Submitted: 19-02-2025
Revised: 10-03-2025
Submitted: 11-03-2025
Revised: 10-04-2025
Accepted:14-04-2025
Published:30-04-2025

Analisis Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah dengan Variasi Proses Pengelasan

Mulyana, Bagus Wicaksono, Riza Muhida, Muhammad Riza, Indra Surya, Bambang Pratowo, Kunarto, Zein Muhamad, Harjono Saputro,

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: bagus.19321034@student..ubl.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi proses pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon rendah. Metode pengelasan yang digunakan meliputi las Metal Inert Gas (MIG), las Tungsten Inert Gas (TIG), las Shielded Metal Arc Welding (SMAW), dan las Oxy-Acetylene Welding (OAW). Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine, sementara pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan pembesaran 2000x untuk mengidentifikasi fasa-fasa seperti ferrite, pearlite, dan martensite. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen yang dilas dengan metode SMAW memiliki kekuatan tarik dan struktur mikro yang lebih baik dibandingkan metode OAW, yang menunjukkan kekuatan tarik terendah. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis proses pengelasan berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja karbon rendah.

Kata kunci : pengelasan, kekuatan tarik, baja karbon rendah, struktur mikro, sifat mekanik.

1 Pendahuluan

Baja karbon rendah merupakan salah satu jenis baja yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur dan konstruksi karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan tarik yang cukup dan kemampuan bentuk yang baik. Baja ini banyak diaplikasikan dalam pembuatan struktur kendaraan, rangka bangunan, dan berbagai komponen industri lainnya. Pemilihan baja karbon rendah didasarkan pada sifatnya yang mudah dibentuk dan kemampuannya untuk dilakukan berbagai proses sambungan, seperti pengelasan, yang menjadikannya bahan yang ekonomis dan efektif dalam proses fabrikasi.

Pengelasan adalah metode penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri. Proses ini memungkinkan dua atau lebih bagian logam untuk disatukan melalui pemanasan logam induk dan logam pengisi. Namun, proses pengelasan dapat menyebabkan perubahan signifikan pada struktur mikro baja karbon rendah, yang pada gilirannya dapat memengaruhi sifat mekanik, terutama kekuatan tarik material. Variasi

metode pengelasan, seperti Metal Inert Gas (MIG), Tungsten Inert Gas (TIG), Shielded Metal Arc Welding (SMAW), dan Oxy-Acetylene Welding (OAW), memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kualitas sambungan yang dihasilkan dan perubahan struktur mikro baja karbon rendah.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30%, yang membuatnya memiliki sifat ulet dan mudah dibentuk, serta sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengelasan. Baja karbon rendah dipilih karena ketersediaannya yang tinggi dan penggunaannya yang luas dalam industri manufaktur dan konstruksi. Dalam penelitian ini, spesimen baja karbon rendah akan diolah melalui empat metode pengelasan yang berbeda, yaitu Metal Inert Gas (MIG), Tungsten Inert Gas (TIG), Shielded Metal Arc Welding (SMAW), dan Oxy-Acetylene Welding (OAW).

Bahan yang digunakan sebagai berikut: Baja karbon rendah dengan kandungan unsur karbon kurang dari 0,30% dari berat keseluruhan baja paduan

Gambar 1. Struktur mikro baja karbon rendah yang menunjukkan fasa ferrite dan pearlite.

Baja karbon rendah sering digunakan dalam industri karena sifat mekaniknya yang baik, seperti kekuatan tarik yang memadai dan kemampuan bentuk yang tinggi

2.2. Metode

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah eksperimen. Metode eksperimen adalah penelitian untuk mencari pengaruh kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon randah yang mengalami proses pengelasan.

Gambar 2. Diagram alir.

proses penelitian yang mencakup persiapan spesimen, proses pengelasan, pengujian kekuatan tarik, pengamatan struktur mikro, dan analisis data.

2.3. Persiapan Spesimen

Spesimen baja karbon rendah dipotong dengan dimensi tertentu sesuai standar ASTM E8 untuk pengujian tarik. Setiap spesimen akan melalui proses pembersihan untuk menghilangkan kotoran atau minyak yang dapat memengaruhi kualitas pengelasan.

Spesimen kemudian dibagi menjadi empat kelompok, masing-masing untuk metode pengelasan MIG, TIG, SMAW, dan OAW.

Gambar 3. Spesimen standar ASTM E-8 untuk pengujian kekuatan tarik.

Spesimen ini dirancang untuk memberikan hasil yang konsisten dan akurat dalam pengujian tarik material.

2.4. Proses Pengelasan

Setiap kelompok spesimen dilas menggunakan metode yang telah ditentukan, dengan parameter pengelasan yang disesuaikan untuk memastikan konsistensi hasil. Proses pengelasan dilakukan oleh operator yang terlatih untuk menjaga kualitas sambungan yang optimal. Parameter pengelasan yang diperhatikan meliputi arus, tegangan, laju aliran gas pelindung, dan kecepatan pengelasan.

2.5. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine sesuai standar ASTM E8. Setiap spesimen diberi beban tarik hingga putus, dan nilai kekuatan tarik (tensile strength) dicatat. Hasil dari pengujian ini akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh masing-masing metode pengelasan terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah.

2.6. Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada permukaan patahan setiap spesimen setelah uji tarik. Permukaan spesimen diamplas dan dietsa menggunakan larutan nital (asam nitrat dalam alkohol) untuk memperjelas struktur mikro. Pemeriksaan dilakukan dengan mikroskop optik dengan pembesaran 2000x untuk mengidentifikasi fasa ferrite, pearlite, dan martensite yang terbentuk akibat proses pengelasan.

2.7. Analisis Data

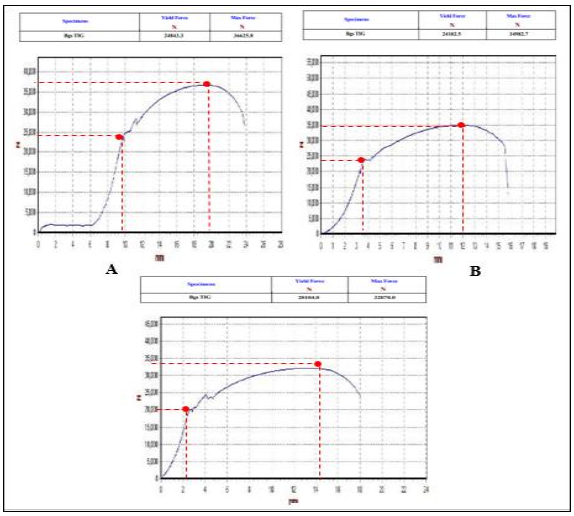
Data yang diperoleh dari pengujian kekuatan tarik dan pengamatan struktur mikro akan dianalisis untuk menentukan hubungan antara metode pengelasan dengan sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah. Hasil analisis ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai metode pengelasan yang paling optimal untuk baja karbon rendah.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik dari spesimen baja karbon rendah yang telah melalui proses pengelasan dengan metode MIG, TIG, SMAW, dan OAW menunjukkan perbedaan signifikan dalam nilai kekuatan tarik dan regangan maksimum. Spesimen yang dilas dengan metode SMAW memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan metode lainnya, sedangkan spesimen yang dilas dengan metode OAW menunjukkan kekuatan tarik terendah. Nilai rata-rata kekuatan tarik untuk masing-masing metode pengelasan adalah sebagai berikut:

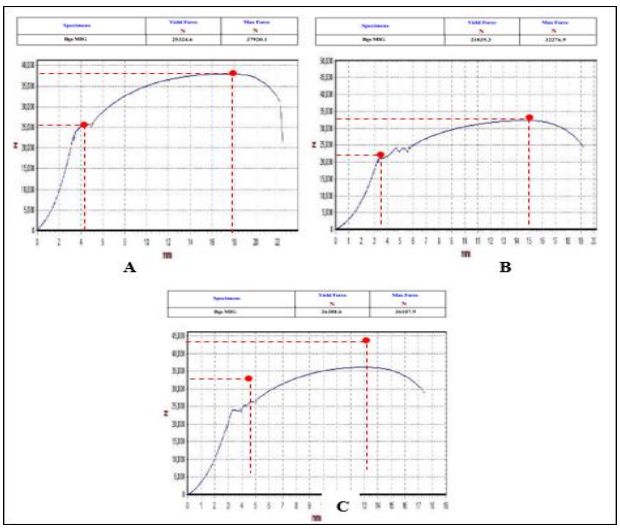
Data Hasil Pengujian Tarik dari las TIG



Gambar 4. Hasil pengujian tarik dari spesimen pengelasan TIG.
Memperlihatkan nilai kekuatan tarik yang sebanding dengan MIG dan sedikit lebih rendah dari SMAW.

Dari hasil perhitungan di atas pada sepesimen yang mengalami proses pengelasan TIG mendapatkan titik lulus sebesar A 354,9 N/mm2, B 344,3 N/mm2, C 287,2 N/mm2 dan titik maksimal sebesar A 523,2 N/mm2, B 499,7 N/mm2, C 458,1 N/mm2 mengalami regangan sebesar A13\ %, B\ 17\ %, C 16\ %.

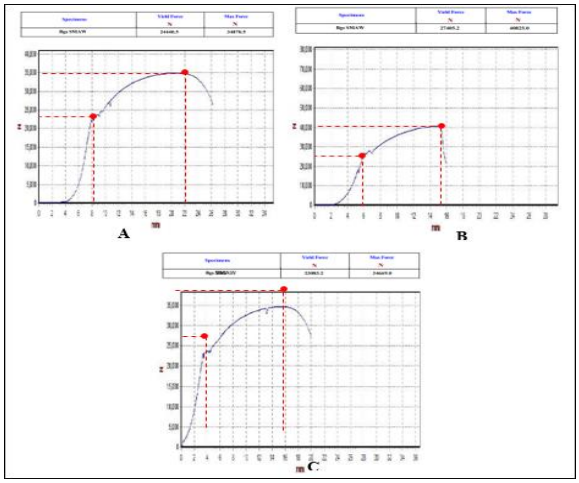
Data Hasil Pengujian Tarik dari las MIG



Gambar 5. Hasil pengujian tarik dari spesimen pengelasan MIG.
Menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan OAW namun lebih rendah dari SMAW

Dari hasil perhitungan di atas pada sepesimen yang mengalami proses pengelasan MIG mendapatkan titik lulus sebesar A 361,7 N/mm2, B 300,5 N/mm2, C 376,9 N/mm2 dan titik maksimal sebesar A 541,7 N/mm2, B 461,0 N/mm2, C 515,8 N/mm2 mengalami regangan sebesar A\ 18\ %, B\ 16\ %, C 13\ %.

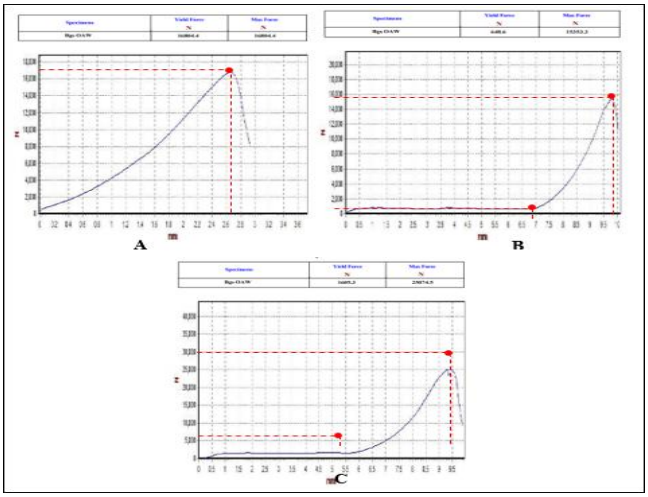
Data Hasil Pengujian Tarik dari las SMAW



Gambar 6. Hasil pengujian tarik dari spesimen pengelasan SMAW.
Menunjukkan kekuatan tarik tertinggi di antara metode pengelasan lainnya pada baja karbon rendah

Dari hasil perhitungan di atas pada sepesimen yang mengalami proses pengelasan SMAW mendapatkan titik lulus sebesar A 349,1 N/mm2, B 391,5 N/mm2, 329,7 N/mm2 dan titik maksimal sebesar A 498,1 N/mm2, B 583,2 N/mm2, 495,2 N/mm2 mengalami regangan sebesar A15\ %, B\ 9\ %, C 19\ %.

Data Hasil Pengujian Tarik dari las OAW



Gambar 7. Hasil pengujian tarik dari spesimen pengelasan OAW
Menunjukkan kekuatan tarik terendah akibat struktur mikro yang kasar

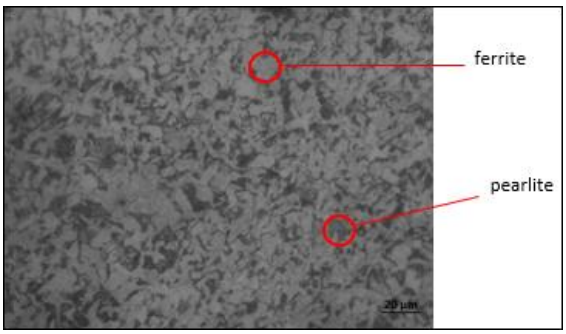
Dari hasil perhitungan di atas pada sepesimen yang mengalami proses pengelasan TIG mendapatkan titik lulus sebesar A 240,0 N/mm2, B 9,2 N/mm2, C 22,9 N/mm2 dan titik maksimal sebesar A 240,0 N/mm2, B 219,3 N/mm2, C 358,2 N/mm2 mengalami regangan sebesar A10% B\ 8% C 6%.

3.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengidentifikasi fasa-fasa yang terbentuk, seperti ferrite, pearlite, dan martensite, pada permukaan patahan spesimen. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen yang dilas dengan metode OAW memiliki struktur ferrite dan pearlite yang kasar akibat proses pendinginan lambat. Sebaliknya, spesimen yang dilas dengan metode SMAW menampilkan struktur pearlite halus yang terbentuk akibat proses pendinginan cepat, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik.

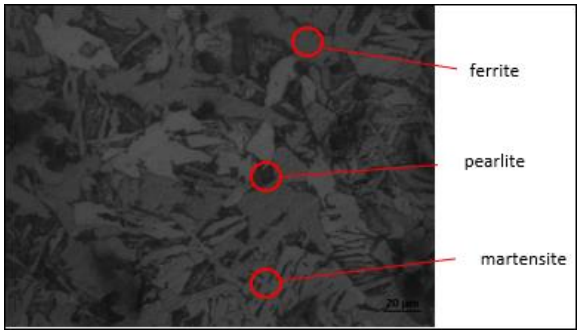
Pada spesimen MIG dan TIG, struktur mikro terdiri dari campuran ferrite dan pearlite yang homogen, namun tingkat kehalusannya berada di antara struktur yang terbentuk pada pengelasan SMAW dan OAW. Hal ini menunjukkan bahwa pengelasan dengan metode SMAW cenderung menghasilkan struktur mikro yang lebih padat dan kuat dibandingkan dengan metode lainnya, berikut data hasil dari pengujian struktur mikro:

Hasil Pengujian Struktur Mikro pengelasan TIG



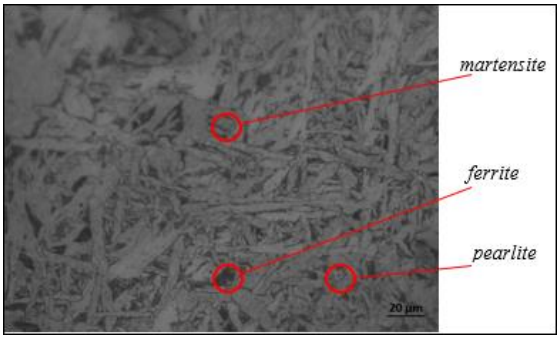
Gambar 8. Hasil Uji Pengelasan TIG Dari hasil uji terlihat ferrite dan pearlite, lebih dominan ke ferrite.

Hasil Pengujian Struktur Mikro pengelasan MIG



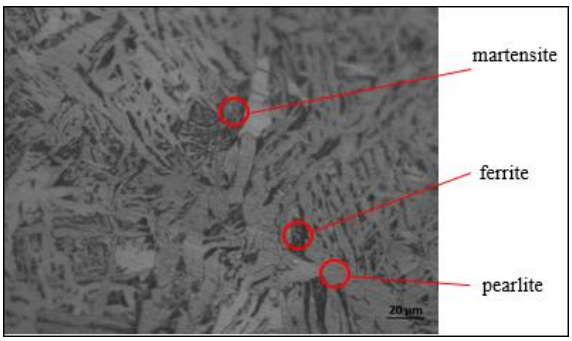
Gambar 9. Hasil Uji Pengelasan MIG Dari hasil terlihat ferrite, pearlite dan martensite.

Hasil Pengujian Struktur Mikro pengelasan SMAW



Gambar 10. Hasil Uji pengelasan SMAW Dari hasil uji terlihat ferrite, pearlite dan martensite, telihat lebih dominan ke pearlite.

Hasil Pengujian Struktur Mikro pengelasan OAW



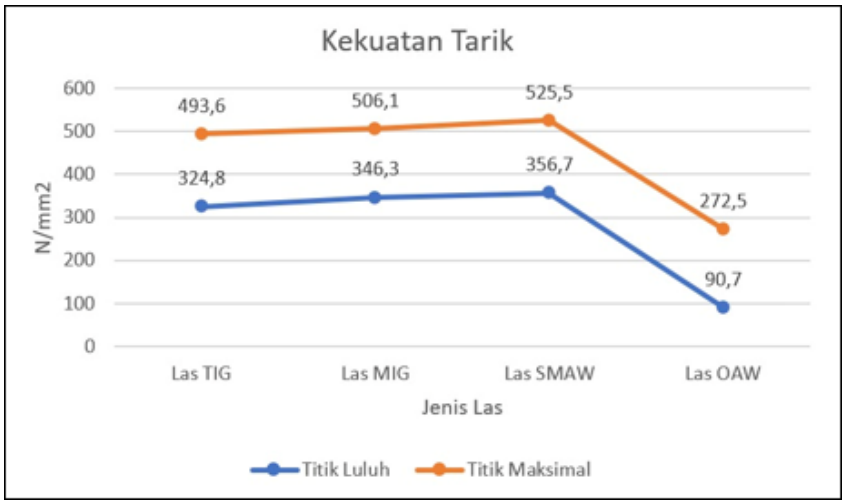
Gambar 11. Hasil Uji Pengelasan OAW Dari hasil uji terlihat ferrite, pearlite dan martensite, telihat lebih dominan ke pearlite.

3.3 Pembahasan

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik Plat Baja Karbon Rendah yang mengalami pengelasan.

No	Spesimen	Titik luluh N/mm^2	Titik maksimal N/mm^2	Regangan %
A	Las TIG	343,0	494,1	13
B	Las TIG	344,3	499,7	17
C	Las TIG	287,2	458,1	16
Rata-rata		**324,8**	**493,6**	**15,3**
A	Las MIG	361,7	541,7	18
B	Las MIG	300,5	461,0	16
C	Las MIG	376,9	515,8	13
Rata-rata		**346,3**	**506,1**	**15,6**
A	Las SMAW	349,1	498,1	15
B	Las SMAW	391,5	583,2	9
C	Las SMAW	329,7	495,2	19
Rata-rata		**356,7**	**525,5**	**14,6**
A	Las OAW	240,0	240,0	10
B	Las OAW	9,2	219,3	8
C	Las OAW	22,9	358,2	6
Rata-rata		**90,7**	**272,5**	**8**

Dari hasil pengujian kekuatan tarik dan pengamatan struktur mikro, dapat disimpulkan bahwa metode pengelasan SMAW menghasilkan sifat mekanik terbaik pada baja karbon rendah. Hal ini disebabkan oleh proses pendinginan yang relatif cepat pada SMAW, yang menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan meningkatkan kekuatan tarik material. Di sisi lain, metode OAW dengan pendinginan lambat menghasilkan struktur pearlite kasar yang menurunkan kekuatan tarik material.



Gambar 12. Grafik Kekuatan Tarik

Perbandingan antara metode pengelasan menunjukkan bahwa perbedaan dalam suhu dan laju pendinginan selama pengelasan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah. Dengan demikian, untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi, metode pengelasan SMAW lebih disarankan. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa pendinginan cepat pada baja karbon rendah meningkatkan kehalusan struktur mikro dan kekuatan tarik.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh metode pengelasan MIG, TIG, SMAW, dan OAW terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon rendah, dapat disimpulkan bahwa metode pengelasan memiliki dampak signifikan pada sifat mekanik material. Metode pengelasan SMAW memberikan hasil terbaik, dengan kekuatan tarik tertinggi dan struktur mikro yang lebih halus dibandingkan metode lainnya. Struktur mikro halus pada pengelasan SMAW terbentuk karena laju pendinginan yang cepat, yang meningkatkan kekuatan tarik material. Sebaliknya, pengelasan OAW menghasilkan kekuatan tarik terendah dan struktur mikro yang kasar, disebabkan oleh laju pendinginan yang lambat.

Secara keseluruhan, untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi, pengelasan SMAW lebih direkomendasikan untuk baja karbon rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan metode pengelasan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan performa mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah dalam berbagai aplikasi industri.

References

1. M. Suratman, *Teknik Mengelas Asetilin, Brazing dan Las Busur Listrik*, Bandung, Indonesia: CV Pustaka Grafika, 2016.
2. T. Surdia and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta, Indonesia: PT Pradnya Paramita, 2005.
3. N. H. Sari, *Material Teknik*, Yogyakarta, Indonesia: CV Budi Utama, 2020.
4. P. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta, Indonesia: PT Pradnya Paramita, 2019.
5. W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed., Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
6. A. M. Lancaster, *The Metallurgy of Welding*, 6th ed., Abingdon, UK: CRC Press, 1999.
7. J. F. Lancaster, *Metallurgy of Welding*, London, UK: George Allen & Unwin, 1984.
8. M. T. Anderson, *Strength of Materials*, 2nd ed., New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2010.
9. J. E. Gordon, *The New Science of Strong Materials*, 2nd ed., Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2006.
10. P. Kumar and A. H. Gokhale, *Fundamentals of Welding and Metallurgy*, Singapore: Springer, 2014.