



Efek Perlakuan Panas Quench Temper dan Aniling terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat Ultra Tipis pada Aplikasi Elektronik dan Biomedis

Abdul Aziz

Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten, Indonesia

Corresponding email : najibnajwan6@gmail.com

Received: 3/August/2023

Accepted: 27/June/2024

Revised: 27/June/2024

Published: 30/June/2024

To cite this article:

Aziz, A. (2024). Efek Perlakuan Panas Quench Temper dan Aniling terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat Ultra Tipis pada Aplikasi Elektronik dan Biomedis. *SPECTA Journal of Technology*, 8(1), 62-68. [10.35718/specta.v8i1.931](https://doi.org/10.35718/specta.v8i1.931)

Abstrak

Penelitian ini mempelajari sifat mekanik dan perubahan struktur mikro pada baja tahan karat (BTK) ultra tipis jenis SUS 316 setelah diberi perlakuan panas quench temper pada suhu 900°C. Baja tahan karat ultra tipis tersebut diberi perlakuan panas dengan waktu tahan selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Percobaan dilakukan pada BTK dengan butir halus dan berbutir kasar. Hasil pengamatan menggunakan mikroskop elektron SEM-EBSD menunjukkan bahwa tidak terjadi transformasi fasa martensit pada struktur mikronya. Perubahan struktur mikro yang terjadi berupa perubahan sebaran grain misorientation (GMO) pada baja SUS 316 ultra tipis. Nilai kekerasan baja meningkat seiring dengan bertambahnya waktu tahan, yang berhubungan erat dengan peningkatan kekasaran permukaan (surface roughening) pada baja ultra tipis tersebut. Peningkatan kekerasan ini menunjukkan kemampuan baja untuk mempertahankan bentuknya meskipun dalam kondisi yang ekstrem. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa nilai kekasaran permukaan menurun dengan bertambahnya waktu tahan pada baja ultra tipis. Hal ini menunjukkan bahwa baja SUS 316 ultra tipis menjadi lebih tahan terhadap deformasi permukaan seiring waktu perlakuan panas yang lebih lama. Dengan demikian, perlakuan panas pada suhu 900°C dengan berbagai waktu tahan mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro baja tahan karat ultra tipis jenis SUS 316. Peningkatan kekerasan dan perubahan sebaran GMO yang diamati menunjukkan bahwa material ini mengalami penguatan dan stabilisasi struktur mikro yang signifikan, menjadikannya lebih unggul untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap deformasi dan keausan permukaan.

Kata Kunci : Strukturmikro, Grain Misorientation (GMO), Butir Halus, Butir Kasar

1. Introduction

Baja tahan karat austenitik ultra tipis telah diaplikasikan sangat luas dalam dunia industri elektronik, biomedis, laser dan bio assays. Aplikasi dari baja ultra tipis telah banyak mendapatkan perhatian dari masyarakat industri di dunia ini. Terdapat beberapa isu yang perlu diperhatikan dalam dunia industri, khususnya dunia microforming, seperti size effect, mahalnya proses produksi (Zong-yu, 2010; Engel, 2002; Abdul, 2021; Jha, 2008).

Ketika baja tahan karat ultra tipis ditarik dengan mesin uji tarik, maka terjadi perubahan struktur mikro dan terjadi perubahan sifat mekanik pada baja ultra tipis tersebut (Furushima, 2007; Abdul 2021). Perubahan struktur mikro akan berakibat kepada sifat mekanik dari baja ultra tipis tersebut (Peng,

2015). Ketika baja tahan karat ultra tipis di tarik dengan mesin uji tarik maka terjadi twinning dan interkasi dislokasi. Twinning yang lebih besar terjadi pada permukaan dibandingkan pada bagian dalam dari logam ultra tipis (Zandrahimi, 2007; Zihao, 2020). Disamping twinning yang meningkat, setelah pengujian tarik pada logam ultra tipis juga dapat meningkatkan energi stacking fault (Zihao, 2020; Vollertsen, 2006). Perubahan struktur mikro dapat juga disebabkan oleh perbedaan laju regangan ketika serangkaian uji tarik berlangsung (Zihao, 2020; Tsuyoshi, 2011). Pengujian tarik uniaxial pada logam ultra tipis jenis baja tahan karat semisal SUS 304, tidak hanya berakibat pada perubahan struktur mikro, perubahan sifat mekanik, tetapi dapat juga terjadi perubahan fasa dari austenit menjadi fasa martensit (Abdul, 2021; Zihao, 2020; Raabe, 2003).

Perilaku kegagalan pada logam ultra tipis dan aliran material akan lebih mudah diamati pada logam ultra tipis dengan jumlah butir yang makin sedikit (Kengo, 2004,12,13). Disamping itu, dalam logam ultra tipis jenis tembaga dan titanium, regangan patah menurun secara dramatis, seiring dengan menurunnya ketebalan dari logam ultra tipis, yaitu dari ketebalan 0,3 mm sampai 0,1 mm (Tsuyoshi, 2011). Oleh karena itu, perlu dikalifikasikan dan di perjelas hubungan antara perubahan struktur mikro dan perilaku deformasi plastis pada baja tahan karat ultra tipis (Abdul, 2021; Kengo, 2014). Perubahan dari struktur mikro yang berefek pada surface roughness tergantung kepada ukuran butir dan ketebalan dari logam ultra tipis (Abdul, 2021; Zihao, 2020; Groche, 2010). Penurunan ukuran butir berakibat kepada peningkatan tegangan luluh pada logam ultra tipis setelah atau selama pengujian tarik tunggal (Tsuyoshi, 2011; Kengo, 2014).

Dari penelitian sebelumnya, deformasi pada butir yang lunak dan butir yang kuat dapat berakibat besar pada sifat mekanik logam ultra tipis. Keterkaitan antara perubahan struktur mikro dan perilaku deformasi plastis, seperti uji tarik tunggal, masih dilaporkan terbatas. Tujuan dari penelitian ini, yaitu ingin menjelaskan hubungan antara perubahan struktur mikro dan pengujian tarik tunggal pada baja tahan karat ultra tipis SUS 316 L.

Dalam penelitian ini, dilaksanakan pengujian tarik pada SUS 316L sampai lima tingkat. Perubahan struktur mikro diperoleh dari hasil pengamatan scanning electron microscope (SEM– EBSD). kemudian dilakukan analisa hasil pengujian tarik setahap demi setahap.

2. Bahan dan Metodologi Penelitian

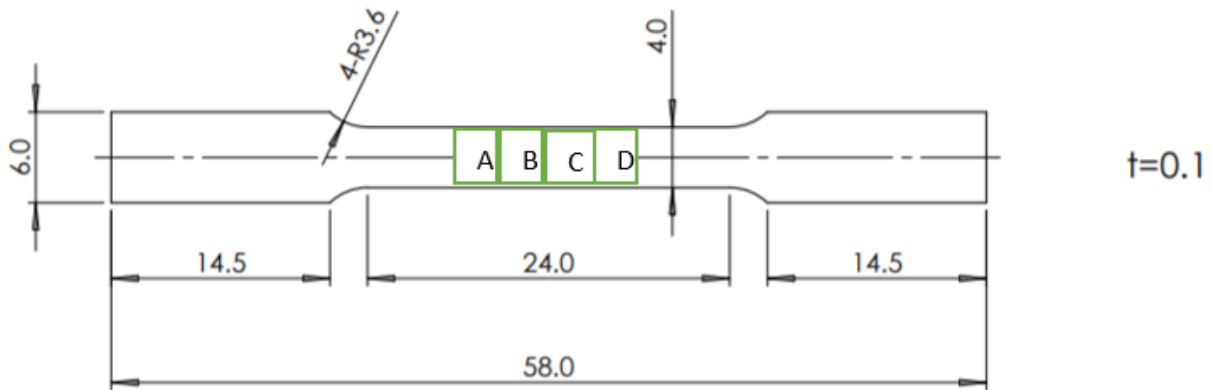
2.1. Bahan

Baja tahan karat ultra tipis didapat dari Komatsu Seiki Kosakusho.co.ltd Nagano Jepang. ketebalan dari logam baja tahan karat ultra tipis di roll dengan ketebalan sampai pada ukuran 0,1 mm dan kemudian diberi perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan sisa. Komposisi kimia dari logam ultra tipis SUS 316L di tunjukan di tabel 1. Logam ultra tipis SUS 316L memiliki kromium dalam jumlah yang tinggi yang berfungsi untuk mencegah dari korosi dengan membentuk lapisan pasif yaitu jenis Cr₂O₃ pada permukaan dari baja tahan karat ultra tipis SUS 316L

Tabel 1: Komposisi kimia dari baja tahan karat ultra tipis SUS 316

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
Min						12.00	16.00	2.00
Max	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	15.00	18.00	3.00
	0.012	0.66	1.20	0.035	0.001	12.22	17.41	2.07

Berdasarkan komposisi kimia pada Tabel 1, baja tahan karat ultra tipis SUS 316L memiliki kadar kromium yang tinggi yang juga merupakan pembentuk fasa ferite. Disamping itu, baja tahan karat ultra tipis SUS 316L memiliki kadar nikel yang tinggi, yang juga berfungsi sebagai pembentuk fasa austenite. Fasa ferit pada baja tahan karat ultra tipis SUS 316L, berefek untuk meningkatkan ketangguhan, kekuatan dan keuletan pada baja tahan karat SUS 316. Kekuatan dan keuletan dari baja tahan karat ultra tipis SUS 316L lebih baik dari baja tahan karat konvensional lainnya. Variasi ukuran butir pada baja tahan karat ultra tipis SUS 316L berpengaruh pada sifat mekanik baja tahan karat ultra tipis SUS 316L.



Gambar 1: Sampel SUS 316L Baja Ultra Tipis

Baja tahan karat ultra tipis SUS 316L memiliki dimensi yaitu lebar 4,0 mm dan ketebalan 0,1 mm serta panjang gauge length yaitu 20mm. Baja tahan karat ultra tipis SUS 316L memiliki dimensi lebar 4,0 mm dan tebal 0,1 mm serta panjang gauge length 20 mm. Spesimen dibuat dari baja tahan karat SUS 316 dalam bentuk sampel uji tarik seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

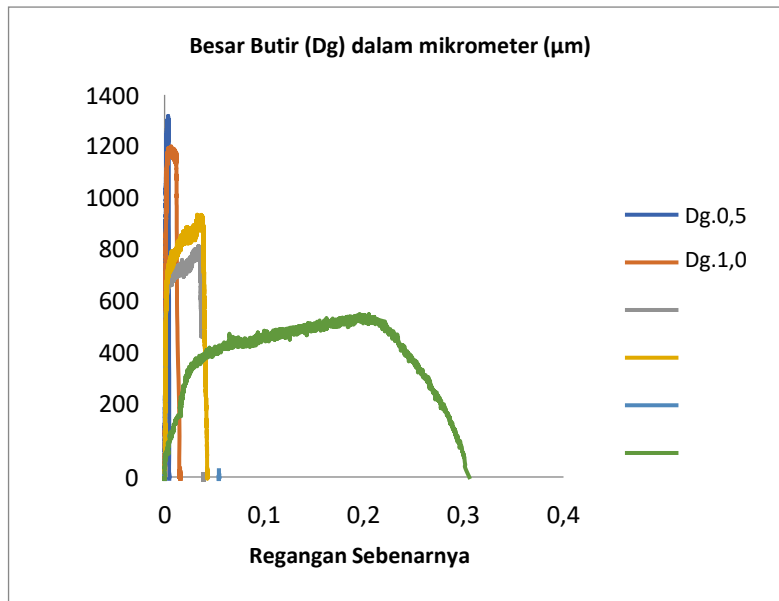
2.2. Metodologi

Sampel baja tahan karat ultra tipis dari SUS 316L di bersihkan dengan menggunakan etanol dan getaran ultrasonik selama 30 menit. Sampel kemudian di aniling selama 1 jam pada suhu 400°C untuk menghilangkan tegangan sisa akibat pengerolan. Kemudian, sampel bajatahan karat ultra tipis SUS 316L di quench temper, yaitu dengan cara dipanaskan pada suhu 900°C, ditahan selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Setelah itu didinginkan diudara terbuka dan di temper kembali selama 1 jam pada suhu 400°C. Setelah itu, sampel di tarik dengan mesin uji tarik secara bertahap selama lima tahap dengan regangan 1,0% untuk satu kali penarikan. Setelah itu struktur mikro di amati dengan menggunakan mikroskop elektron jenis SEM – EBSD. Disamping itu, uji tarik tunggal menggunakan mesin uji tarik jenis AG-IS 50 KN hasil produksi perusahaan Shimadzu di laksanakan pada sampel baja tahan karat ultra tipis sampai mengalami perpatahan. Kapasitas dari mesin uji tarik adalah 50 KN. Surface roughness juga diukur setiap kali pengujian tarik menggunakan alat mikroskop laser bernama Confocal Laser Microscope VE 8800, produksi dari perusahaan bernama Keyence.

Struktur mikro diamati dengan SEM-EBSD. Mesin SEM – EBSD yang digunakan yaitu jenis SEM SU – 70 Hitachi High Technology dengan mode normal. Arus emisi yang digunakan adalah 16 μ A dan pixel binning nya adalah 8x 8.

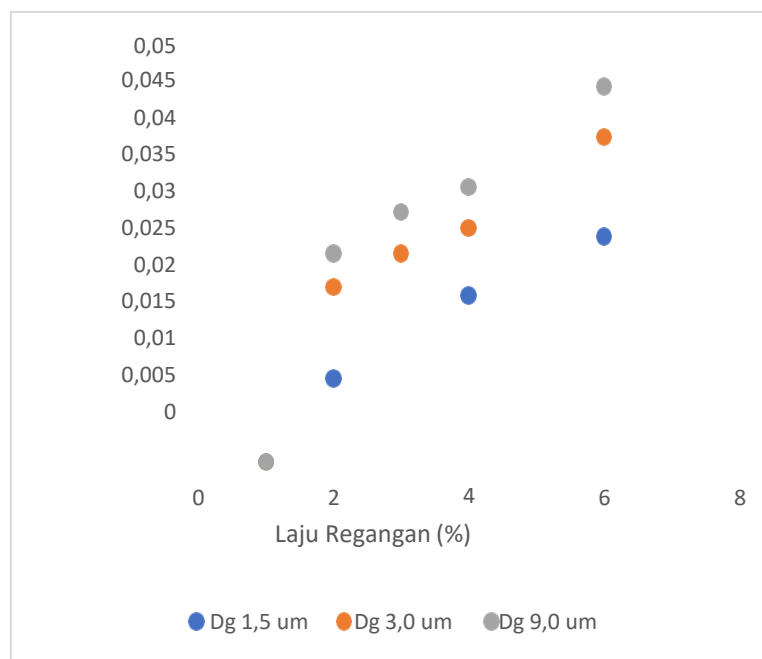
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Percobaan



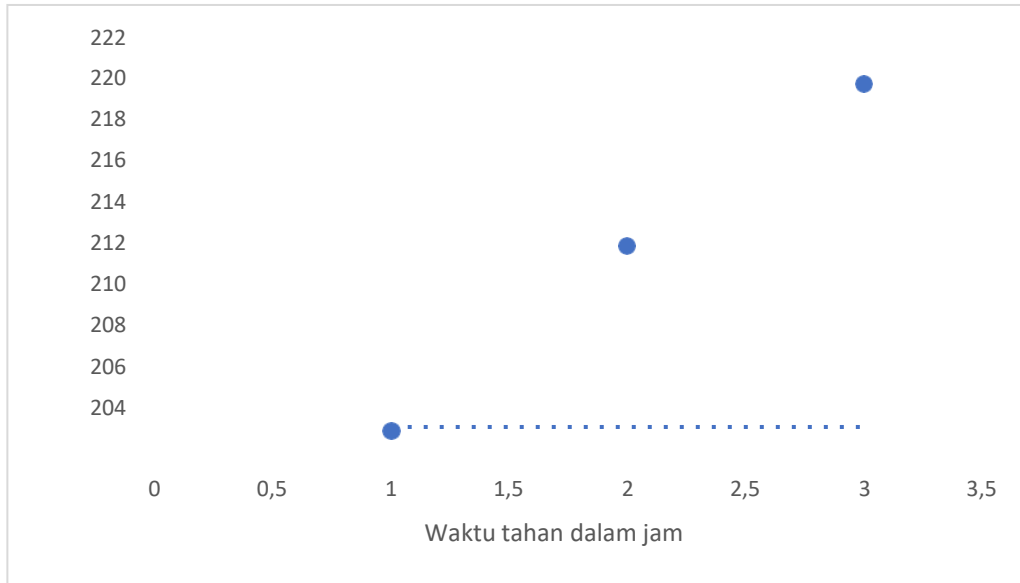
Gambar 2: Perilaku deformasi pada baja ultra tipis SUS 316L dengan perbedaan besar butir (4)

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2, kurva tegangan regangan menunjukkan bahwa pada baja tahan karat ultra tipis dengan butir halus memiliki kekuatan lebih tinggi tapi keuletan lebih rendah dibandingkan dengan baja tahan karat ultra tipis berbutir besar. Berdasarkan kurva tegangan regangan, itu sulit sekali mendeformasi baja tahan karat ultra tipis berbutir halus pada SUS 316L. Untuk SUS 316L berbutir kasar memiliki keuletan yang lebih tinggi dibandingkan SUS 316 berbutir halus. Keuletan yang lebih tinggi meningkat secara signifikan untuk material berbutir kasar dengan ukuran 9,0 μm. Keuletan baja tahan karat ultra tipis dari mulai ukuran butir 1,36 μm sampai 3,0 μm relatif sama. Itu menunjukkan sifat mekanik untuk material berbutir halus relatif sama.



Gambar 3: 1% Regangan Sebenarnya

Gambar 3, menunjukkan bahwa surface roughening meningkat secara proporsional seiring dengan meningkatnya tingkat regangan. Surface roughening meningkat lebih tinggi pada baja tahan karat ultra tipis (material) dengan butiran kasar dibandingkan dengan material berbutir halus. Itu berarti deformasi butir dan ketidakhomogenan kekuatan butir pada butir kasar adalah lebih tinggi dibandingkan material berbutir halus. Pada material berbutir halus adalah lebih homogeneous dibandingkan material dengan butiran kasar, sehingga surface roughening pada material berbutir halus lebih rendah dibandingkan dengan material berbutir kasar. Kehomogenan dan ketidak homogenan suatu butir pada material tergantung pada distribusi kekuatan atau kekerasan pada sebuah butir. Semakin homogen distribusi kekerasan pada butir akan menunjukkan bahwa butir tersebut semakin homogen, begitu juga sebaliknya.

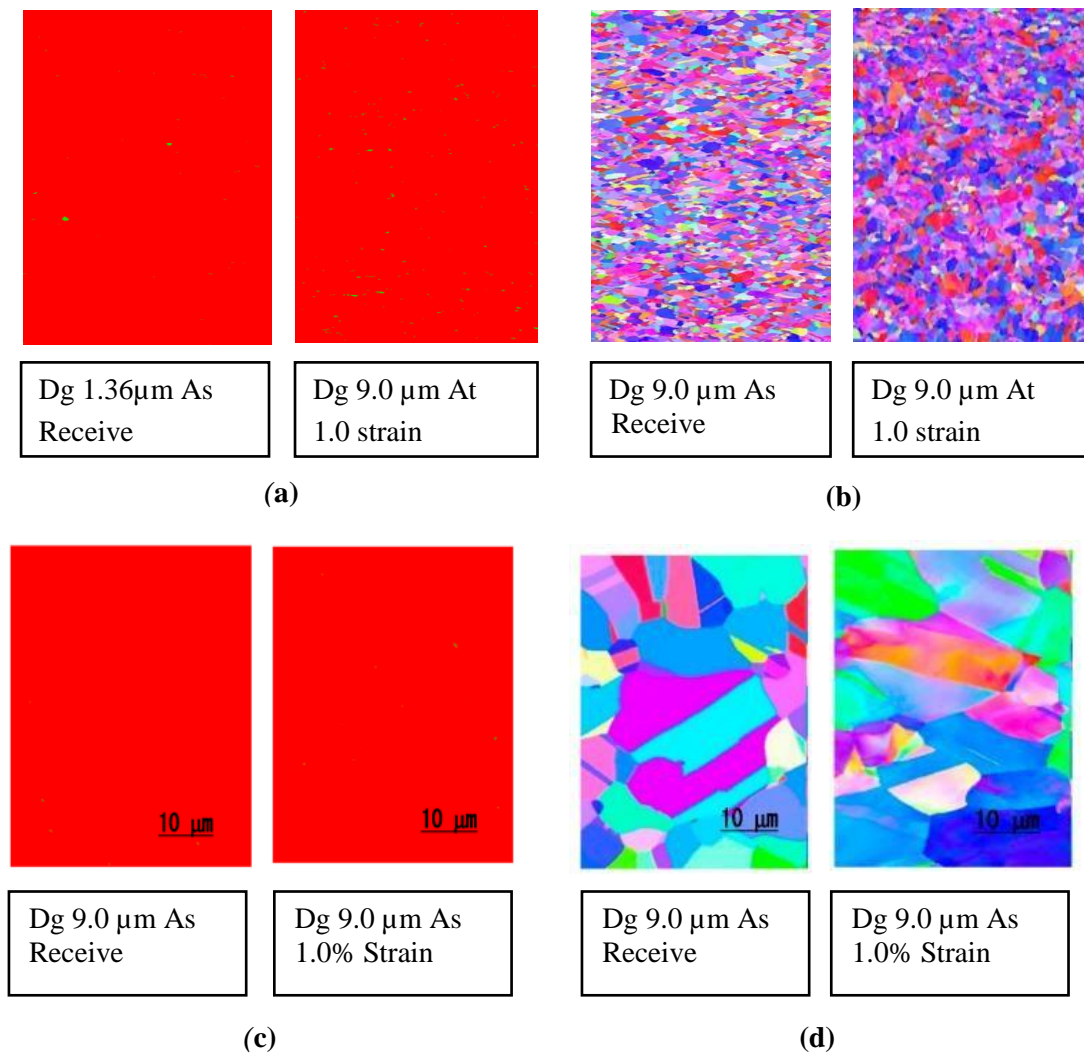


Gambar 4: Nilai kekerasan pada sampel setelah perlakuan panas

Dari Gambar 4, menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya waktu tahan. Nilai kekerasan pada waktu tahan 1 jam adalah 205 BHN. Nilai kekerasan meningkat menjadi 213 BHN pada waktu tahan 2 jam dan meningkat menjadi 220 BHN pada waktu tahan 3 jam. Efek dari waktu tahan terhadap nilai kekerasan mungkin disebabkan oleh terjadinya perubahan struktur mikro pada baja ultra tipis yang akan dijelaskan pada sesi selanjutnya.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5a dan 5c, gambar yang berwarna merah menunjukkan austenite. Karena tidak perubahan, itu berarti tidak ada perubahan fasa selama deformasi plastis. Austenite sebagai fasa yang stabil tidak mengalami perubahan fasa akibat uji tarik pada logam ultra tipis SUS 316L.

Hasil dari struktur mikro menunjukkan bahwa tidak ada transformasi fasa martensit (MPT) pada struktur mikro seperti yang ditunjukkan pada hasil foto SEM-EBSD di gambar 5a,b,c dan d. Itu berarti tidak ada efek MPT pada sifat mekanik SUS 316L. Hasil dari pengujian tarik dan perilaku surface roughening disebabkan oleh interaksi dislokasi yang dikenal dengan efek interaksi butir. Grain misorientation yang dikenal dengan GMO memiliki efek terhadap sifat mekanik dan perilaku surface roughening (Zong-yu, 2010; Engel, 2002; Furushima, 2007).



- FCC fasa austenite yang tidak stabil
- Martensite phase transformation (MPT)

Gambar 5: Hasil dari Pengamatan SEM – EBSD SUS 316

Deformasi plastis pada butiran halus seperti yang di tunjukan pada gambar 5b adalah jenis deformasi homogen. Deformasi butir tidak tergolong deformasi yang parah pada butiran halus. Berdasarkan hasil dari deformasi butir, deformasi pada butir – butir halus tergolong deformasi homogen. Deformasi yang terjadi pada butiran kasar tergolong deformasi tidak homogen, atau yang dikenal dengan deformasi inhomogeneous. Deformasi pada butiran kasar adalah deformasi yang tergolong deformasi parah. Jika mengacu pada gambar 5d, butiran kasar pada gambar tersebut telah mengalami deformasi tidak homogen, atau dikenal dengan deformasi inhomogeneous.

4. Kesimpulan

Martensitic phase transformation (MPT) tidak terjadi pada baja tahan karat ultra tipis SUS 316L baik pada butiran halus maupun kasar pada regangan total 5,0%. Deformasi plastis lebih besar terjadi pada butiran kasar dibandingkan dengan butiran halus. Keuletan baja tahan karat ultra tipis berbutir kasar lebih tinggi dibandingkan dengan yang berbutir halus, namun kekuatan baja berbutir halus lebih tinggi.

Surface roughening meningkat lebih tinggi pada butiran kasar dibandingkan pada butiran halus pada tingkat regangan yang sama.

Untuk industri elektronik dan biomedis yang menggunakan material ultra tipis, disarankan menggunakan material dengan butiran halus.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Komatsuseiki Kosakusho.co.ltd, khususnya pada Mr. Yohei Suzuki yang telah membantu menyiapkan sampel untuk percobaan.

Referensi

- XUE Zong-yu; ZHOU Sheng, WEI Xi-cheng : Journal of Iron and Steel Research, International, 2010, 17(3) : 51-55.
- Engel, U., and Eckstein, R. Microforming – from basic research to its realization, Journal of Materials Processing and Technology, Vol. 125-126, (2002), pp.35-44
- Furushima, T., and Manabe, K., Experimental and Numerical Study on Deformation Behavior in Dieless Drawing Process of Superplastic Microtubes, Journal of Materials Processing Technology, Vol.191, (2007), pp. 59-63.
- Abdul Aziz, Ming Yang, Tetsuhide Shimizu, Tsuyoshi Furushima. Effect of Grain Misorientation and Martensitic Transformation on Surface Roughening Behavior in Thin Austenitic Stainless Steel Foils, International Journal of Technology 12(6) 1161-1167 (2021).
- Jha Abhay K, Sivakumar D, Sreekumar K, et al. Role of Transformed Martensite in the Cracking of Stainless Steel Plumbing Lines [J]. Engineering Failure Analysis, 2008,15:1042.
- Peng, F., Dong, X.H., Liu, K., Xie, H.Y., 2015. Effects of strain rate and plastic work on martensitic transformation kinetics of austenitic stainless steel 304. J. Iron Steel Res.Int. 22 (10), 931–936.
- Zandrahimi M, Bateni MR, Poladi A, Szpunar Jerzy A. The formation of martensite during wear of AISI 304 stainless steel. Wear 2007;263:674-8
- Zihao Qin., Yong Xia., Role of strain – induced martensitic phase transformation in mechanical response of 304L steel at different strain – rates and temperatures, Journal of Material Processing Tech.280 (2020) 116613.
- F.Vollertsen, H.Schulze Nichoff, Z. Hu, State of the art in micro forming, International Journal of Machine Tools and Manufacture 46(11) (2006) 1172-1179.
- Tsuyoshi Furushima, Hitomi Tsunozaki, Ken –Ichi Manabe, Ming Yang, Sergei Alexandrov, Influence of Free Surface Roughening on Ductile Fracture Behavior Under Uni-axial Tensile State For Metal Foils, 13 th International Conference on Fracture June 16-21, 201, Beijing, China.
- D. Raabe, M.Scahtleber, H. Weiland, G.Scheele, Z.Zhao, Acta Mater. 51 (2003) 1539- 1560.
- Kengo Yoshida, Effect of Grain Scale Heterogeneity on Surface Roughness and Sheet Metal Necking, International Journal of Mechanical Sciences 83 (2014) 48-56.
- P.Groche, R.Schafer, H.Justing, M.Ludwig. On the correlation between crystallographic grain size and surface evolution in metal forming process. International Journal of Mechanical Sciences 52 (2010)523-530.