – kira  $550^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk perlit. Tetapi perlit yang terbentuk sekitar  $700^{\circ}\text{C}$  akan lebih kasar, sedangkan perlit yang terbentuk pada temperatur  $550^{\circ}\text{C}$  akan lebih halus. Pada temperatur sekitar  $450^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk upper bainit dan pada temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  yaitu sekitar sedikit di atas  $M_s$  akan terbentuk lower bainit. Harga kekerasan dari struktur – struktur tersebut dapat dibaca pada skala yang terdapat disebelah kanan kurva.

Perlit yang terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding perlit yang halus. Hal ini erat kaitannya dengan kelakuan persipitasi sementit dari austenit. Bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding dengan bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih rendah. Struktur bainit terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi relatif berbeda dengan struktur bainit yang terbentuk pada temperatur yang lebih rendah.

## 9.2. Diagram CCT

Saat kondisi perlakuan panas sebenarnya, transformasi umumnya tidak terjadi saat kondisi isothermal tetapi terjadi saat kondisi pendinginan yang terus menerus (Continuous Cooling). Proses ini dapat kita lihat pada diagram CCT (Continuous Cooling Transformation) berikut:



Gambar 9.2. Diagram CCT pada baja Karbon.

Beberapa spemen baja eutektoid dipanaskan pada temperatur di atas titik  $A_1$ . Temperatur ini ditunjukkan oleh diagram CCT di atas sebaga titik  $t$ . kemudian baja didinginkan dengan berbagai macam variasi pendinginan. Proses pendinginan diperlihatkan oleh garis miring dimana semakin miring garis yang terbentuk semakin cepat pendinginannya. Pendinginan yang paling lambat (untuk annealing) diperlihatkan oleh garis lurus  $v_1$ , pendinginan yang sedikit lebih cepat diperlihatkan oleh garis  $v_2$ , yang lebih cepat (untuk quenching dengan oli) diperlihatkan oleh garis  $v_3$  dan  $v_4$  dan yang paling cepat (pendinginan dengan air) ditunjukkan oleh garis  $v_5$  dan  $v_6$ .

Saat pendinginan paling lambat pada garis  $v_1$  yang berpotongan dengan dua buah kurva transformasi berikut sewaktu awal transformasi berpotongan pada titik  $a_1$  dan dan kurva akhir transformasi berpotongan dengan titik  $b_1$ . Ini berarti bahwa pendinginan yang lambat, austenit seluruhnya bertransformasi menjadi agregat ferit – sementit.

Karena transformasi terjadi sewaktu temperatur tertinggi (range temperatur  $A_1 - M$ ), butiran ferit – sementit bergumpal dan sedikit menyebar dengan bentuk yang lain yang disebut dengan perlit.

Pendinginan yang lebih cepat (seperti sewaktu normalizing) garis  $v_2$  juga berpotongan dengan dua kurva transformasi. Ini berarti bahwa meskipun austenit telah seluruhnya berubah menjadi gumpalan ferit sementit, namun pada range  $a_2 - b_2$ , melalui temperatur yang lebih merata yang disebut dengan sorbit.

Pendinginan yang tidak melewati  $v_3$ , kurva memperlihatkan proses pendinginan memotong kedua kurva transformasi, yang menghasilkan dekomposisi austenit menjadi butiran ferit sementit. Pendinginan yang lebih cepat dari  $v_3$ , seperti  $v_4$ , garis  $v_4$  hanya memotong kurva pada saat awal transformasi (titik  $a_4$ ), dan tidak melewati kurva akhir transformasi. Ini berarti, ferit sementit mulai terbentuk namun tidak seluruhnya. Dengan kata lain sebagian volume butir austenit berubah jadi ferit dan sementit, namun bagian lainnya menjadi martensit sewaktu mencapai temperatur  $M$  (di titik  $M_4$ ). Dengan demikian, struktur baja dingin pada  $v_4$  sebagian terdiri dari troostie dan yang lainnya martensit. Struktur yang aneh ini pada seluruh baja didinginkan lebih cepat dari  $v_3$ , namun lebih lambat dari  $v_5$ . Untuk baja karbon pendinginan ini sama dengan quenching dalam oli.