



PEMBUATAN TUNGKU PENGEPRESAN-PANAS SEBAGAI ALAT BANTU MODIFIKASI SIFAT BAHAN

Gunawan, Rilaz Anwar, Achmad Hindasyah, Agus Sunardi, Rusmaryanto

Puslitbang Iptek Bahan - BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PEMBUATAN TUNGKU PENGEPRESAN-PANAS SEBAGAI ALAT BANTU MODIFIKASI SIFAT BAHAN. Sebuah tungku untuk pengepresan-panas telah dibuat di Puslitbang Iptek Bahan (P31B) - BATAN. Tungku ini dibuat dalam bentuk tabung dengan elemen pemanas dari kawat kanthal yang dililitkan pada bagian luar tabung dudukan dari bahan keramik sehingga batangan dari alat tekan dapat dimasukkan ke dalam tungku. Untuk mengontrol variasi pemanasan, tungku dilengkapi dengan sebuah pengontrol temperatur. Dari hasil pengujian diperoleh data bahwa tungku yang dibuat telah dapat dioperasikan hingga 900 °c dan alat ini juga mampu dioperasikan tahap demi tahap hingga 500 °c dengan Lama waktu pemanasan 4 jam untuk masing-masing tahap pemanasan. Flukstuasi temperatur tungku cenderung mengecil dengan meningkatnya temperatur pemanasan. Dengan pengembangan tungku ini, eksperimen pengepresan-panas untuk modifikasi sifat bahan dapat dilakukan di P31B.

ABSTRACT

THE DEVELOPMENT OF AN HOT-PRESSED FURNACE AS A TOOL FOR THE MODIFICATION OF MATERIALS CHARACTERISTIC. The development of an hot-pressed furnace was performed at the Research and Development Center for Materials Science and Technology (P31B)-BATAN. The furnace was made in a tube form with a kanthal heating element wound on the outside part of the ceramic tube so that a rod of the pressed machine can be inserted into the furnace. To control the variation of heating temperature, this furnace is equipped with a temperature controller. Based on the test results, the furnace can be operated to 900 °c and it is also able to be operated step by step to 500 °c with an holding time of 4 hours at each step. By the development of this furnace, an hot-press experiment for the characteristic modification of materials can be performed at the P31B.

PENDAHULUAN

Tungku merupakan alat pemanas yang banyak digunakan dalam pengembangan iptek bahan. Proses pemaduan bahan misalnya, memerlukan tungku dengan rentang temperatur yang bervariasi. Proses anil untuk mengurangi deformasi kristal akibat perlakuan mekanik membutuhkan tungku yang dapat dikontrol temperatur dan waktu pemanasannya. Selain proses tersebut, tungku juga diperlukan pada proses pembentukan bahan melalui proses pengepresan atau pengerolan[1].

Saat ini berbagai jenis tungku telah tersedia di Puslitbang Iptek Bahan (P31B) - BATAN. Beberapa diantaranya adalah tungku untuk pengeringan cuplikan, tungku untuk proses pemaduan serta tungku untuk proses perlakuan panas. Seiring dengan perkembangan di bidang iptek bahan, kebutuhan tungku dengan fungsi khusus terkadang sangat diperlukan. Tungku pengepresan-panas misalnya merupakan salah satu jenis tungku yang mulai banyak dipakai dalam pengembangan iptek bahan, namun ketersediaannya baik di BATAN maupun Institusi lain di luar BATAN masih sangat terbatas. Untuk mengatasi

permasalahan ini, sebuah tungku yang dapat digunakan untuk kombinasi proses pemanasan dan pengepresan telah dibuat di P31B. Data teknis dan unjuk kerja tungku yang dibuat akan diuraikan dalam makalah ini. Dengan tersedianya alat ini diharapkan modifikasi sifat bahan melalui kombinasi proses pemanasan dan pengepresan dapat dilakukan di P31B.

TEORI

Perubahan energi listrik menjadi panas akan terjadi pada kawat elemen pemanas yang dialiri arus listrik. Jika bahan kawat pemanas dialiri arus listrik, maka energi listrik E yang tersimpan dalam kawat dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [2, 1,

$$E = I^2 R t = V I t \quad [\text{Joule}] \quad (1)$$

dengan R adalah tahanan kawat pemanas [Ohm], I adalah arus listrik [A], t adalah waktu [detik], V adalah tegangan kedua ujung kawat [Volt]

Jika seluruh energi diubah menjadi panas, maka menurut N.S. Khare dan S.S. Srivastava[3] jumlah energi panas yang dihasilkan dapat ditentukan dengan persamaan,

$$H = 0,24 \cdot \dots \cdot [Kalori] \quad (2)$$

Menurut N.S. Khare dan S.S. Srivastava [3] panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat 4 dari temperatur absolut dan tahanannya sebanding dengan temperatur absolut. Oleh karena itu, hubungan panas dengan temperatur dapat dinyatakan dengan persamaan, $v2r$

$$= 0,24 \cdot \dots \cdot \quad (3)$$

$201 < 1^2$

dengan r adalah jejari kawat pemanas [m], l adalah panjang kawat [m], σ adalah konstanta Stefan [$Wm^{-2}K^{-4}$], k adalah konstanta Boltzmann [$J \text{ } ^\circ K^{-1}$]

TATA KERJA

Bahan dan Alat

Tungku pengepresan-panas dibuat dengan menggunakan beberapa jenis bahan, yaitu elemen pemanas, isolator panas, termokopel dan bahan penutup luar(casing). Sebagai elemen pemanas digunakan kawat kanthal berdiameter 1,5 mm yang dililit dalam bentuk spiral dengan panjang 2300 mm. Sebagai dudukan elemen pemanas digunakan bahan keramik yang mengandung senyawa utama aluminium silikat, yaitu bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi[4]. Sebagai isolator panas digunakan bahan kastabel, glass-wool , kain asbes dan gipsum. Sebagai bahan casing digunakan pelat besi.

Dalam pembuatan tungku ini diperlukan beberapa peralatan seperti gergaji besi, bor, panci plastik, sendok pengaduk, cetakan bahan isolator panas, sensor temperatur tipe K, multimeter, dan pengontrol temperatur. Untuk pengepresan-panas digunakan alat tekan dengan sistem pompa hidrolik.

Metoda pembuatan dan pengujian

Proses pembuatan tungku dimulai dengan penyiapan elemen pemanas, pembuatan alur untuk dudukan elemen pemanas, pembuatan isolator panas dan pembuatan casing. Alur berbentuk spiral dibuat pada bagian luar tabung dudukan elemen pemanas. Selanjutnya, elemen pemanas dililitkan pada alur tersebut dan ditutup dengan bahan kastabel yang banyak mengandung alumina. Kedua ujung kawat elemen pemanas dikopel dengan kawat penghantar listrik yang dimasukkan ke dalam kelongsong isolator panas untuk disambung ke sumber tegangan listrik dari PLN.

Selanjutnya dibuat isolator panas. Isolator panas ini dibuat secara berlapis menggunakan bahan kastabel aluminium oksida (Al₂O₃), glass wool, asbes kain dan bahan gipsum atau kalsium sulfat (CaSO₄) dan dipasang pada bagian luar dari tabung dudukan elemen pemanas sehingga tabung elemen pemanas mudah dimasukkan atau dikeluarkan

dari sistem tungku. Untuk memperkuat dan melindungi konstruksi tungku ini, pada bagian luar dari isolator panas tersebut ditutup dengan casing yang dibuat dari pelat dan kerangka besi. Mengingat tungku ini akan digunakan sebagai alat proses pengepresan-panas, maka konstruksi tungku dirancang sedemikian rupa sehingga sebuah batangan alat tekan dapat dimasukkan ke dalam tungku.

Untuk mengetahui unjuk kerja sistem tungku yang dibuat, pengujian sistem dilakukan dengan mengoperasikan tungku secara bertahap. Pada tahap awal dilakukan uji pengeringan, kemudian dilanjutkan dengan uji pemanasan yang terdiri dari pemanasan dengan waktu penahanan 1 jam dan 4 jam serta uji pemanasan untuk mengetahui fluktuasi temperatur sebagai fungsi waktu. Kemampuan menahan beban dari dudukan cuplikan diuji dengan memberikan tekanan maksimum 7,5 ton baik dengan pemanasan maupun tanpa pemanasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

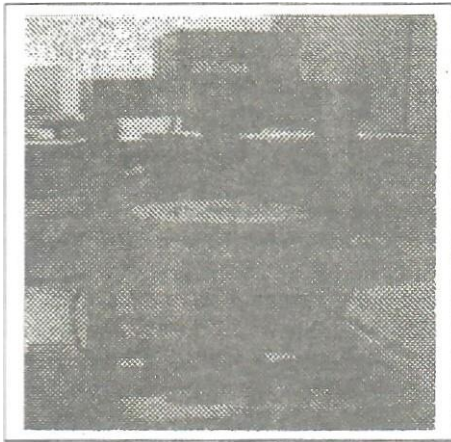
Sebuah tungku pengepresan-panas telah dapat dibuat di P31B-BATAN. Tungku ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu sumber panas, isolator panas, sistem kontrol temperatur dan alat tekan. Foto peralatan tungku pengepresan-panas yang dibuat ditunjukkan pada Gambar I.

Sebagai sumber pemanas digunakan kawat kanthal. Hasil pengukuran tahanan menggunakan Ohmmeter menunjukkan bahwa kawat kanthal yang digunakan memiliki tahanan total sebesar 14,3 Ohm. Kawat elemen pemanas ini dililitkan dalam suatu alur pada bagian luar tabung keramik yang banyak mengandung senyawa aluminium silikat.

Pada bagian luar dari bahan elemen pemanas dilindungi dengan bahan isolator panas yang dibuat secara berlapis dalam bentuk tabung. Lapisan ini berguna untuk menahan atau mengurangi radiasi panas ke arah luar tungku. Tabung isolator ini dipasang terpisah dengan tabung elemen pemanas agar tabung elemen pemanas mudah dikeluarkan dari tungku atau mudah dimasukkan ke dalam tungku sehingga perbaikan mudah dilakukan bila terjadi kerusakan pada elemen pemanasnya. Untuk memperkuat konstruksi tungku, tabung pemanas dan tabung isolator panas tersebut dimasukkan ke dalam casing yang dibuat dari kerangka dan pelat besi.

Pengujian tungku telah dilakukan secara bertahap melalui proses pengeringan dan pemanasan.

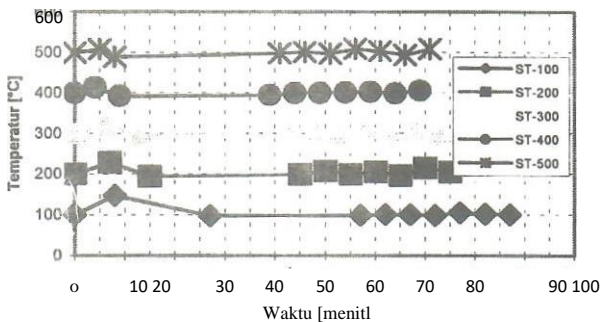
Fase pengeringan dilakukan dengan mengoperasikan tungku pada temperatur 50°C hingga 250 °C dengan selang kenaikan temperatur 50 °C dan lama waktu pemanasan masing-masing 1 jam. Pengujian ini dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan air yang terdapat di dalam bahan dudukan pemanas maupun di dalam tabung isolator. Selanjutnya dilakukan uji pemanasan dari 300 °C hingga 500 °C dengan selang kenaikan temperatur 100 °C dan selang waktu pemanasan masing-masing 1 jam. Untuk mengetahui ketahanan tungku, uji pemanasan dilakukan dengan selang temperatur 50 °C hingga 500 °C dengan lama waktu pemanasan 4 jam.



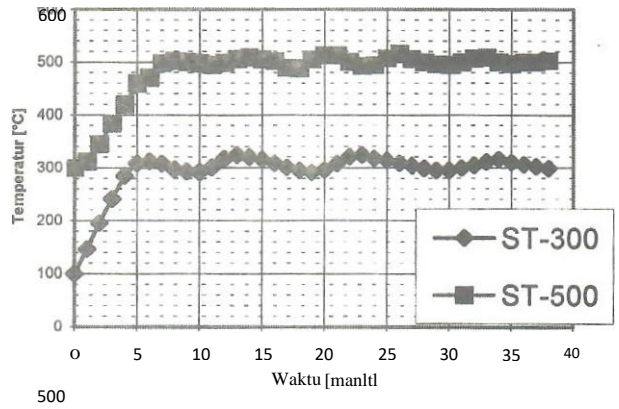
Gambar 1. Tungku pengepresan-panas P31B

Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran temperatur tungku sebagai fungsi waktu. Pencatatan dimulai saat tungku mencapai temperatur (ST), kemudian pada saat mencapai temperatur pertama dan temperatur minimum pertama. pencatatan dilakukan lagi setelah 30 menit dengan selang waktu pencatatan 5 menit. iurus pada kurva antara data temperatur minimum sampai dengan data temperatur 30 menit tidak mewakili data-temperatur diantara titik pengukuran tersebut. Dari data pada Gambar - bahwa perbedaan temperatur maksimum dan cenderung semakin rendah dengan temperatur pemanasan. Kecenderungan ini karena pada awal pemanasan lingkungan tungku relatif dan panas relatif lebih banyak terserap oleh tungku. Setelah 30 menit dari minimum pertama, tungku memiliki fluktuasi yang relatif kecil.

Hasil pengamatan temperatur selama 38 menit selang waktu pencatatan 1 menit mulai dari saat pemanasan ditunjukkan pada Gambar 3. Dari data Gambar 3 tampak bahwa fluktuasi temperatur mengecil dengan meningkatnya temperatur (SV). Hal ini juga sesuai dengan hasil pengamatan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Data fluktuasi temperatur setelah 30 menit dari temperatur minimum pertama ST = Temperatur setting.



Gambar 3. Hasil pengamatan fluktuasi temperatur tungku setiap 1 menit ST= temperatur setting.

Dari hasil pengujian tekan terhadap dudukan cuplikan diketahui bahwa bahan dudukan cuplikan dari grafit mampu menahan tekanan sebesar 2,5 ton, 5 ton dan 7,5 ton. Dengan alat tekan yang tersedia, tekanan tidak dapat dipertahankan tetap, tetapi tekanan cenderung menurun sebagai fungsi waktu. Pada penekanan 7,5 ton, tekanan menurun relatif cepat yaitu sekitar 2 ton dalam waktu 5 menit. Sedangkan pada penekanan 5 ton, tekanan menurun lebih lambat yaitu sekitar 1 ton dalam 30 menit dan tekanan berkurang sebesar 0,5 ton dalam 30 menit untuk penekanan dengan tekanan 2,5 ton. Penurunan tekanan tersebut kemungkinan disebabkan karena sistem seal pada pompa yang kurang sempurna ataupun perubahan dimensi pada cuplikan akibat penekanan. Sistem penekanan dilakukan dari Sisi atas furnace agar proses penyiapan dan pengepresan cuplikan dapat dilakukan lebih mudah.

KESIMPULAN

Sebuah tungku pengepresan-panas telah dapat dibuat di P31B. Tungku ini telah dapat dioperasikan hingga 900 °C dan mampu dioperasikan tahap demi tahap dari 50 °C hingga 500 °C dengan lama waktu pemanasan

4 jam untuk masing-masing tahap pemanasan. Fluktuasi temperatur tungku cenderung mengecil dengan meningkatnya temperatur pemanasan.

Bahan grafit yang digunakan sebagai dudukan cuplikan mampu menahan tekanan hingga 7,5 ton. Tekanan menurun sebagai fungsi waktu dan kecepatan penurunannya meningkat dengan meningkatnya tekanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Drs. Bambang Sugeng, MT. dan Drs. Wagiyono, MT. serta rekan-rakan dari Bidang Keselamatan Kerja dan Instrumentasi P31B yang telah memberikan bantuan tenaga dan pemikiran sehingga tungku pengepresan-panas ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. W.F. SMITH, Principles of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill, Inc., New York, 1996, hal 251-254.
- [2]. M. FOGIEL, The Physics Problem Solver, Staff of Research and Education Association, New York, 1985, hal. 452-453.
- [3]. N.S. KHARE AND S.S. SRIVASTAVA, Magnetism and Electricity, Atma Ram & Sons, 1982, hal 237-243.
- [4]. TATA SURDIA DAN S. SAITO, Pengetahuan Bahan teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1995, hal 301-314.

TANYA-JAWAB

Penanya : Andon Insani (BIB-BATAN)

Apakah alat pengontrol suhu dapat kita set sesuai dengan yang kita kehendaki ?

Jawaban :

Suhu pemanasan dapat kita set sesuai yang diinginkan dalam batas kemampuan tungku. Mengenai laju pemanasan sementara ini hanya dapat dipilih dengan low mode atau fast mode.

Penanya : Marzuki Silalahi (P31B-BATAN)

1. Berapa kecepatan pengepresan yang dilakukan ?
2. Kalau dimungkinkan supaya dirancang untuk pemanasan di atas 1000 °c (sekitar 1700 °c)

Jawaban :

1. Kecepatan pengepresan dapat diatur secara manual tergantung pada pengguna. Kecepatan pengepresan dapat diperkirakan dari indikator tekanan yang ada pada sistem / alat tungku ini.

Penanya : Parikin (P31B-BATAN)

Suhu maksimum yang mampu dicapai tungku ini berapa ?

Jawaban :

Suhu maksimum yang mampu dicapai tungku ini adalah 900 °c