

Simulation of Friction Stir Welding Process Temperature Distribution on AA6061-T6 Material Static Position: Simulasi Distribusi Suhu Proses Friction Stir Welding pada Material AA6061-T6 Posisi Statis

Aan Setia Budi
Mulyadi Mulyadi

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Friction Stir Welding (FSW) is a welding method that utilizes heat from friction between two objects, namely the tool and the material being welded. To melt the material with heat required about 80% of the melting temperature of the material. In the FSW simulation to predict the temperature distribution on the AA6061-T6 plate measuring 200mm long, 100mm wide, 6mm thick using various pin shapes, namely, cylinder, taper cylinder, hexagonal, and taper square showing at a distance of 140mm with a hexagonal pin the temperature value is 481° C where the temperature is higher than the other pins when measured from the same distance. When using a taper square pin a distance of 190mm the temperature value is 468°C which is the lowest temperature when compared to using other pins when measured from the same distance. The results of the calculation of the heat transfer rate show that the largest energy is 7110 watts which is located at position 1 and close to the FSW tool area. Energy will decrease further if the measured position is further away from the FSW tool position.

Pendahuluan

Aluminium merupakan logam yang paling banyak digunakan terutama pada seri AA6061-T6. Bahan aluminium termasuk bahan yang sulit untuk disambungkan terutama dengan proses pengelasan.[1].Teknologi pengelasan baru digunakan untuk proses penyambungan aluminium yaitu pengelasan metode FSW. Metode pengelasan yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien karena tidak memerlukan bahan tambahan lainnya untuk proses penyambungannya. Dalam FSW panas berperan penting karena untuk melelehkan material agar dapat tersambung dan menyatu. Tool FSW akan mengaduk material yang telah meleleh. Panas yang diperlukan dalam proses FSW yaitu 80% dari temperature melting material. Dalam simulasi untuk memprediksi suhu pada FSW menunjukkan Peningkatan suhu dapat diakibatkan dari meningkatnya durasi waktu dan suhu akan menurun sehubungan dengan meningkatnya durasi jarak pengelasan[2]. Heat flux yang tinggi juga ditemukan dari proses FSW yang diakibatkan dari peningkatan luas permukaan kontak antara tool dengan material yang dilas[3]. Terjadi penurunan suhu pada simulasi FSW ketika rotasi tool dan kecepatan transversal pengelasan meningkat[4]. Suhu pengelasan rendah juga didapatkan dari simulasi FSW ketika menggunakan pin berbentuk kerucut[1]. Pin dengan bentuk tirus beralur memberikan hasil pengelasan yang baik[5].Pada penelitian yang dilakukan [6] juga menunjukkan pin model tirus menghasilkan pengelasan yang baik. Penggunaan pin dengan model square menghasilkan pengelasan dengan nilai kekuatan Tarik yang tinggi [7]. Pin dengan bentuk persegi dapat menghasilkan nilai regangan lengkung yang tinggi[8]. Kekuatan Tarik yang tinggi juga didapatkan dari penggunaan pin dengan bentuk silinder yang digunakan untuk melakukan penyambungan pada material AA1100[9]. Dari beberapa penelitian diatas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang FSW terutama pada distribusi suhu karena suhu akan menghasilkan

panas dimana itu sangat mempengaruhi dari hasil pengelasan

Metode Penelitian

Simulasi dilakukan dengan *study thermal* yang terdapat pada *solidworks 2013*. Berikut diagram alir dari penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses desain CAD dari part yang akan digunakan untuk simulasi dibuat dengan *software solidworks 2013*. Part yang dibutuhkan untuk simulasi adalah plat yang akan dilas dan *tool* FSW dengan berbagai macam bentuk *pin*. *Pin* berfungsi sebagai pengaduk dan mengalirkan material yang sudah melunak akibat dari gesekan panas sehingga dapat membentuk sambungan pengelasan[10][11]. Untuk model dari *pin* akan ditunjukkan gambar 2 dibawah ini :

Gambar 2. Bentuk *pin* (a = *pin* hexagonal, b = *pin* taper square, c = *pin* silinder, d = *pin* taper silinder

Tool yang digunakan dalam proses FSW harus dari material yang Tangguh dan tahan terhadap gaya gesek, tahan panas, serta titik lebur yang lebih tinggi dari plat yang dilas[12]. Proses pengelasan FSW merupakan teknologi poengelasan solid state yang dapat digunakan untuk meyabungkan dua jenis yang berbeda material[13].Plat yang digunakan berukuran Panjang 200 mm, lebar 100 mm, dan tebal 6 mm dimana itu merupakan gambaran dari gabungan dari 2 plat yang dilas dengan FSW. Berikut ini desain CAD 3D dari plat:

Gambar 3. Desain plat AA6061-T6

Plat AA6061-T6 dipilih karena banyak diaplikasikan dalam berbagai macam industry, seperti otomotif, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya. Aluminium akan membentuk lapisan jika bereaksi dengan udara sehingga aluminium akan terlapsi dan tahan terhadap korosi [14]. Setelah jadi maka lanjut ke tahap simulasi. Simulasi dimulai dari poemilihan material propertis sesuai dengan material AA6061-T6. Setelah itu masuk ke proses input suhu 520°C pada area tool. Lanjut ke proses meshing dan dilakukan proses running untuk mengetahui bagaimana hasil simulasi dari distribusi suhu dari plat. Pengambilan data suhu dapat dilihat dalam gambar dibawah ini :

Gambar 4. Hasil simulasi dan pengambilan data

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil simulasi *study thermal solidworks*

Setelah simulasi dapat berjalan dan keluar bagaimana hasil distribusi suhu yang terjadi dariplat yang dilas dengan FSW dengan bervbagai macam bentuk pin, maka didapatkan hasil suhu yang terdapat dalamtabel dibawah ini:

Jarak	Temperatur oC			
	Hexagonal	Silinder	Taper Silinder	Taper Square
0	468	468	468	468
10	469	469	469	468
20	470	470	470	470
30	472	472	471	471
40	474	474	473	473
50	477	477	476	476
60	481	480	480	480

70	485	485	485	485
80	492	492	492	492
90	505	505	504	504
100	520	520	520	520
110	505	505	504	504
120	492	492	492	492
130	485	485	485	485
140	481	480	480	480
150	477	477	476	476
160	474	474	473	473
170	472	472	471	471
180	470	470	470	470
190	469	469	469	468
200	468	468	468	468

Table 1. Hasil distribusi suhu

Dari tabel hasil distribusi suhu diatas agar pengamatan hasil lebih mudah maka dibuat grafik yang terdapat dalam gambar dibawah ini :

Gambar 5. Grafik hasil distribusi suhu

Dari grafik diatas dapat dilihat distribusi suhu yang terjadi perbedaanya tidka terlalu signifikan. Suhu puncak terdapat pada jarak 100mm karena itu merupakan area dari tool dimana panas yang terjadi pada area tersebut yaitu 80% dari temperature melting material. Karena hasil distribusi suhu sisi kiri dan kanan dari jarak 100mm adalah simetris, maka pengamatan dilakukan dari salah satu sisinya. Pada saat menggunakan pin bentuk hexagonal pada jarak 140mm memiliki nilai suhu 481°C dimana itu merupakan suhu tertinggi dibandingkan pada saat menggunakan pin yang lainnya jika diukur dari jarak yang sama itu karena pin bentuk hexagonal memiliki luasan yang lebih besar. Pada saat menggunakan pin dengan bentuk taper square jarak 190mm memiliki nilai suhu 468°C dimana itu merupakan nilai suhu yang rendah dibandingkan pada saat menggunakan pin jenis lainnya jika diukur dari jarak yang sama, itu karena pin bentuk taper square memiliki luasan yang lebih kecil. Suhu semakin rendah ketika jarak yang diukur semakin jauh dari area tool.

B. Hasil perhitungan Laju Perpindahan Panas.

Karena perbedaan suhu yang terjadi tidak terlalu signifikan maka perhitungan laju perpindahan panas dilakukan pada plat hasil menggunakan pin berbentuk hexagonal. Karena perpindahan panas yang terjadi pada plat secara konduksi, maka persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut [15]:

(1)

Table 2.

Dimana Q = Laju perpindahan panas / energi (W)

K = Konduktifitas panas material (W/m.C)

A = Luas penampang (m²)

T = Temperatur (C)

L = Jarak antar suhu (m)

Untuk laju perpindahan panas dihitung mulai dari jarak 100mm sampai 200mm pada plat dimana itu merupakan posisi 1 dan jarak antar suhu adalah 10mm. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

Pada posisi 2 dan seterusnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama maka didapatkan hasil pada table dibawah ini :

Posisi	Hasil (watt)
Pos 1	7110
Pos 2	6162
Pos 3	3318
Pos 4	1896
Pos 5	1896
Pos 6	1422
Pos 7	948
Pos 8	948
Pos 9	477
Pos 10	477

Table 3. Hasil perhitungan laju perpindahan panas

Dari tabel diatas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut :

Gambar 6. Grafik hasil laju perpindahan panas

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa energi terbesar terdapat pada posisi 1 dengan nilai 7110 watt karena padav posisi tersebut dekat dengan area tool. Semakin jauh posisi yang dihitung dengan area tool maka energi akan semakin turun[16], sebanding dengan distribusi suhu yang terjadi semakin jauh jarak yang diukur maka suhu akan semakin rendah.[17].

Kesimpulan

Dari simulasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa perbedaan suhu dari penggunaan pin yang berbeda bentuk tidak terlalu signifikan, ketika menggunakan pin berbentuk hexagonal pada jarak 140mm memiliki nilai suhu 481°C dimana itu suhu tertinggi dibandingkan saat menggunakan pin bentuk lainnya. Sedangkam saat menggunakan pin bentuk taper square pada jarak 190mm memiliki nilai suhu 468°C itu merupakan suhu terendah dibandingkan saat menggunakan pin bentuk lainnya ketika jarak yang dihitung sama. Energi panas terbesar terletak pada posisi 1 yaitu 7110 watt karena posisi yang dekat dengan area tool dan energi semakin turun jika posisi yang dihitung semakin jauh dengan area *tool*.

References

- [1] J. B. Patel, K. D. Bhatt, and M. Shah, "Replacement of Tool-pin Profile and Simulation of Peak Temperature & Flow Stress during FSW of AA6061 Alloy," using hyper Work. Softw., vol. 1, no. 5, 2014.
- [2] S. T. Selvamani, K. Umanath, and K. Palanikumar, "Heat transfer analysis during friction stir welding of al6061-t6 alloy," J. Eng. Res. Appl., vol. 1, no. 4, pp. 1453-1460, 2011.
- [3] I. A. Kumar and D. M. V Mallikarjuna, "Thermal analysis of friction stir welding," Int. J. Eng. Res. Technol. ISSN, pp. 181-2278, 2015.
- [4] Y. R. Yatapu, B. R. Reddy, R. V. Ramaraju, M. Ku, and A. Bin Ibrahim, "Prediction of temeperatures during friction stir welding of AA6061 aluminium alloy using hyperworks," J. Eng. Appl. Sci. (Asian Res. Publ. Network), vol. 11, no. 18, pp. 11003-11008, 2016.
- [5] I. Helmi and T. Tarmizi, "Pengaruh Bentuk Pin Terhadap Sifat Mekanik Aluminium

- 5083-H112 Hasil Proses Friction Stir Welding,” *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 31-42, 2017.
6. [6] T. Tarmizi and B. Prayoga, “Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Proses Friction Stir Welding Alumunium 5052,” *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 105-118, 2016.
 7. [7] I. W. Pratama, “Studi pengelasan FSW (Friction Stir Welding) dengan Bentuk Penampang Pin Tool yang Berbeda pada Material Al-Mg dengan Tembaga terhadap Uji Tarik, Uji Kekerasan dan Foto Struktur Mikro.” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
 8. [8] P. Pratisna, I. Anggertyo, and P. A. NA, “Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe Pada Konstruksi Kapal,” *ReTII*, 2016.
 9. [9] J. LUCKY, “Analisa Proses Friction Stir Welding Pada Plat Aluminium Jenis A1100.” University of Muhammadiyah Malang, 2017.
 10. [10] D. Rahayu, “Analisa Proses Friction Stir Welding (FSW) pada Plat Tipis Aluminium.” Depok: Universitas Indonesia, 2012.
 11. [11] C. E. D. Rowe and W. M. Thomas, “Advances in tooling materials for friction stir welding,” *TWI Cedar Met. Ltd*, pp. 1-11, 2005.
 12. [12] R. YAKI, “Pengaruh Penggunaan Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Makro Aluminium 5083 Pada Pengelasan Friction Stir Welding,” 2016.
 13. [13] T. Asmono, “Pengaruh Variasi Sudut Tirus Pin Dan Rotation Speed Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Hasil Friction Stir Welding Pada Aluminium.” Universitas Brawijaya, 2014.
 14. [14] S. Abdulloh, “Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Probe/Pin Terhadap Sifat Mekanis Hasil Pengelasan Aluminium Dengan Tembaga Pada Proses Friction Stir Welding.” Institut Teknologi Nasional Malang, 2019.
 15. [15] Y. Cengel and T. M. Heat, *A practical approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2003.
 16. [16] A. Ashari, “Analisis perpindahan panas pada alat tambal ban elektrik.” UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER, 2015.
 17. [17] A. Hisyam, “Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.