Analisis Tegangan Termal pada Bagian Sambungan antara Silinder Keramik dan Poros Baja

Dedi Suryadi¹

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu Jl. WR. Supratman Kampus Kandang Limun Bengkulu

dedi_suryadi@unib.ac.id

Abstrak

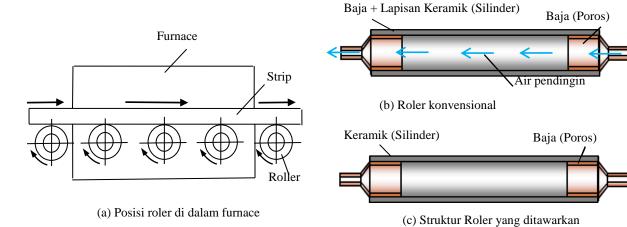
Penelitian ini membahas mengenai tegangan termal yang terjadi pada roler keramik. Roler sering digunakan di industry material sebagai penumpu yang menghantarkan plat baja di dalam furnace. Roler tersebut terdiri atas silinder dan poros baja yang saling tersambung dengan menggunakan suaian paksa. Karena koefisien termal baja lebih besar sekitar empat kali dibandingkan dengan koefisien termal keramik, maka tegangan termal pada daerah yang tersambung harus diteliti. Dalam penelitian ini, pemodelan roler keramik dilakukan dengan pendekatan elemen hingga. Di permukaan luar silinder mengalami pembebanan termal akibat panas dari furnace. Dalam penelitian ini, dimensi dan fitting rasio divariasikan sehingga diperoleh dimensi optimum untuk sambungan roler yang digunakan di dalam furnace.

Kata kunci: roler keramik, suaian paksa, tegangan termal, pemodelan elemen hingga

Pendahuluan

Roler yang berfungsi sebagai pengangkut besi cor dan baja untuk diproduksi menjadi baja kualitas tinggi sering digunkan di furnace. Material roler yang digunakan industri adalah baja. Roler ini sering diganti karena mengalami kerusakan akibat gesekan antara permukaan roler dengan plat baja pada temperatur tinggi [1]. Sehingga penggunaan keramik untuk roler ditawarkan karena tahan temperaur tinggi dan tahan abrasi [2].

Roler konvensional yang digunakan di furnace terdiri atas silinder dan poros. Silinder dan poros terhubung dengan menggunakan suaian (fitting) [3, 4, 5]. Material seluruh roler adalah baja yang dilapisi keramik pada permukaan luar silinder. Untuk menurunkan temperatur, di dalam silinder dialiri air. Tetapi perbedaan koefisien termal antara baja dan keramik serta keterbatasan kekuatan pelapisan



Gambar 1 Roler yang digunakan di furnace

mengakibatkan kerusakan pada permukaan keramik [2]. Hal ini mengakibatkan umur roler sangat singkat.

Dewasa ini, penggunaan roler keramik berkembang dengan pesat. Beberapa peneliti telah mengembangkan roler dengan menggunakan material keramik [6, 7, 8]. Dimana material silinder adalah keramik sedangkan material poros menggunakan baja. Penggunaan keramik ini dikarenakan sifatnya yang tahan terhadap temperatur tinggi dan tahan aus. Karena koefisien ekspansi termal baja lebih besar sekitar empat kali dibanding keramik, tegangan termal yang muncul di daerah kontak antara baja dan keramik akan diteliti dalam paper ini.

Dalam penelitian ini, pengaruh beberapa parameter terhadap tegangan termal yang terjadi pada roler akan diteliti. Di sini, ketebalan poros, rasio fitting, dan panjang kontak akan divariasikan untuk melihat efeknya terhadap tegangan termal yang muncul.

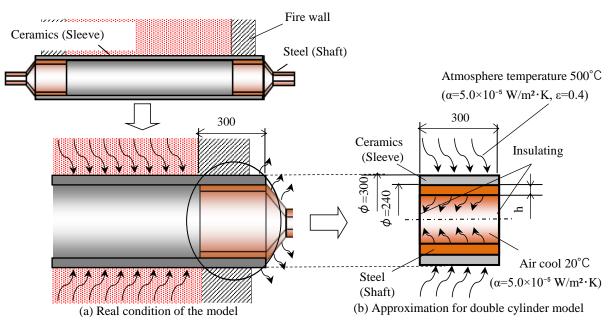
Pemodelan dan Kondisi Batas Roler Keramik

Gambar 2 menunjukkan roler yang akan diteliti. Roler terdiri atas silinder dan poros yang tersambung dengan menggunakan

fitting. Material silinder adalah keramik, sedangkan material poros adalah baja. Fitting ratio antara silinder dan poros didefinisikan dengan δ/d , dimana δ merupakan perbedaan diameter luar poros dengan diameter dalam silinder, dan d adalah diameter luar poros. Dalam penelitian ini, fitting rasio divariasikan δ/d = $0.1 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-3}$.

Kondisi batas dari roler diperlihatkan pada Gambar 2.a. Beban termal terjadi pada permukaan luar silinder akibat panas dari furnace sebesar 1200°C, sedangkan pada permukaan luar poros mengalami pendinginan dengan temperatur 20°C. Karena pembatas antara furnace dan lingkungan dibatasi oleh dinding tahan panas yang bertepatan dengan daerah sambungan roler, maka dalam penelitian temperatur terjadi ini. yang pada sambungan roler diasumsikan sebesar 500°C seperti diperlihatkan pada Gambar analisis 2.b. Dalam ini. koefisien perpindahan panas pada kontak diasumsikan sebesar 1.0 X 10⁹ W/m²·K.

Penelitian ini difokuskan pada bagian sambungan antara silinder keramik dengan poros baja. Beberapa parameter divariasikan untuk melihat pengarunya terhadap tegangan termal yang timbul pada



Gambar 2 Kondisi batas pada double silinder

ـ ـ

daerah sambungan. Adapun parameter yang divariasikan meliputi ketebalan poros, fitting rasio, dan panjang kontak.

Ketebalan poros divariasikan sekitar d=10mm~120mm (solid). Fitting ratio divariasikan $\delta/d=0.1\times10^{-3}\sim1.0\times10^{-3}$. Dan panjang kontak divariasikan sekitar L=200~30mm.

Analisis Tegangan Termal pada Struktur Sambungan Roler

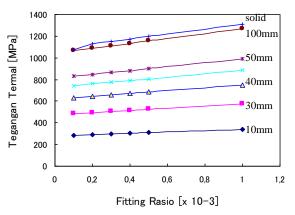
Tegangan termal maksimum σ_{θ} pada permukaan kontak akan disajikan pada bab ini.

Pengaruh Fitting Rasio. Gambar 3 menunjukkan besarnya tegangan termal yang terjadi pada permukaan silinder keramik akibat pengaruh fitting rasio untuk ketebalan poros yang berbeda. Pada gambar terlihat jelas bahwa tegangan termal berbanding lurus dengan fiting rasio dan tebal poros. Semakin besar fitting rasio, maka semakin besar tegangan yang terjadi. Begitu juga dengan pengaruh ketebalan poros. Semakin tebal poros, makan semakin besar pula tegangan yang terjadi pada permukaan kontak silinder keramik.

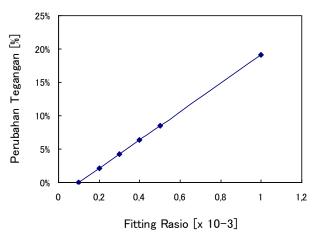
Karena koefisien baja lebih besar empat kali dari keramik, maka poros baja pada temperatur tinggi cendurung memuai lebih besar dari keramik dan memberikan tekanan yang besar ke silinder keramik yang mengakibatkan tegangan yang tinggi. Selain itu, semakin tebal poros, maka semakin tinggi kekakuannya yang mengakibatkan tegangan di permukaan kontak silinder keramik semakin besar pula.

Gambar 4 menunjukkan persentase peningkatan tegangan termal akibat peningkatan fitting rasio. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa tegangan termal pada silinder keramik meningkat sebesar 2% setiap peningkatan fitting rasio 0.1×10^{-3} .

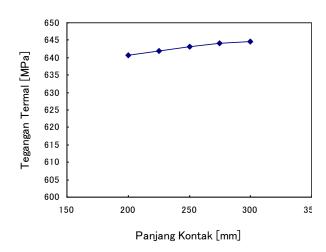
Pengaruh Panjang Kontak. Gambar 5 menunjukkan pengaruh panjang kontak terhadap tegangan termal yang muncul di permukaan kontak silinder keramik. Paniang kontak divariasikan L=200m~300mm. Pada gambar terlihat bahwa tegangan termal tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap panjang kontak. Perubahan rata-rata yang terjadi hanya sekitar 0.6%. Ini menandakan bahwa panjang kontak tidak terlalu berpengaruh terhadap tegangan termal yang muncul pada permukaan silinder keramik.



Gambar 3 Pengaruh fitting rasio terhadap tegangan termal pada permukaan silinder keramik untuk ketebalan poros yang berbeda



Gambar 4 Persentase peningkatan tegangan akibat penambahan fitting rasio



Gambar 5 Pengaruh panjang kontak terhadap tegangan termal yang muncul

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Semakin besar fitting rasio antara silinder keramik dan poros baja, maka semakin besar tegangan termal yang terjadi di daerah kontak silinder keramik. Tegangan termal bertambah sebesar 2% setiap kenaikan fitting rasio 0.1 x 10⁻³.
- 2. Tegangan termal pada permukaan kontak silinder keramik berbanding lurus dengan ketebalan poros.
- 3. Panjang kontak antara silinder dan poros tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan yang terjadi.

Referensi

- [1] M. Fuji, A. Yoshida, J. Ishimura, S. Shigemura, K. Tani, Influence of sprayed layer thickness on rolling contact fatigue of ceramic sprayed roller, Trans. JSME Ser. C. 716 (2006) 1354-1360.
- [2] T. Ono, Current status and future prospect of the development of high performance ceramics, JSME. 774 (1983) 470-475.
- [3] N.A. Noda, Hendra, Y. Takase, M. Tsuyunaru, Maximum stress for shrink

fitting systemused for ceramics conveying roller, JSMME. 8 (2008) 1410-1419.

- [4] W. Li, N.A. Noda, H. Sakai, Y. Takase, Analysis of separation conditions for shrink fitting system used for ceramics conveying roller, JSME. 5 (2011) 14-24.
- [5] D. Suryadi, N.A. Noda, Y. Sano, Y. Takase, Ceramics/steel joint selection for ceramics roller used at high temperature, Proceeding of the 4th ACEE. (2014) 221-222.
- [6] N.A. Noda, M. Yamada, Y. Sano, S. Sugiyama, S. Kobayahsi, Thermal stress for all ceramics rolls used in molten to produce stable high quality galvanized steel sheet, Engineering Failure Analysis. 15 (2008) 260-274.
- [7] C.E. Truman, J.D. Booker, Analysis of a shrink-fit failure on a gear hub/shaft assembly, Engineering Failure Analysis. 14 (2007) 557-572.
- [8] N.A. Noda, D. Suryadi, S. Matsuda, Y. Sano, Y. Takase, Proposal for new hearth roller consisting of ceramics sleeve and steel shafts used in the heat treat furnace, ISIJ International. 55 (2015) 2416-2425.