

PROSES TEMPER

Proses temper adalah proses memanaskan kembali baja yang sudah dikeraskan dengan tujuan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi.

Proses temper terdiri dari memanaskan baja sampai dengan temperatur dibawah temperatur A_1 , dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan diudara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat temperatur dinaikan, baja yang dikeraskan akan mengalami 4 tahapan sebagai berikut:

1. Pada temperatur antara 80 dan 200⁰ C, suatu produk transisi yang kaya karbon yang dikenal sebagai karbida, berpresipitasi dari martensit tetragonal sehingga menurunkan tetragonalitas martensit atau bahkan mengubah martensit tetragonal menjadi ferit kubik. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap pertama. Pada saat ini, akibat keluarnya karbon, volume martensit berkontraksi. Karbida yang terbentuk pada periode ini disebut sebagai karbida epsilon.
2. Pada temperatur antara 200 dan 300⁰ C, austenit sisa mengurai menjadi suatu produk seperti bainit. Penampilannya mirip martensit temper. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap kedua. Pada tahap ini volume baja meningkat.

3. Pada temperatur antara 300 dan 400⁰ C, terjadi pembentukan dan pertumbuhan sementit dari karbida yang berpresipitasi pada tahap pertama dan kedua. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap ketiga. Periode ini ditandai dengan adanya penurunan volume dan melampaui efek yang ditimbulkan dari penguraian austenit pada tahap yang kedua.
4. Pada temperatur 400 dan 700⁰ C pertumbuhan terus berlangsung dan disertai dengan proses sperodisasi dari sementit. Pada temperatur yang lebih tinggi lagi, terjadi pembentukan karbida kompleks, pada baja-baja yang mengandung unsur-unsur pembentuk karbida yang kuat. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap keempat.

Perlu diketahui bahwa rentang temperatur yang tertera pada setiap tahap proses temper, adalah spesifik. Dalam praktek, rentang temperatur tersebut bervariasi tergantung pada laju pemanasan, lama penemperan, jenis dan sensitifitas pengukuran yang digunakan. Disamping itu, tergantung juga pada komposisi kimia baja yang diproses.

Pengaruh Unsur-unsur Paduan Pada Proses Temper:

Jika baja dipadu, interval diantara tahapan proses temper akan bergeser kearah temperatur yang lebih tinggi; dan itu berarti martensit menjadi lebih tahan terhadap proses penemperan. Unsur-unsur pembentuk karbida khususnya: Cr, Mo, W, Ti dan V dapat menunda penurunan kekerasan dan kekuatan baja meskipun temperatur tempemnya dinaikan. Dengan jenis dan jumlah yang tertentu dari unsur-unsur tersebut diatas, dimungkinkan bahwa penurunan kekerasan dapat terjadi pada temperatur antara 400 dan 600⁰c, dan dalam beberpa hal, dapat juga terjadi peningkatan kekerasan. Gambar 2.43 menggambarkan fenomena yang tersebut diatas. Pengaruh unsur paduan terhadap penurunan kekerasan diterangkan dengan adanya kenyataan bahwa unsur paduan tersebut menunda presipitasi karbon dari martensit pada temperatur temper yang lebih tinggi dilain pihak, peningkatan kekerasan pada temperatur temper yang lebih tinggi pada baja-baja yang

mengandung W, Mo, dan V disebabkan karena adanya transformasi austenit sisa menjadi martensit.

Baja perkakas paduan tinggi seperti baja hot-worked dan high speed pada rentang temperatur pada 200-300⁰C, austenit sisa yang ada belum bertransformasi. Tetapi pada penemperan sekitar 450-600⁰ C, austenit akan terkondisikan dan ketika didinginkan, akan terbentuk martensit sekunder. Dengan adanya martensit seperti itu pada baja yang bersangkutan, prose penemperan tidak menghasilkan pelunakan yang berarti. Pengkondisian austenit tergantung pada waktu dan temperatur. Dengan adanya presipitasi karbida, kandungan karbon dan unsur paduan pada austenit akan menurun, sehingga meningkatkan temperatur pembentukan martensit. Pembentukan martensit dari austenit sisa bersama-sama dengan adanya presipitasi karbida akan menimbulkan peningkatan kekerasan yang merupakan ciri dari baja-baja paduan tinggi dan baja high speed.

Pada baja high speed dan baja yang mengandung Cr yang tinggi, austenit sisa bertransformasi menjadi martensit pada saat didinginkan dari temperatur temper sekitar 500⁰ C. karena itu, baja seperti itu harus ditemper kembali dengan maksud untuk meningkatkan ketangguhan baja yang diproses takibat terbentuknya martensit sekunder pada saat ditemper. Peningkatan kekerasan sebagai akibat dari adanya transformasi austenit sisa menjadi martensit merupakan hal yang umum terjadi pada baja-baja paduan tinggi, namun sangat jarang terjadi pada baja-baja karbon dan baja paduan rendah karena jumlah austenit sisanya relatif sedikit. Sedangkan pada baja paduan tinggi jumlah austenit sisanya mencapai lebih dari 5-30⁰.

Perubahan sifat mekanik

Tempering dilaksanakan dengan cara mengkombinasikan waktu dan temperatur. Proses temper tidak cukup hanya dengan memanaskan baja yang dikeraskan sampai pada temperatur tertentu saja. Benda kerja harus ditahan pada temperatur temper untuk jangka waktu tertentu. Proses temper dikaitkan dengan proses difusi karena itu, siklus penemperan terdiri dari memanaskan benda kerja sampai dengan temperatur dibawah A_1 dan menahannya pada tempereatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga perubahan sifat yang diinginkan dapat dicapai jika temperatur temper yang digunakan relatif rendah maka proses difusinya akan berlangsung lambat.

Baja karbon, baja paduan medium dan baja karbon tinggi pada saat dipanaskan sekitar 200^0 C kekerasannya akan menurun sekitar 1-3 HRC akibat terjadinya penguraian martensit tetragonal menjadi martensit lain (martensit temper) dan karbida epsilon. Peningkata lebih lanjut temperatur tempering akan menurunkan kekerasan, kekuatan taruk dan batas luluhnya. Sedangkan elongasi dan pengecilan penampangnya meningkat. Gambar 2.44 menggambarkan perubahan sifat mekanik baja yang dikeraskan dikaitkan dengan proses penemperan. Harga impak berubah dengan pola yang agak berbeda. Penemperan diantara 250 dan 300^0 C tidak direkomendasikan karena penemperan pada rentang temperatur tersebut akan menurunkan harga impaknya.

Umumnya, makin tinggi temperatur temper, makin besar penurunan kekerasan dan kekuatannya dan makin besar pula peningkatan keuletan dan ketangguhannya. Kekerasan dan sifat mekanik baja 817 M40 (BS) pada kondisi dikeraskan dan hasil proses temper sebagai fungsi dari ukuran batang ditabelkan pada tabel 2.6.

PROSEDUR PENEMPERAN

Proses temper dapat dilakukan pada tungku dengan udara panas yang disirkulasikan, oil baths, tungku garam (dengan garam yang titik lelehnya rendah) dan tungku vakum. Jika tungku dengan udara panas yang disirkulasikan yang digunakan maka benda kerja yang dikeraskan dengan menggunakan tungku garam

harus dibersihkan terlebih dahulu; disarankan dibersihkan dengan menggunakan air mendidih atau uap air. Jika benda kerja yang masih mengandung bekas-bekas garam dipermukaannya langsung diletakan didalam tungku, baik benda kerja maupun kumparan pemanas pada tungku akan mudah diserang korosi. Hal ini dapat dicegah seandainya penemperannya menggunakan tungku garam juga. Tungku garam yang digunakan untuk martemper dapat juga digunakan untuk proses penemperan. Tungku temper harus dilengkapi dengan pengontrol temperatur yang otomatis dalam rentang $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Pada setiap proses penemperan perlu merujuk pada kurva temper yang sesuai panduan dalam menentukan temperatur temper. Kurva tersebut sebenarnya menunjukkan hasil rata-rata, namun dalam praktek selalu terjadi penyimpangan dari harga yang ditunjukannya. Hal ini disebabkan karena :

1. Adanya variasi dari kondisi quench
2. Waktu penahanan umumnya relatif lebih lama dari yang ditentukan.
3. Adanya variasi dari komposisi kimia baja yang sejenis
4. Ketidaktepatan pengukuran temperatur.

Agar dicapai distribusi kekerasan yang homogen pada benda kerja dan untuk mencegah penghilangan tegangan akibat proses pengerasan yang tidak merata yang dapat mengakibatkan timbulnya retak, maka laju pemanasan sampai ke temperatur yang diinginkan harus lambat. Hasil yang baik senantiasa diperoleh bilamana benda kerja dimasukan kedalam tungku yang menggunakan pemanas udara yang bersirkulasi bebas pada temperatur yang diinginkan. Laju pemanasan yang terlalu cepat ketemperatur temper yang diinginkan akan mengakibatkan timbulnya retak akibat adanya peningkatan volume pada lapisan permukaan. Karna itu laju pemansan yang tinggi harus dicegah. Laju perpindahan panas yang tercepat terjadi pada bak yang berisi timah hitam cair, agak cepat didalam tungku garam dan oil batch dan sangat lambat pada tungku dengan pemanas udara. Sebagai contoh, untuk mencapai temperatur temper 200° pada benda kerja yang dikeraskan yang memiliki ukuran 40×80 mm memerlukan waktu sekitar 1 jam di dalam tungku pemanas udara sedangkan jika udaranya disirkulasikan, maka waktu yang diperlukan sekitar 40 menit. 30 menit didalam oil batch dan sangat cepat

dalam bak yang berisi timah hitam cair. Tabel 2.7 menggambarkan perkiraan waktu yang diperlukan untuk memanaskan berbagai ukuran pahat sampai 400⁰ F (200 °C). Perlu diketahui sebelum dilakuakn penemperan dilakukan pengukuran waktu penemperan, harus disediakan waktu yang cukup agar temperatur terdistribusi secara univorm diseluruh benda kerja. Dari pengalaman diketahui bahwa efek penemperan hanya terjadi jika waktu penahan relatif lama. Berdasarkan hal ini untuk proses, penemperan tidak disarankan untuk menggunakan bak yang berisi timah hitam cair.

TABEL 2.7

Ukuran benda kerja	Waktu yang diperlukan untuk dipanaskan		
	Pada tungku dengan pemanas udara	Oli bath	Pada tungku dengan pemanas udara yang dialirkan
¾" x 2"	0,5 jam	0,5 jam	20 menit
1.5" x 3"	1 jam	0,5 jam	40 menit
3" x 6"	2 jam	1 jam	70 menit
6" x 12"	5 jam	2,5 jam	3 jam

Waktu yang diperlukan untuk penemperan bervariasi dari 1/2 sampai 2 jam untuk setiap 10 mm ketebalan. Karena proses temper adalah proses presipitasi, maka waktu yang diperlukan pada temperatur temper yang relatif tinggi berorde menit. Tetapi sekurang-kurangnya diperlukan waktu setengah sampai 1 jam. Waktu yang lebih lama kadang-kadang diperlukan pada saat memproses benda kerja yang agak besar agar dijamin semua bagian dari benda kerja dipajan pada temperatur yang diinginkan untuk jangka waktu tertentu. Setelah waktu penemperan dilewati, perkakas yang diprose harus didinginkan dengan lambat diudara. Laju pendingina yang terlalu cepat atau bahkan diquenh dari temperatur tempemnya akan menimbulkan terganggan yang besarnya dapat mendekati harga yang dicapai pada saat pengerasan.

Dalam beberapa pabrik, biasanya digunakan HRC untuk memeriksa perkakas yang dikeraskan sebelum memutuskan temperatur temper yang dikaitkan dengan

harga kekerasan yang diinginkan. Banyak data yang menunjukkan bahwa perkakas hasil pengerasan (hasil quench) menjadi retak pada saat handling. Karena itu perkakas yang demikian harus segera ditemper pada temperatur rendah agar kekerasannya tidak menurun dibawah harga yang diinginkan. Jika karena beberapa sebab, tidak memungkinkan untuk segera menemper perkakas setelah proses quench, perkakas sebaiknya dimasukan kedalam tungku yang hangat sampai dengan waktu proses pelaksanaan tiba. Temperatur tungku harus berada dibawah temperatur temper, biasanya diantara 100-150⁰ C. jika perkakas yang baru diquench disimpan untuk jangka waktu yang lama pada temperatur kamar, besar kemungkinan akan timbul retak.

Menemper pada temperatur yang berbeda

Presedur temper yang diambil tergantung pada kekerasan dan sifat-sifat mekanik yang diinginkan. Temperatur temper dan waktu penemperan yang dipilih tergantung pada komposisi kimia dari baja yang diproses.

Temperatur temper yang rendah dilakukan pada rentang temperatur 150-200⁰ C untuk sekitar 1 sampai 2 jam. Tujuannya adalah untuk menghilangkan tegangan–tegangan yang berkembang selama proses pengerasan, dan untuk meningkatkan ketangguhan tanpa penurunan yang berarti pada kekerasannya. Temper pada rentang temperatur 100-130⁰ C dapat dilakukan jika harga kekerasan yang tinggi diinginkan bagi perkakas-perkakas yang harus beroperasi pada tingkat keausan yang tinggi dan ketidakberadaan beban dinamik. Lama penemperan sekitar 2 sampai 4 jam. Tipe penemperan seperti ini, terutama pada baja-baja yang dikarburasi, dikeraskan permukaannya dengan metode induksi atau nyala, pahat potong yang terbuat dari baja kekerasan yang tinggi, perkakas ukur, baja-baja untuk bantalan bola dan sebagainya.

Temperatur temper medium (350-450⁰C) diterapkan hanya jika baja dituntut sifat elastis yang lebih baik, atau jika baja tersebut harus beroperasi dibawah beban dinamik. Terutama diterapkan untuk memproses baja pegas, pahat potong untuk kayu, perkakas bedah dan dais untuk proses sama.

Temperatur temper yang tinggi (500-550⁰C) diterapkan terutama untuk menghilangkan tegangan dalam, menghasilkan rasio kekuatan terhadap

ketangguhan yang baik dan memperbaiki mampu mesin. Proses ini banyak diterapkan pada baja struktural.

SELF TEMPERING

Tempering, berdasarkan metode ini, terjadi karena panas yang terdapat dibagian dalam benda kerja, pada saat mendingin belum sempat mencapai temperatur kamar. Setelah diaustenisasi pada temperatur tertentu, benda kerja didinginkan dengan cara yang lazim kedalam tangki quench sampai temperatur M_s atau temperatur sedikit dibawahnya tercapai. Benda kerja kemudian dikeluarkan dari tangki quench kemudian didinginkan di udara. Jadi tidak ada proses temper, namun panas yang tersisa di bagian dalam benda kerja secara bertahap akan memanaskan permukaan hasil quench dan menemper martensit yang diperoleh pada saat quench.

SELECTIVE TEMPERING

Merupakan teknik yang diterapkan pada benda kerja yang dikeraskan seluruhnya namun pada saat ditemper hanya ditempat-tempat tertentu saja. Proses ini dimaksudkan untuk memperoleh tingkat kekerasan tertentu pada bagian-bagian tertentu benda kerja. Prosesna dengan cara memanaskan bagian yang akan ditemper, dilanjutkan dengan pendinginan yang relatif lambat.

PROSES PENEMPERAN DENGAN UAP SUPER HEAT

Proses ini terdiri dari proses penemperan baja dengan menggunakan uap air super panas, yang dilaksanakan sebagai perlakuan tambahan terhadap baja perkakas yang sudah dikeraskan dan ditemper. Benda kerja yang akan diproses dibersihkan terlebih dahulu. Steam tempering dilaksanakan dalam sebuah tungku yang menggunakan pemanas listrik yang tertutup dengan rapat. Pada penutup tungku terpasang fan (kipas angin) untuk memudahkan benda kerja dipanaskan pada temperatur yang uniform. Temperatur yang dipilih biasanya bervariasi antara $350-600^{\circ} C$, tergantung pada komposisi kimia baja yang diproses. Waktu penahanan berkisar antara 30 dan 60 menit. Pada temperatur kerja diatas $300^{\circ} C$ akan berlangsung reaksi sebagai berikut :



TUNGKU FLUIDIZED BED UNTUK PROSES TEMPER

Tungku ini bisa digunakan untuk pengerjaan temper. Pada perlakuan tersebut, benda kerja yang diproses dibersihkan terlebih dahulu sebelum dimasukan ke dalam tungku. Selama proses penemperan tungku difluidisasi dengan nitrogen agar diperoleh permukaan yang tetap bersih.

TEMPER EMBRITTLEMENT

Jika baja ditemper pada temperatur temper tertentu, namun terjadi penurunan harga impaknya maka fenomena seperti itu disebut sebagai temper embrittlement (menggetas setelah ditemper). Penggetasan karena proses temper terjadi jika baja dipanaskan atau didinginkan melalui rentang temperatur kritik 375-675⁰ C. Kinetika penggetasan mengikuti kurva C, waktu penemperan dan temperatur.