

BAB VII

PROSES THERMAL LOGAM PADUAN

Annealing adalah : sebuah perlakuan panas dimana material dipanaskan pada temperatur tertentu dan waktu tertentu dan kemudian dengan perlahan didinginkan.

Annealing dilakukan untuk :

1. Menghilangkan tegangan pada bahan.
2. Meningkatkan keuletan dan ketangguhan.
3. Menghasilkan struktur mikro tertentu.

Proses annealing dibagi atas tiga tingkat :

1. Pemanasan hingga temperatur yang diinginkan.
2. Temperatur dijaga konstan.
3. Pendinginan.

Proses annealing pada logam biasanya dilakukan untuk mengurangi efek “pengerjaan dingin” yaitu melunakkan bahan dan menaikkan keuletan setelah sebelumnya dilakukan pengerasan regangan.

Pada logam bisa terjadi tegangan sisa dalam (internal residual stress), dikarenakan :

1. Proses deformasi plastis karena proses pemesinan (machining) atau proses penggerindaan.
2. Pendinginan yang tidak merata pada proses pengelasan atau pencetakan.
3. Transformasi fasa pada pendinginan karena perbedaan kerapatan/density.

Menghilangkan tegangan sisa bisa dilakukan dengan proses “stress relief annealing” (annealing penghilangan tegangan).

ANNEALING PADUAN BESI

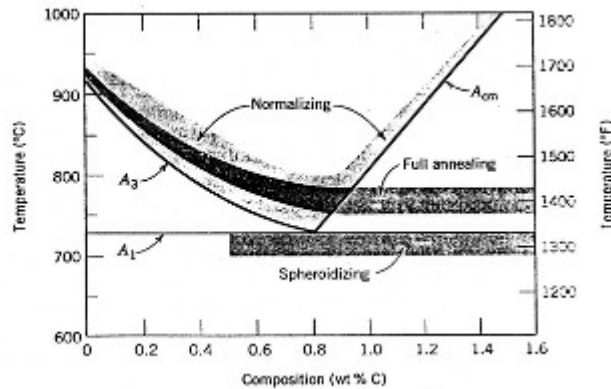
1. NORMALIZING

Baja yang telah mengalami deformasi plastis, misalnya karena proses “rolling” akan mempunyai struktur mikro pearlite yang bentuknya tak beraturan dan ukuran butir

besar-besar dan bervariasi. Untuk membuat struktur pearlite yang lebih halus dan lebih seragam dilakukan proses normalizing.

Normalizing dilakukan dengan pemanasan sampai temperatur 55°C – 85°C diatas temperatur kritis atas hingga baja berubah menjadi austenit, kemudian dilakukan pendinginan di udara. (gb. 11.1).

FIGURE 11.1 The iron-iron carbide phase diagram in the vicinity of the eutectoid, indicating heat treating temperature ranges for plain carbon steels. (Adapted from *Metals Handbook*, T. Lyman, Editor, American Society for Metals, 1948, p. 661.)



2. FULL ANNEAL

Full anneal adalah : baja dipanaskan sampai 15° - 40 ° C diatas garis A₃ atau A₁ (gb. 11.1) hingga tercapai keseimbangan pada struktur austenit, kemudian baja didinginkan di dalam dapur pemanas sampai temperatur ruang.

struktur mikro yang terbentuk : coarse pearlite.

bahan baja biasanya berupa ; baja karbon rendah dan sedang.

3. SPHEROIDIZING

Adalah pemanasan logam sampai temperatur dibawah temperatur eutectoid (grs a1 pd. Gb. 11.1) atau disekitar 700°C pada daerah $\alpha + Fe_3C$. Pemanasan dilakukan antara 15 sampai 25 jam. Pada proses ini Fe₃C akan membentuk partikel spheroid.

Proses ini biasanya dilakukan pada baja karbon sedang dan tinggi. Struktur yang terbentuk : spheroid.

Tujuannya adalah supaya baja mudah dibentuk.

Untuk berhasilnya perlakuan panas untuk membuat bahan baja martensite di keseluruhan penampang bahan dipengaruhi 3 faktor :

1. Komposisi paduan.
2. Tipe dan karakter media pendingin.
3. Ukuran dan bentuk spesimen.

KEMAMPUAN Pengerasan (HARDENABILITY)

pada proses pembentukan baja martensit, diperoleh hasil bahwa makin kedalam maka sifat martensitnya makin berkurang atau baja bagian luar lebih keras dari bagian dalam.

Kemampuan pengerasan : adalah kemampuan paduan logam diperkeras pada pembentukan martensit.

Yang diukur adalah berapa kedalaman pengerasan bahan tersebut.

Uji jominy

Untuk menguji kekerasan karena pembentukan martensit dilakukan dengan “uji jominy end quench” (gb.11.2). Angka kekerasan sebagai fungsi jarak bisa dilihat pada gambar 11.3.

Kadang-kadang lebih disukai untuk melihat kekerasan sebagai fungsi laju pendinginan daripada jarak quenching (gb 11.4). Kemampuan pengerasan dipengaruhi oleh komposisi paduan.

FIGURE 11.2 Schematic diagram of Jominy end-quench specimen (a) mounted during quenching and (b) after hardness testing from the quenched end along a ground flat. (Adapted from A. G. Guy, *Essentials of Materials Science*. Copyright 1978 by McGraw-Hill Book Company, New York.)

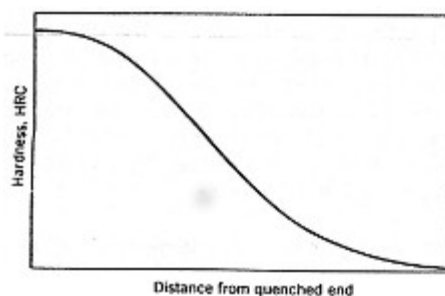
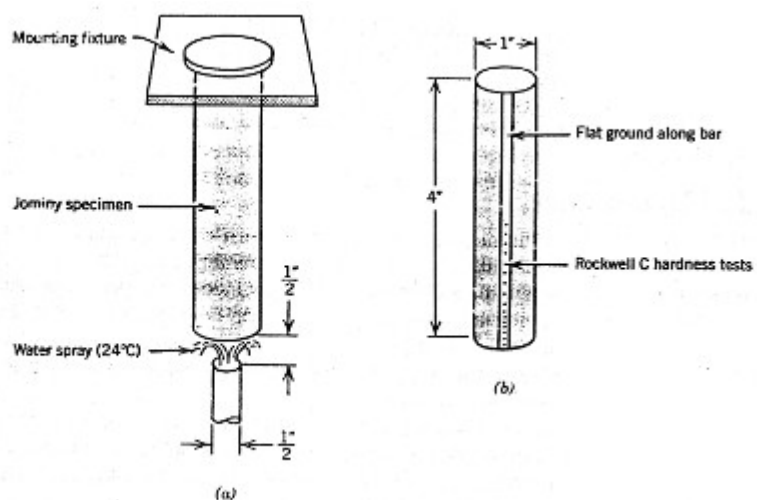


FIGURE 11.3 Typical hardenability plot of Rockwell C hardness as a function of distance from the quenched end.

PENGARUH MEDIA QUENCHING, UKURAN SPESIMEN DAN GEOMETRI

Media quenching : air, oli, udara.

- air media pendingin paling cepat, sedangkan udara paling lambat
- kecepatan media quenching juga mempengaruhi laju pendinginan, makin cepat laju media, makin tinggi laju pendinginan
- Media oli banyak dipakai pada quenching baja paduan
- pada baja karbon tinggi, penggunaan air mengakibatkan laju pendinginan terlalu cepat sehingga terjadi retak atau pembengkokan.

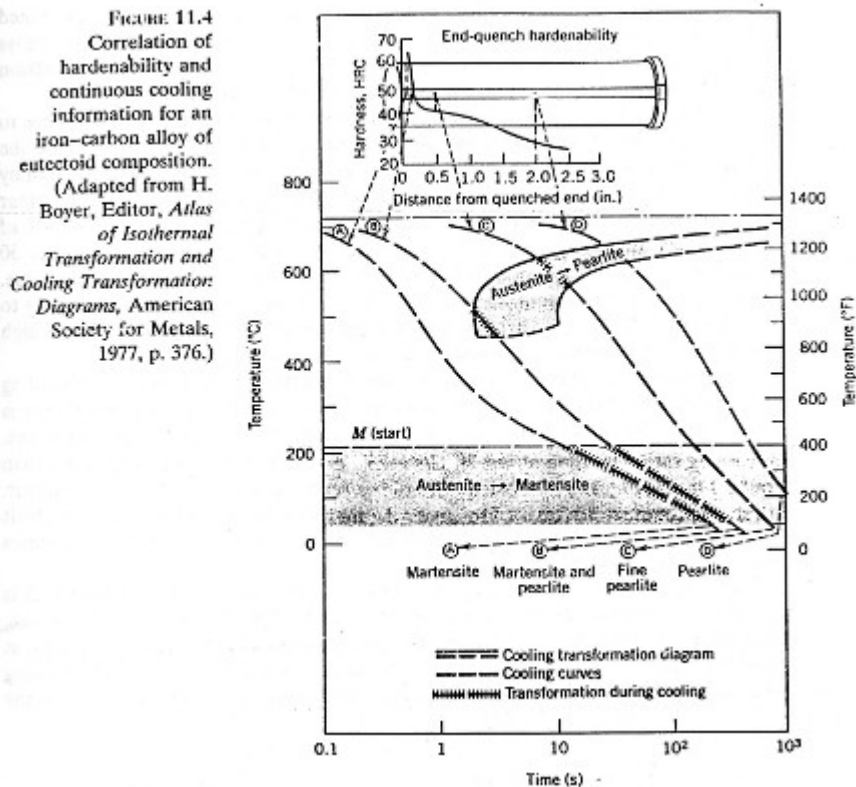
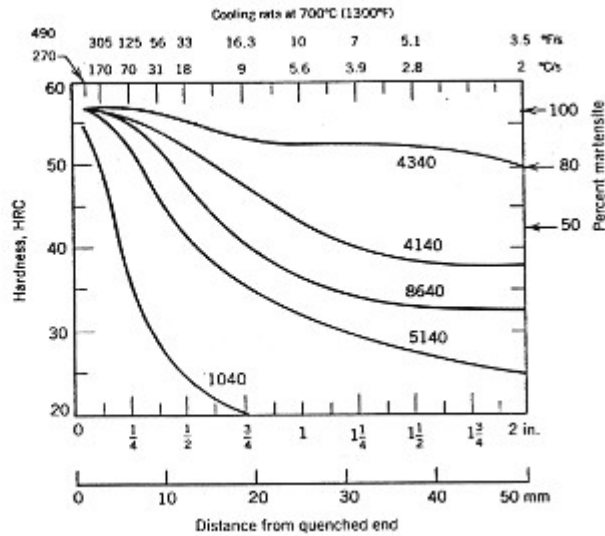


FIGURE 11.5
 Hardenability curves for five different steel alloys, each containing 0.4 wt% C. Approximate alloy compositions (wt%) are as follows: 4340–1.85 Ni, 0.80 Cr, and 0.25 Mo; 4140–1.0 Cr and 0.20 Mo; 8640–0.55 Ni, 0.50 Cr, and 0.20 Mo; 5140–0.85 Cr; 1040 is an unalloyed steel. (Adapted from figure furnished courtesy Republic Steel Corporation.)



Pada proses pendinginan, panas mesti dibuang dari material melalui permukaannya. Oleh sebab itu laju pendinginan kedalam material sangat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran material. Gb 11.8a dan 11.8b memperlihatkan laju pendinginan sebagai fungsi diameter batang logam silinder.

Bentuk spesimen juga mempengaruhi efek pengerasan. Apabila rasio luas permukaan terhadap massa spesimen besar maka makin besar laju spesimen, dan makin dalam efek pengerasan. Bentuk spesimen yang tidak beraturan akan mempunyai rasio luas permukaan terhadap massa yang lebih besar bila dibandingkan dengan bentuk yang beraturan dan bentuk bulat.

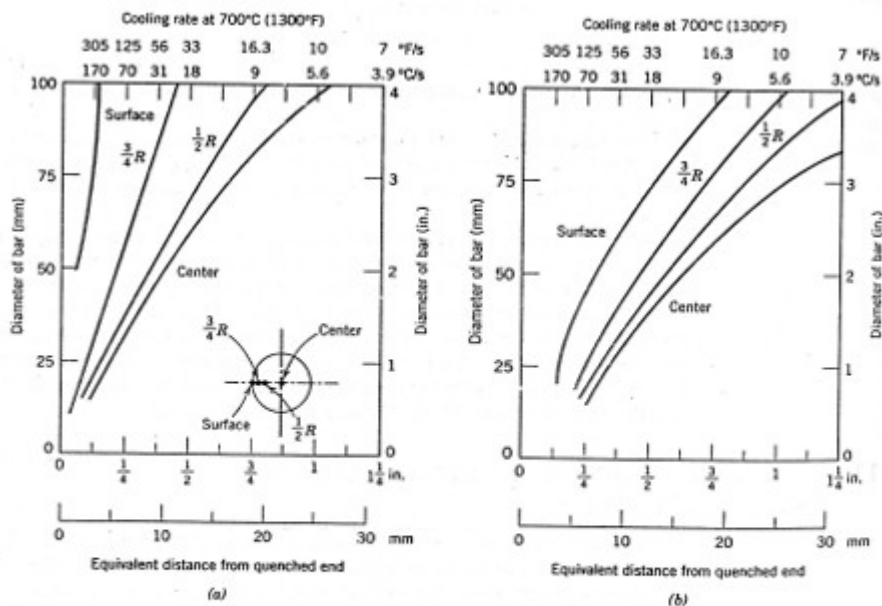


FIGURE 11.8 Cooling rate as a function of diameter at surface, three-quarters radius ($\frac{3}{4}R$), midradius ($\frac{1}{2}R$), and center positions for cylindrical bars quenched in mildly agitated (a) water and (b) oil. Equivalent Jominy positions are included along the bottom axis. (Adapted from *Metals Handbook: Properties and Selection, Irons and Steels*, Vol. 1, 9th edition, B. Bardes, Editor, American Society for Metals, 1978, p. 492.)

PRECIPITATION HARDENING (PENGERASAN PRESIPITASI).

Penguatan dan pengerasan logam paduan bisa ditingkatkan dengan pembentukan penyebaran partikel-partikel dari fasa kedua kedalam matrik fasa yang asli/pertama. Hal ini dilakukan dengan perlakuan panas yang tepat.

Prosesnya disebut precipitation hardening karena partikel-partikel kecil dari fasa yang baru membentuk precipitasi/endapan/menggumpal. Kadang-kadang disebut “age hardening” (pengerasan penuaan) karena proses penguatan terjadi karena proses waktu.

Contoh-contoh logam yang diperkeras dengan pengerasan precipitasi adalah: aluminium-tembaga, tembaga-beryllium, tembaga-timah dan magnesium-aluminium,dll.

Precipitation hardening dan perlakuan baja untuk membentuk maartensit adalah fenomena yang sama sekali berbeda walaupun proses perlakuan panas hampir sama.

Proses precipitation hardening terjadi atas 2 tahap:

1. Solution heat treating
2. Precipitation heat treating

Untuk penjelasan,lihat gb 11.11 dan gb 11.12

1. Solution heat treating :

Pada T_0 struktur logam adalah α , dengan komposisi c_0 . Kemudian dilakukan pendinginan cepat hingga temperatur T_1 yaitu temperatur ruang sehingga fase β tidak bisa terbentuk. Karena itu kondisi logam adalah tidak setimbang/non equilibrium dimana hanya ada fase α jenuh dengan atom β didalamnya. Sifat bahan adalah lunak dan lemah.

2. Precipitation heat treating

Solid solution α yang super jenuh dipanaskan sampai T_2 pada daerah $\alpha + \beta$. Pada temperatur β ini terjadi difusi sehingga terbentuk fase β yang berupa partikel halus dan tersebar dengan komposisi C_β dan prosesnya disebut aging/penuaan. Setelah waktu tertentu paduan didinginkan sampai temperatur kamar.

Grafik proses pemanasan terhadap waktu bisa dilihat pada gb 11.12. Gb 11.13 memperlihatkan pengaruh ‘aging’ terhadap kekuatan bahan.

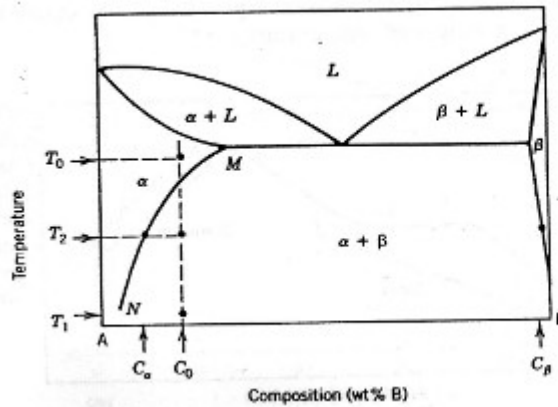


FIGURE 11.11 Hypothetical phase diagram for a precipitation hardenable alloy of composition C_0 .

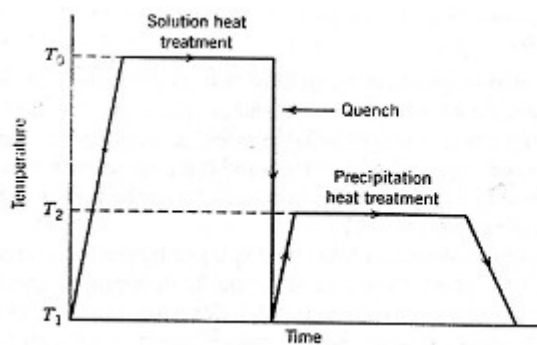


FIGURE 11.12 Schematic temperature-versus-time plot showing both solution and precipitation heat treatments for precipitation hardening.

MEKANISME Pengerasan pada Precipitasi

Pengerasan precipitasi umumnya dilakukan pada paduan aluminium. Proses penguatan dipercepat oleh kenaikan temperatur. Hal ini bisa dilihat pada gb 11.15. Idealnya temperatur dan waktu untuk perlakuan panas. Precipitasi didesain untuk menghasilkan kekerasan atau kekuatan disekitar daerah maksimum. Pada proses precipitasi terjadi distorsi struktur kristal-kristal di sekeliling dan di sekitar partikel dari fase transisi (gb 11.15b) yang akan menghambat deformasi plastis.

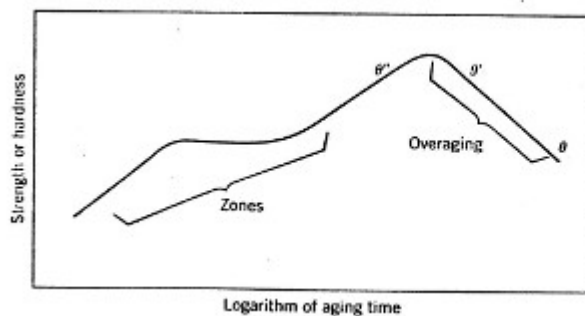


FIGURE 11.13 Schematic diagram showing strength and hardness as a function of the logarithm of aging time at constant temperature during the precipitation heat treatment.

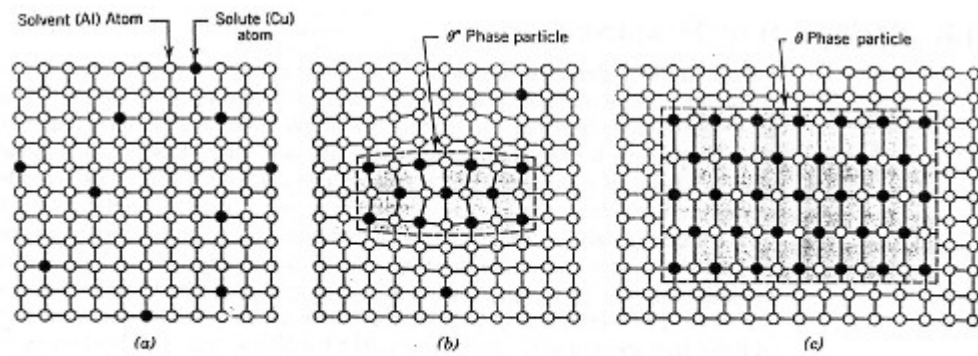


FIGURE 11.15 Schematic depiction of several stages in the formation of the equilibrium precipitate (θ) phase. (a) A supersaturated α solid solution. (b) A transition, θ' , precipitate phase. (c) The equilibrium θ phase, within the α matrix phase. Actual phase particle sizes are much larger than shown here.

Soal-soal

1. Dengan kalimat anda sendiri, uraikanlah prosedur perlakuan panas baja dan struktur mikro yang terbentuk: full annealing, normalizing, quenching, dan tempering.
2. Sebutkan tiga penyebab terbentuknya tegangan sis pada komponen logam. Apakah konsekuensi yang merugikan dari tegangan ini?
3. Berikanlah jangkauan temperatur dimana memungkinkan untuk membentuk fasa austenit dari paduan besi-karbon berikut selama perlakuan *normalizing* : (a) 0,15 wt% C, (b). 0,50 wt% C, dan (c) 1,10 wt% C.
4. Apakah tujuan dari perlakuan panas spherodizing? Dan paduan apakah yang biasanya dilakukan.
5. Jelaskan apakah perbedaan antara kekerasan dan kemampukerasan.
6. Apakah perbedaan prinsip antara proses penuaan (aging) alami dengan artifisial?