

1. Maksud dan Tujuan.

Yang dimaksud dengan annealing ialah menurunkan kekerasan suatu baja dengan jalan memanaskan baja tersebut pada temperatur diatas temperatur krisis maksimum 980°C , dan kemudian dinginkan secara perlahan-lahan di udara (sampai dingin). Sebagai misal baja dengan kadar karbon 1,2%C, susunan strukturnya adalah Sementit dan pearlit, setelah kita annealing maka akan didapat susunan pearlit agak kasar sehingga mengurangi kekerasan dari baja tersebut.

Tujuan dari *annealing* ialah untuk :

1. Mendapatkan baja yang mempunyai kadar karbon tinggi, tetapi dapat dikerjakan mesin atau pengerjaan dingin.
2. Memperbaiki keuletan.
3. Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan stuktur.
4. Memperhalus ukuran butir.
5. Menghilangkan tegangan dalam.
6. Menyiapkan struktur baja untuk proses perlakuan panas.

2. Langkah Kerja Proses Annealing.

2.1 Proses Annealing.

Proses *annealing* adalah sebagai berikut:

1. Benda kerja kita masukan kedalam kotak baja yang kita isi dengan terak atau pasir.
2. Panaskan pada temperatur 980°C selama 1 sampai 3 jam.
3. Setelah cukup waktunya kotak kita angkat dari dapur.
4. Benda kerja didinginkan dengan perlahan-lahan.

2.2 Cara-Cara Pendinginan Pada Proses Annealing.

Pendinginan dapat kita lakukan dengan cara:

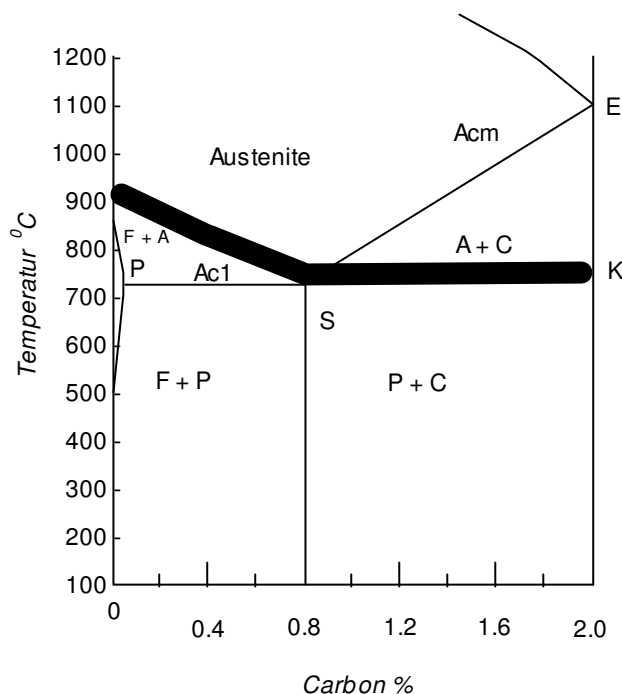
1. Benda kerja dikeluarkan dari kotak dan dibiarkan dingin perlahan-lahan dengan pendinginan dari udara.
2. Benda kerja bersama-sama dengan kotaknya dibiarkan dingin perlahan-lahan dengan pendinginan udara.

- Kotak yang berisi benda kerja dibiarkan didalam dapur dan dapur kita matikan. Sehingga dapur, benda kerja dan kotak mengalami pendinginan yang perlahan-lahan dari udara.

3. Tipe-Tipe Proses Annealing

Full Annealing.

Full annealing (FA) terdiri dari austenisasi dari baja yang diikuti dengan pendinginan yang lambat didalam tungku, kemudian temperatur yang dipilih untuk austenisasi tergantung pada kandungan karbon dari baja tersebut.



Gambar 1 : Diagram kesetimbangan besi karbon menunjukkan daerah temperatur untuk *full annealing*

Full annealing untuk baja hipereutektoid dilakukan pada temperatur austenisasi sekitar 50°C diatas garis A_3 dan mendiampkannya pada tempertur tersebut untuk jangkauan waktu tertentu, kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat diatas tungku. Pada temperatur austenisasi, pembentukan austenit akan merubah struktur yang ada sebelum dilakukan pemanasan, dan austenit yang terbentuk relatif halus. Pendinginan yang lambat didalam tungku akan menyebabkan austenit mengurai menjadi perlit dan ferit. Pemanasan yang terlalu tinggi diatas A_3

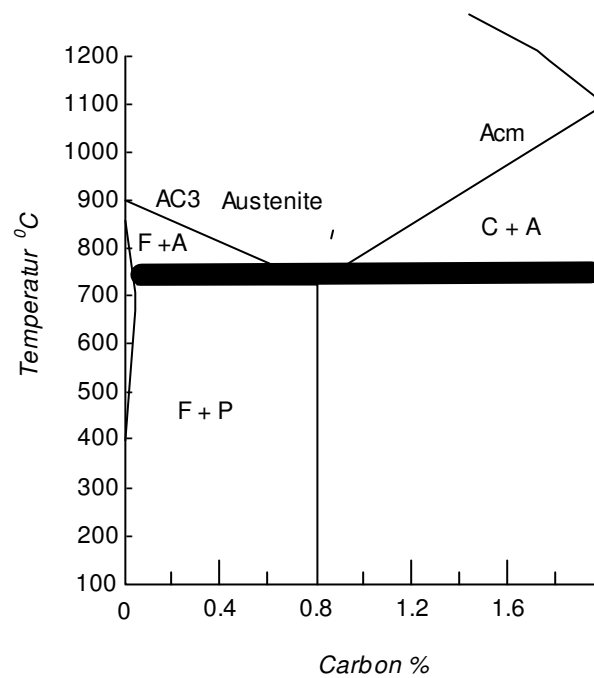
akan menyebabkan austenit tumbuh sehingga dapat merugikan sifat baja yang diproses.

Menganil/*annealing* baja hipereutektik dilakukan dengan cara memanaskan baja tersebut diatas A_1 untuk membulatkan sementit proeutektoid. Jika baja hipereutektik dipanaskan pada temperatur A_{cm} dan didinginkan perlahan-lahan, maka pada batas butir akan terbentuk sementit preeutektoid sehingga akan terjadi rangkaian sementit pada batas butir austenit. Pendinginan yang diperlambat akan menyebabkan presipitasi ferit sebagai kelompok yang terpisah. Pembentukan daerah pemisah ferit pada baja yang tidak dikehendaki karena akan menimbulkan daerah yang lunak (*soft spot*) selama proses pengerasan berlangsung. *Full annealing* juga diterapkan pada baja karbon dan baja paduan hasil proses pengecoran serta baja *hot worked* hipereutektoid. Untuk produk cor yang besar, terutama yang terbuat dari baja paduan, *Full annealing* akan memperbaiki mampu mesin dan juga menaikkan kekuatan akibat butir-butirnya menjadi halus. *Full annealing* juga diterapkan pada baja-baja dengan kadar karbon lebih dari 0,5% agar mampu mesinnya menjadi lebih baik.

3.2 Spheroidized Annealing.

Spheroidized annealing (SA) dilakukan dengan cara memanaskan baja sedikit diatas atau dibawah titik A_1 , kemudian didiamkan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat.

Proses ini ditujukan agar karbida-karbida yang berbentuk lamelar pada perlit dan sementit sekunder menjadi bulat. Disamping itu, perlakuan ini ditujukan mendeformasikan struktur seperti martensit, trostit, dan sorbit dlsb yang merupakan hasil akhir dari proses quench. Gambar 2 memperlihatkan struktur hasil proses *sperodisasi* baja perkakas.



Gambar 2 : Diagram kesetimbangan besi karbon menunjukkan daerah temperatur untuk *spheroidized annealing*

Tujuan dari *spheroidized annealing* adalah untuk memperbaiki mampu mesin dan memperbaiki mampu bentuk. Sebagai contoh mampu mesin baja perkakas karbon tinggi sangat baik jika strukturnya *sperodisasi*. Semua jenis baja perkakas paduan, termasuk kelas karbida maupun baja untuk bantalan harus memiliki kondisi *sperodisasi* agar hasil pemesinannya baik. Metoda-metoda yang diterapkan untuk memperoleh struktur yang bulat adalah sebagai berikut:

a. *Metoda yang pertama*

Baja dipanaskan dekat tempelatur A_1 dan harus dijaga agar tidak melampaui tempelatur tersebut untuk mencegah pembentukan austenit. Baja tersebut kemudian ditahan pada tempelatur tersebut untuk suatu jangka waktu tertentu agar diperoleh karbida yang bulat dan agak kasar. Tinggi temperatur dan lama pemanasan yang dipilih sangat tergantung pada kondisi struktur baja sebelumnya dan komposisi kimia baja tersebut.

Baja yang memiliki karbon kurang dari 0,3% tidak cocok untuk *disperodisasi* karena struktur baja-baja karbon rendah terdiri dari ferit dan sejumlah kecil perlit.

Perlit yang kasar akan mudah terbentuk pada proses pendinginan yang lambat, sebagai contoh baja karbon paduan di *spheroidized annealing* yang tempelatur sekitar 700°C untuk selama 4-6 jam. Makin lama pemanasan, akan makin kasar perlit yang terbentuk.

Temperatur *spheroidized annealing* dipengaruhi oleh unsur-unsur paduan, keberadaan Ni atau Mn akan menurunkan temperatur A_1 dan akibatnya akan menurunkan temperatur *spheroidized annealing*. Jadi untuk baja yang mengandung Ni 4%, maka tempelatur *spheroidized annealing*nya serendah-rendahnya adalah 670°C . Temperatur yang lebih rendah akan mempengaruhi waktu *prosesing* menjadi lebih lama (8-10 jam). Dilain pihak, HSS yang mengandung W, V, dan Mo dan juga Cr, harus di *spheroidized annealing* pada temperatur diatas 800°C . Keberadaan unsur-unsur pembentuk karbida yang kuat akan meningkatkan stabilitas karbida didalam baja. Karena itu, dapat menurunkan penggumpalan dan menaikkan waktu anil pada setiap temperatur *spheroidized annealing* yang dipilih.

b. Metoda yang kedua

Baja dipanaskan diatas temperatur kritik A_1 (lihat gambar 3), dan diam pada temperatur waktu tertentu, kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat pada laju sekitar $10-20^{\circ}\text{C}$ setiap jam sampai dengan tempelatur $550-600^{\circ}\text{C}$. Pendinginan sampai ke temperatur kamar dapat dilakukan asal pendinginan dilakukan diudara. Selama proses pendinginan lambat, C yang larut kedalam austenit akan memisahkan diri dan membentuk karbida yang bulat. Pada kondisi seperti ini kekerasan baja akan relatif lebih rendah. Jika temperatur anil lebih tinggi, sejumlah besar karbida akan larut dan dan sementit akan terbentuk dalam bentuk lamelar. Metoda ini terutama diterapkan untuk baja-baja eutektoid dan hipertektoid. Sebagai contoh prosedur anil (Gambar 1.25 pada buku Panduan proses perlakuan panas, Rochim Suratman, hal 99) untuk membulatkan keseluruhan karbida didalam matrik ferit baja DIN 100 CrMo memerlukan austenisasi pada $825/830^{\circ}\text{C}$ diikuti dengan penahanan pada tempelatur $775/780^{\circ}\text{C}$. Proses seperti ini akan menghasilkan prestisipasi karbida. Setelah itu, kemudian didinginkan perlahan-lahan melalui rentang

temperatur 740-680⁰C dan selanjutnya didinginkan diudara sampai temperatur kamar.

c. *Metoda ketiga*

Dalam metoda ini baja dipanaskan diatas temperatur kritik A_1 (tidak boleh lebih tinggi dari 50⁰C), dan dibiarkan pada tempelatur ini untuk jangka waktu tertentu Kemudian didinginkan sampai temperatur sedikit dibawah A_1 (tidak boleh lebih tinggi dari 50⁰C), dan dibiarkan pada temperatur tersebut untuk suatu jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan pada temperatur kamar. Temperatur yang mendekati A_1 , struktur *sperodisasi* yang akan diperoleh lebih kasar dan lebih lunak, namun jika proses temperatur menjauhi A_1 , misalnya 680⁰C, struktur yang dihasilkannya akan berbentuk lamelar dan bersifat lebih keras. Dengan cara ini proses *sperodisasinya* memerlukan waktu yang lebih singkat dibanding dengan cara-cara sebelumnya dan mulai diterapkan untuk baja karbon dan baja paduan.

d. *Metoda keempat*

Sperodisasi dapat juga dilakukan dengan cara memanaskan dan mendinginkan yang berulang-ulang pada temperatur diatas dan dibawah A_1 .Selama pemanasan diatas A_1 , hanya butir-butir sementit yang kecil yang akan larut kedalam austenit, tetapi untuk butir-butir sementit yang besar waktu tersedia untuk larut tidak mencukupi. Pada siklus pendinginan berikutnya, molekul-molekul sementit akan mengendap pada butir-butir sementit yang tidak larut. Berdasarkan hal ini timbullah proses koagulasi. Atas dasar hal ini, metode *sperodisasi* memerlukan waktu yang lebih singkat tetapi sulit untuk dilaksanakannya.

Laju *sperodisasi* tergantung pada struktur yang dimiliki sebelumnya. Makin halus karbida pada struktur asalnya, makin mudah proses *sperodisasinya*. Jadi struktur perlit yang halus lebih mudah dibandingkan struktur perlit yang kasar. Struktur bainit lebih baik lagi untuk di *sperodisasi* dan yang terbaik adalah struktur sorbit (struktur yang diperoleh dari hasil penempem martensit). Proses pengerjaan dingin yang dapat memecahkan

sementit dan mendistribusikannya secara lebih homogen dapat membantu mempercepat proses *sperodisasi*.

Unsur-unsur pembentuk karbida yang kuat, terutama Cr, W, Mo, dan V meningkatkan stabilitas karbida dalam baja. Karena itu unsur-unsur tersebut menurunkan laju koagulasi dan meningkatkan waktu yang diperlukan untuk *soft anneal* pada temperatur annealnya.

Kekerasan yang dicapai setelah proses *sperodisasi* tergantung pada komposisi kimia baja. Baja-baja yang mengandung karbon yang rendah menghasilkan kekerasan sekitar 160-190 HB, sedangkan pada baja paduan dan karbon tinggi, menghasilkan kekerasan sekitar 200-230 HB.

Untuk meningkatkan mampu mesin baja-baja perkakas karbon tinggi, paduan tinggi, baja pegas, baja bantalan, baja tahan aus, baja perkakas, dan sebagainya *sperodisasi* dilakukan setelah proses tempa. *Sperodisasinya* dilakukan dengan cara memanaskan baja diatas tempelatur A_1 kemudian didinginkan perlahan-lahan dan ditahan pada tempelatur sedikit dibawah A_1 Untuk jangka waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan diudara sampai tempelatur kamar. Perlu diperhatikan bahwa, agar memperoleh struktur yang globular (bulat), baja harus dipanaskan secara homogen dan distribusi tempelatur di dalam tungku juga harus homogen.

Baja-baja yang mengandung sementit dibatas butirnya relatif sulit untuk dimesin. Untuk itu, proses *sperodisasinya* dilakukan dengan cara mengeliminasi sementit dengan proses homogenisasi atau normalizing diatas tempelatur A_{cm} kemudian diquench dan dilanjutkan dengan proses *sperodisasi*.

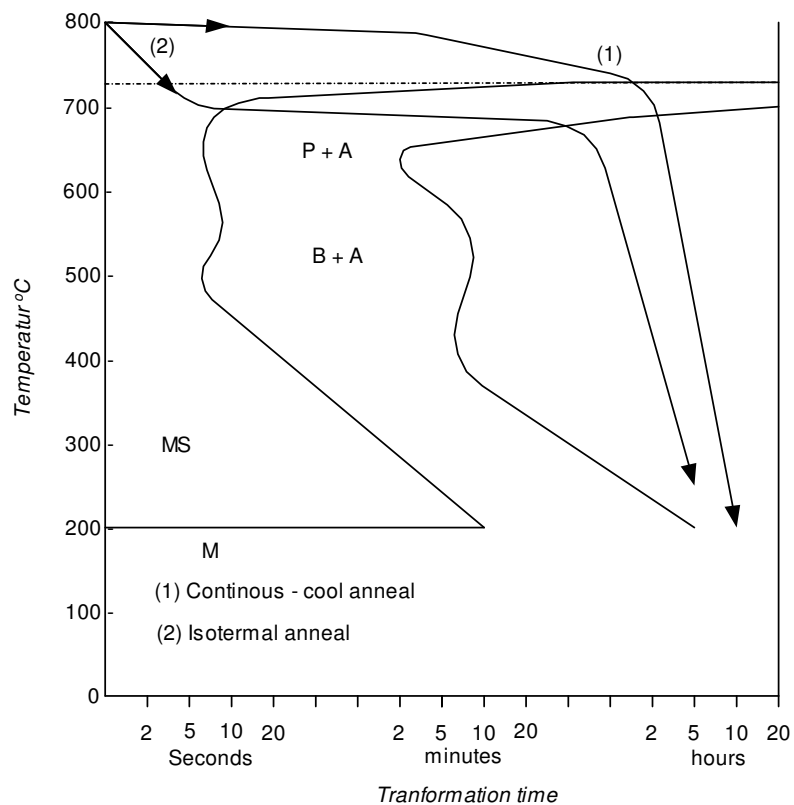
3.2.1 Tungku-tungku untuk proses *soft anneal*

Pemilihan tungku untuk proses *sperodisasi* ditentukan sebagai berikut :

- a. Jika tempelatur *sperodisasi* relatif rendah dan fluktuasi temperatur harus kecil maka digunakan tungku listrik karena waktu yang diperlukan untuk proses *sperodisasi* akan relatif lama.
- b. Berdasarkan hal tersebut diatas tungku kamar listrik lebih banyak digunakan daripada tungku kontinyu.
- c. Tungku vakum dan tungku garam dapat juga digunakan jika benda kerja yang akan diproses relatif kecil .Tungku ini banyak dimanfaatkan untuk menganil ulang benda kerja yang sudah dikeraskan.

Isothermal Annealing.

Isotermal annealing dikembangkan dari diagram TTT. Jenis proses ini digunakan untuk melunakan baja-baja sebelum dilakukan proses pemesinan. Proses ini terdiri dari austenisasi pada temperatur anilnya (*full annealing*) kemudian diikuti dengan pendinginan yang relatif cepat sampai ke temperatur 50-60⁰C dibawah garis A₁ (menahan secara *isotermal* pada daerah perit). Penahanan baja pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu menyebabkan timbulnya penguraian austenit menjadi strutur yang optimal untuk dimesin. Setelah transformasi berlangsung, baja kemudian didinginkan didalam tungku atau di udara atau bahkan didinginkan dengan cepat.



Gambar 3 : Diagram isothermal annealing

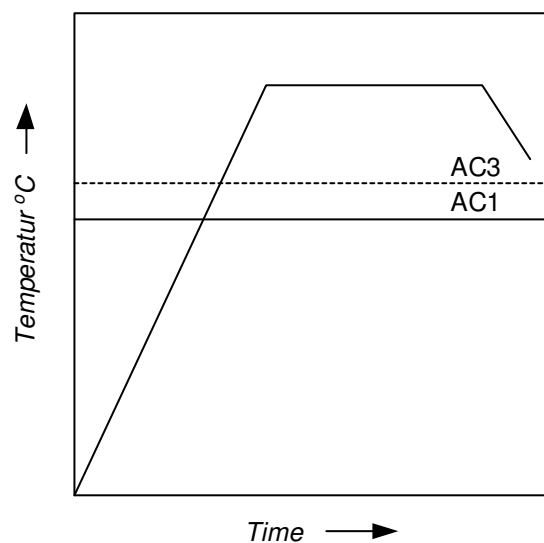
Kekerasan yang dicapai setelah proses *isothermal annealing*, tergantung pada tingginya temperatur penahanan baja dibawah A_1 . Jika baja setelah diaustenisasi ditahan pada temperatur sedikit dibawah A_1 austenit akan mengurai perlahan lahan, sehingga diperoleh karbida yang bulat dan relatif kasar atau lamelar sangat dipengaruhi oleh tempelatur austenisasinya. Hasil proses ini cenderung lunak. Pada temperatur transformasi, biasanya penguraian austenit berlangsung lebih cepat, sehingga produknya relatif lebih keras, lebih banyak lamelar dan relatif tidak kasar dibandingkan dengan benda kerja yang jauh dari temperatur transformasi (A_1). Baja paduan biasanya mengalami isothermal anneal. Setelah baja dikarburasi pada 900-930⁰C, kemudian ditahan pada 630-680⁰C untuk 2-4 jam agar seluruh austenit bertransformasi seluruhnya lalu didinginkan. Struktur yang diperoleh terdiri dari ferit dan perlit yang sangat cocok untuk proses pemesinan. Biasanya, penahanan isothermal diperpanjang 1-2 jam dari akhir transformasinya. Hal ini dimaksudkan agar sifat mampu mesinnya dapat lebih

ditingkatkan lagi sebagai akibat adanya sebagian sementit didalam perlit bentuknya menjadi bulat.

Isotermal annealing yang lazim diterapkan adalah mendinginkan dengan cepat dari temperatur austenisasi ke temperatur transformasinya. Kemudian setelah proses isotermal, dilanjutkan dengan proses pendinginan ke temperatur kamar.

Proses Homogenisasi.

Proses ini dilakukan pada rentang temperatur 1100-1200⁰C (lihat gambar 4). Proses difusi yang terjadi pada temperatur ini akan menyeragamkan komposisi baja. Proses ini diterapkan pada ingot baja-baja paduan dimana pada saat membeku sesaat setelah proses penuangan, memiliki struktur yang tidak homogen. Sebagian besar tidak homogen tersebut dapat diatasi pada saat pengolahan ingot baja tersebut. Seandainya ketidak homogenan tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, maka perlu diterapkan proses homogenisasi atau diffusional annealing.

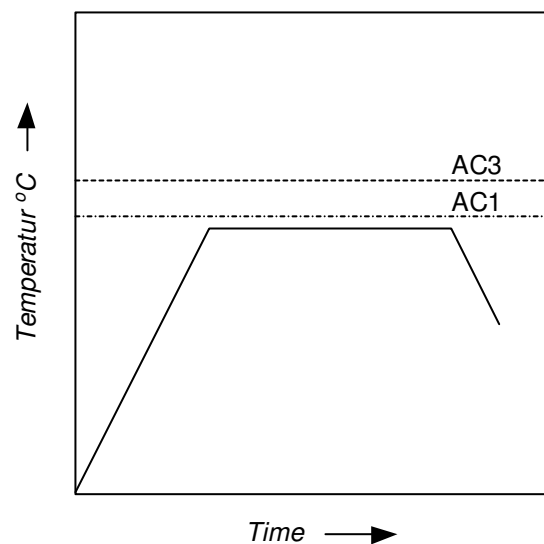


Gambar 4: Diagram proses homogenisasi

Proses homogenisasi dilakukan selama beberapa jam pada temperatur sekitar 1150-1200⁰C. Setelah itu benda kerja didinginkan ke 800-850⁰C, dan selanjutnya didinginkan di udara. Setelah proses ini, dapat juga dilakukan proses normal atau anil untuk memperhalus struktur *over heat*. Perlakuan seperti ini hanya dilakukan untuk kasus-kasus yang khusus karena biaya prosesnya sangat tinggi.

Intermediate Annealing

Proses ini dilakukan terhadap baja yang sudah mengalami proses "*Case hardening*" agar dapat dimesin. Prosesnya terdiri dari penahan benda kerja pada temperatur dibawah A₁, yaitu sekitar 630-680⁰C, untuk selama 4-6 jam dan diikuti dengan pendinginan yang lambat (lihat gambar 5). Tujuan dari proses ini mirip proses *sperodisasi* yaitu memperbaiki mampu mesin.



Gambar 5 : Diagram intermediate annealing

Bright Annealing

Proses ini dilakukan untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang bebas dari oksidasi. Perlindungan terhadap oksidasi selama proses perlakuan panas biasanya dilakukan dengan "menyelimuti" benda kerja dengan atmosfer tungku yang sesuai. Atmosfer tungku yang dipilih selain mencegah oksidasi, juga harus mampu mencegah timbulnya sulfidasi, pengetasan atau dekarburasi selama proses perlakuan panas berlangsung.

Proses *bright annealing* dilakukan dengan berbagai cara yang masing –masing dapat diterapkan pada material ferro atau non ferro, baik berbentuk kawat, strip, lembaran maupun berbentuk tabung dan sebagainya.

Memilih gas dan tungku yang digunakan dalam proses bright annealing dapat dilihat pada tabel berikut ini:

No	Material	Bentuk benda kerja	Jenis tungku	Gas yang digunakan
1	Baja karbon	Strip dan kawat dalam gulungan	Tungku bell/pit	Amoniak atau gas eksotermik dengan kadar CO ₂ dan H ₂ O yang rendah.
2	Baja medium	Strip/kawat dalam gulungan, lembaran, tabung	Tungku bell/pit	Gas eksotermik
3	Baja tahan karat	Strip/kawat, tabung dsb.	Tungku type “pusher” atau mesh belt	Amoniak atau gas hidrogen

DAFTAR PUSTAKA

- √ Rohyana Solih Drs."Pengetahuan & Pengolahan Bahan".Humoria Utama Press: Bandung, 1995.
- √ Supratman Rochim."Panduan Peoses Perlakuan Panas". Lembaga Penelitian ITB: Bandung 1994.
- √ Wahyudin Ir. "Diktat Kuliah Ilmu Bahan".FPTK-UPI:Bandung,2003.