

PENGGUNAAN LAS GESEK (FRICTION WELDING) GUNA PENYAMBUNGAN DUA BUAH LOGAM BAJA KARBON ST 42 PADA PENGUJIAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO UNTUK SPRING PIN PADA MOBIL

D. R. Putra¹, I. K. A. Widi², N. S. W. Supriyanto³

Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

Email: dickdragster@gmail.com

ABSTRAK

Las Gesek atau Friction welding adalah metode pengelasan yang mengandalkan gesekan antara dua bahan logam yang saling bertemu pada bagian ujungnya dan menghasilkan percikan api, karena gesekan itu sehingga struktur pada bagian logam tersebut berada dititik leleh dan menghasilkan penyambungan antara dua buah logam, kelebihan dari Las Gesek ini adalah tidak perlu menggunakan logam pengisi seperti elektroda atau stik yang digunakan pada pengelasan lainnya. Pada kali ini penelitian yang akan dilakukan yaitu pengelasan gesek untuk penggunaan spring pin pada mobil. Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan mesin las gesek prototype dengan variasi penekanan yaitu sebesar 5 Bar, 6 Bar, 7 Bar. Menggunakan putaran spindel sebesar 4953 rpm, pemanasan awal 30 detik, waktu pengelasan 60 detik, dan menggunakan material baja ST 42, adanya pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian tarik dan struktur mikro. Analisa yang akan dilakukan untuk melihat perubahan struktur pada material hasil pengelasan gesek untuk penerapan pada spring pin mobil. Akibat perlakuan panas pengelasan gesek yaitu berubahnya sifat mekanik pada material baja ST 42. Nilai tertinggi dari hasil pengujian tarik adalah 29,87 kgf/mm². Maka pengelasan gesek dengan menggunakan material baja ST 42 ini bisa sebagai alternatif pengganti dari proses yang selama ini dan dapat digunakan sebagai bahan spring pin untuk mobil.

Kata kunci: Penggunaan las gesek, Baja ST 42, Pengujian tarik, Struktur mikro, Spring pin pada mobil.

PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan gesek belakangan ini berkembang dengan pesat di bidang konstruksi, manufaktur komponen kendaraan, hingga manufaktur komponen elektrik. Pengelasan gesek sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, biasanya diaplikasikan untuk menyambungkan material aluminium dan paduannya, namun masih banyak masalah pengelasan yang harus diatasi berkaitan dengan prosedur pengelasan. Terdapat banyak jenis pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Selain itu teknologi penyambungan terbagi menjadi 2 yaitu Liquid State Welding dan Solid State Welding. Liquid State Welding Proses penyambungan material dengan cara mencairkan dua buah material secara bersamaan sehingga dapat menyatu hingga merata contoh yang paling umum adalah las listrik (SMAW) sedangkan Solid State Welding adalah proses penyambungan yang pada prosesnya material dipanaskan hingga mendekati titik lebur dan tidak sampai mencair, contohnya adalah las gesek atau Friction Welding (Satyadianto 2015).

TEORI

A. Las Gesek

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses las.

B. Baja ST 42

Baja ST 42 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Baja ST 42 adalah berarti baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 41kg/mm² sampai 49kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (sy) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum. Baja pada batas kemampuan yield merupakan titik awal dimana sifatnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis, Perubahan sifat material baja tersebut pada kondisi tertentu sangat membahayakan fungsi konstruksi mesin. Kemungkinan terburuk konstruksi mesin akan mengalami kerusakan ringan sampai serius. Kepekaan retak yang rendah cocok terhadap proses las, dan dapat digunakan untuk pengelasan plat tipis maupun plat tebal. Kualitas daerah las hasil pengelasan lebih baik dari logam induk. Baja St 42 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam permesinan.

C. Prinsip Kerja Las Gesek

Pada tahun 1950, *AL Chudikov* seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. *Chudikov* berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya diputar tetapi ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi. Cara ini disebut las gesek (*Friction Welding*).

D. Kelebihan Las Gesek

Bila dibandingkan dengan proses penyambungan metode las fusi, ada beberapa keuntungan yang dimiliki dari proses las gesek.

Adapun kelebihan adalah sebagai berikut :

1. Tidak membutuhkan logam pengisi pada proses pengelasan.
2. Tidak ada fluks atau filler logam dan gas yang diperlukan dalam las gesek.
3. Kemungkinan terjadinya inklusi terak dan porositas dapat dihindarkan.
4. Cocok untuk jumlah produksi yang banyak.
5. Lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap atau gas.
6. Mengurangi tenaga kerja mesin, biaya pemeliharaan, meningkatkan kapasitas dan mengurangi biaya perkakas yang mudah rusak.
7. Memiliki kontrol yang akurat pada toleransi lasan.
8. Dapat menyambungkan dua material berbeda karakteristiknya.

Penggunaan Las Gesek (Friction Welding) Guna Penyambungan Dua Buah Logama Baja Karbon St 42 Pada Pengujian Tarik Dan Struktur Mikro Untuk Spring Pin Pada Mobil

METODE PENELITIAN

A. Persiapan Proses Pengelasan Gesek

Sebelum memulai pengujian, Menyiapkan material Baja ST 42 yang berdiameter 20 mm, dan memiliki panjang 220 mm, kemudian baja ST 42 dibagi menjadi dua bagian yang sama panjangnya dan pada permukaan ujung material harus rata karena mempengaruhi laju gesekan pada saat pengelasan gesek.



Gambar 1 *Material baja ST 42.*



Gambar 2 *Material Baja ST 42 yang sudah di potong.*



Gambar 3 *Proses meratakan permukaan pada baja ST 42.*

Sebelum melakukan pengujian untuk tahap selanjutnya yang akan dilakukan yaitu mempersiapkan mesin las gesek dan uji coba fungsi. Persiapan dan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Untuk selanjutnya melakukan uji coba mesin las gesek adalah sebagai berikut:

1. Tahap menentukan kecepatan spindel pada mesin las gesek.



Gambar 4 Mengukur Putran Spindel menggunakan Tacometer.

2. Tahap melihat kepresisian material pada cekam mesin las gesek.



Gambar 5 uji coba kepresisian mesin las gesek.

3. Tahap uji coba penekanan pada mesin las gesek.

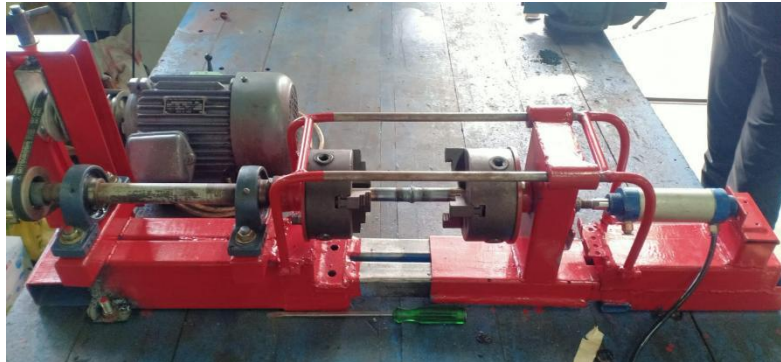


Gambar 6 Percobaan penekanan pada mesin las gesek.

Penggunaan Las Gesek (Friction Welding) Guna Penyambungan Dua Buah Logama Baja Karbon St 42 Pada Pengujian Tarik Dan Struktur Mikro Untuk Spring Pin Pada Mobil

B. Proses Pembuatan Spesimen dan pengujian

Proses pengelasan gesek dimulai dari baja ST 42 yang sudah di potong sesuai ukuran dipasang ke cekam pada mesin las gesek dengan menggunakan kunci T khusus untuk mengencangkan cekam sesudah itu langsung saja diberikan pemanasan awal selama 30 detik pada sisi ujung temu material Baja ST 42 yang sudah dicekam pada mesin las gesek setelah dilakukannya pemanasan awal, saklar pada mesin las gesek dinyalakan dan dilakukannya proses pengelasan selama 60 detik dengan penekanan 5 Bar, 6 Bar, dan 7 Bar. Berikut gambar hasil pengelasan gesek Baja ST 42:



Gambar 7 Proses pengelasan material baja ST 42.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data hasil pengujian tarik

Setelah dilakukan pengelasan maka diperoleh sampel dengan 3 variasi yang berbeda yaitu dengan penekanan (5 bar, 6 bar, 7 bar), dan masing-masing sampel dibuat 3 rangkap agar bisa menjadi perbandingan. Berikut adalah tabel hasil uji tarik.

Variasi Tekanan	Jumlah Spesimen	Area (mm ²)	Force Ultimate (kgf)	Elongation (mm)	Stress (MPa)	Strain (%)	Tensile Strength (kgf/ mm ²)
5 BAR	A	122,66	1721	4,60	137,6	9,20	14,03
	B	122,66	1934	4,24	154,7	8,48	15,76
	C	122,66	1586	5,04	126,9	10,08	12,93
	Rata-rata		1747	4,62	139,7	9,25	14,24
6 BAR	A	122,66	1970	3,75	157,6	7,50	16,06
	B	122,66	2238	3,23	178,9	6,46	18,24
	C	122,66	2151	3,36	172,0	6,72	17,53
	Rata-rata		2119,6	3,44	169,5	6,89	17,27
7 BAR	A	122,66	3355	6,25	268,3	12,51	27,35
	B	122,66	2376	3,93	190,0	7,86	19,37
	C	122,66	3664	4,96	293,0	9,93	29,87
	Rata-rata		3131,6	5,04	250,4	10,1	25,53

Gambar 8 Tabel hasil pengujian tarik.



Gambar 9 Grafik hubungan variasi terhadap nilai T.S (Tensile Strength).

1. Analisa dan pembahasan pengujian Tarik

Untuk menentukan kombinasi level faktor yang dapat menimbulkan kondisi optimal untuk nilai rata-rata hasil uji tarik baja ST 42 dari hasil pengelasan gesek dilakukan dengan menghitung rata-rata eksperimental awal untuk setiap level faktor. Dikarenakan karakteristik dan kualitas hasil uji tarik baja ST 42 pada pengelasan gesek adalah “*larger is better*”, maka level faktor yang memiliki nilai rata-rata yang lebih besar yang terpilih sebagai level optimal.

Berdasarkan pada *Gambar 4.2* Grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata data eksperimen awal yang mendekati nilai karakteristik *larger is better* untuk respon hasil uji tarik baja ST 42 pada pengelasan gesek adalah variable tekanan hidrolik 7 Bar.

Pada variable variasi tekanan didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik pada tekanan 7 Bar adalah sebesar 3131,6 kgf/mm², nilai rata-rata kekuatan tarik pada tekanan 6 Bar adalah sebesar 2119,6 kgf/mm² dan nilai rata-rata kekuatan tarik pada tekanan 5 Bar adalah sebesar 1747 kgf/mm²

Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada tekanan 7 Bar karena pada pengelasan dengan variasi tekan sebesar 6 Bar dan 5 Bar diperlukan waktu lebih lama agar besar tekanan tersebut tercapai. Tekanan gesek yang semakin besar akan menyebabkan semakin cepat proses pembangkitan panas, yang menyebabkan terjadinya perubahan ukuran butiran di daerah HAZ dan menyebabkan bertambah tebalnya suatu lapisan *intermetallic* yang bersifat getas pada batas sambungan, yang berakibat naiknya kekuatan tarik sambungan.

Dari grafik hubungan antara kekuatan tarik maksimum sambungan terhadap pengelasan gesek, menunjukkan bahwa dengan semakin lamanya waktu gesek, kekuatan tarik sambungan akan menguat sampai nilai maksimum dan kemudian kekuatan kembali menurun karena adanya peregangan Hal itu dapat dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Jack Carol Adolf Pah dkk (2018).

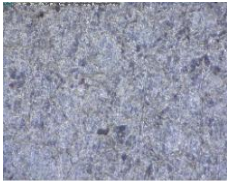
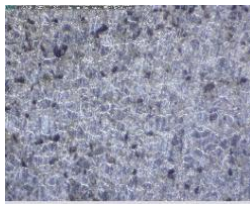
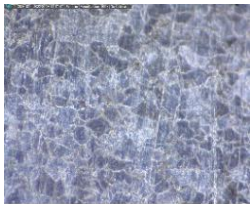
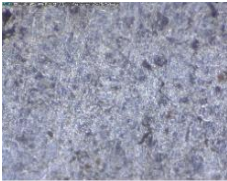
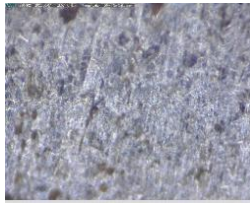
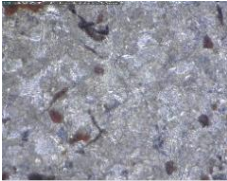
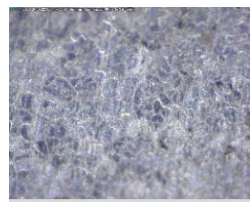
Tekanan gesek yang semakin tinggi dari 5 Bar, 6 Bar, dan 7 Bar, akan menghasilkan kekuatan uji tarik sambungan yang semakin besar, untuk waktu gesek selama 60 detik. Kekuatan tarik sambungan terkuat 3131,6 kgf/mm², pada penerapan waktu gesek yang sama, dan tekanan sebesar 7 Bar.

Dalam penelitian ini juga dimungkinkan masih dapat mencapai temperatur yang lebih tinggi lagi namun juga ada batasnya sehingga akan turun juga. Naiknya temperatur akan berpengaruh terhadap nilai upset. Semakin tinggi waktu gesek semakin tinggi temperatur juga semakin tinggi nilai upsetnya, Maka sama seperti apa yang dijelaskan di penelitian Budi Luwar Sanyoto dkk (2012)

Penggunaan Las Gesek (Friction Welding) Guna Penyambungan Dua Buah Logama Baja Karbon St 42 Pada Pengujian Tarik Dan Struktur Mikro Untuk Spring Pin Pada Mobil

B. Data hasil pengujian struktur mikro

Untuk pengamatan kali ini adalah uji struktur mikro yaitu di bagian Zona las, Zona Haz, dan Raw material pada spesimen 5 bar, 6 bar, dan 7 bar. Pengujian ini dilakukan karena untuk melihat fase apa yang terjadi setelah dilakukannya pengelasan. Dapat kita amati pada hasil perbesaran 965x. Maka dapat dilihat fase struktur *Perlite* dan *Ferit* yang terkandung dari hasil pengelasan gesek, pada foto mikro terlihat struktur yang berwarna hitam yaitu *Perlite* dan yang berwarna putih yaitu *ferit*. Berikut dibawah ini adalah Hasil pengamatan Struktur Mikro:

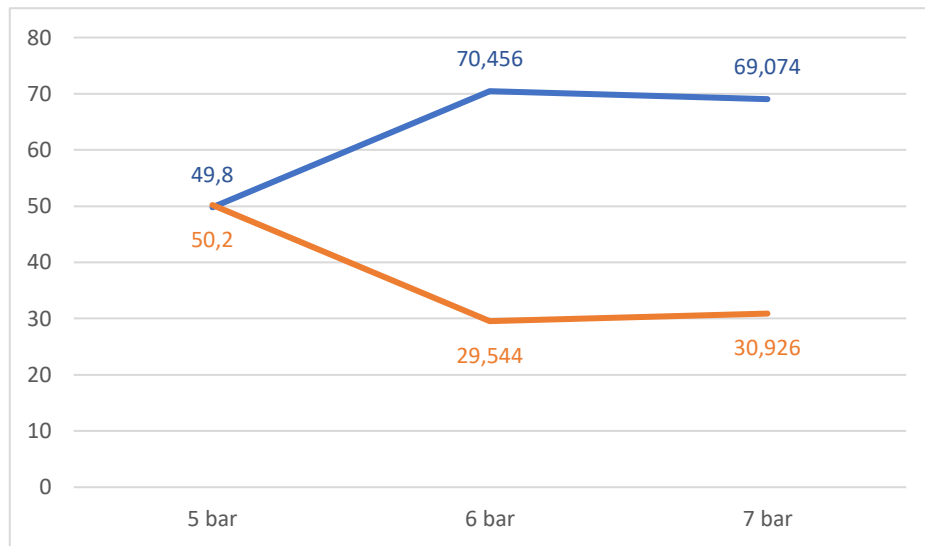
No	PENEKANAN	STRUKTUR MIKRO PERBESARAN 965x		
		Zona Las	Zona Haz	Zona RAW
1	5 BAR			
2	6 BAR			
3	7 BAR			

Gambar 10 Tabel hasil uji foto mikro.

Tabel rata – rata ferit dan perlit hasil pengamatan struktur mikro pada bagian Zona Las:

No	VARIASI TEKANAN	PERLIT (%)	FERIT (%)
1	5 BAR	49,800	50,200
2	6 BAR	70,456	29,544
3	7 BAR	69,074	30,926

Gambar 11 Tabel rata – rata perlit dan ferit hasil uji struktur mikro.

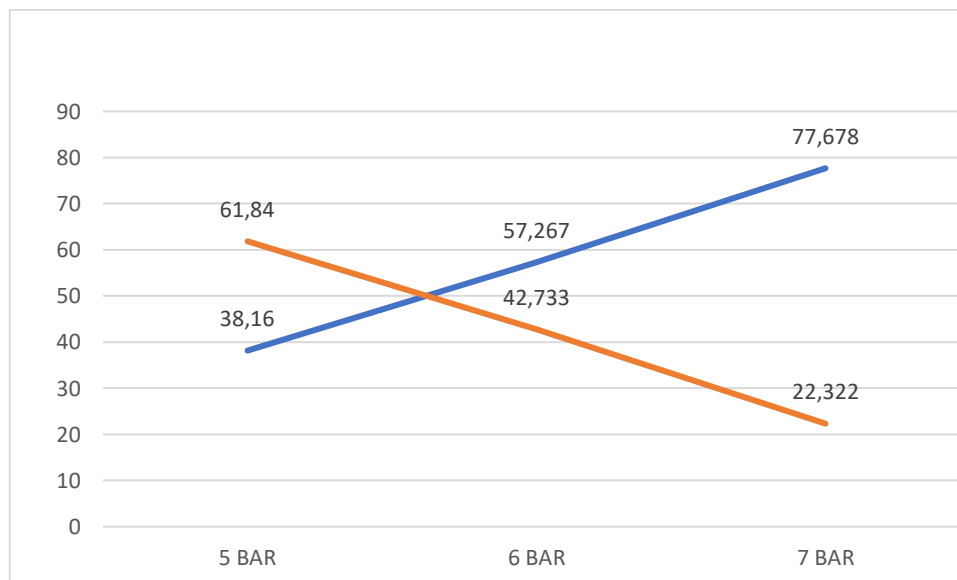


Gambar 12 Grafik Hubungan Variasi Tekanan Pada Zona Las Dengan Perlite dan Ferit.

Tabel rata – rata ferit dan perlit hasil pengamatan struktur mikro pada bagian Zona Haz:

No	VARIASI TEKANAN	PERLIT (%)	FERIT (%)
1	5 BAR	38,160	61,840
2	6 BAR	57,267	42,733
3	7 BAR	77,678	22,322

Gambar 13 Tabel rata – rata perlit dan ferit hasil uji struktur mikro.



Gambar 14 Grafik Hubungan Variasi Tekanan Pada Zona Haz Dengan Perlite dan Ferit.

2. Analisa dan pembahasan pengujian Struktur Mikro

Dari data Tabel 4.4 rata-rata pengujian struktur mikro pada daerah las diatas dijelaskan hasil struktur mikro perlite dan ferit dengan jumlah presentase kandungan struktur ferit lebih sedikit dibandingkan dengan presentase perlite yang lebih banyak sehingga kita dapat menganalisa bahwa pada daerah las variasi 6 Bar memiliki kualitas nilai kekerasan yang cukup baik. Sedangkan pada variasi 5 Bar memiliki nilai perlite yang lebih sedikit dibandingkan dengan nilai ferit sehingga memiliki kualitas nilai kekerasan yang kurang baik.

Penggunaan Las Gesek (Friction Welding) Guna Penyambungan Dua Buah Logama Baja Karbon St 42 Pada Pengujian Tarik Dan Struktur Mikro Untuk Spring Pin Pada Mobil

Dari data Tabel 4.5 rata-rata pengujian struktur mikro pada daerah Haz diatas dijelaskan hasil struktur mikro perlit dan ferit dengan jumlah presentase kandungan struktur ferit lebih sedikit dibandingkan dengan presentase perlit yang lebih banyak sehingga kita dapat menganalisa bahwa pada daerah las variasi 7 Bar memiliki kualitas nilai kekerasan yang cukup baik. Sedangkan pada variasi 5 Bar memiliki nilai perlit yang lebih sedikit dibandingkan dengan nilai ferit sehingga memiliki kualitas nilai kekerasan yang kurang baik.

Pada daerah batas sambungan, mengalami proses pemanasan dengan temperatur yang lebih tinggi, dan juga laju pendinginan yang lebih cepat, jika dibandingkan pada daerah HAZ dan base metal. Tingginya temperatur dari panas yang dibangkitkan, dan laju pendinginan yang terjadi, menyebabkan ukuran butiran pada daerah sekitar batas sambungan lebih kecil dan merata, jika dibandingkan dengan ukuran butiran pada daerah HAZ. Ukuran butiran pada base metal, lebih besar dari ukuran butiran di daerah HAZ. Perubahan ukuran butiran ini, menyebabkan perubahan pada sifat mekanis dari logam induk pada daerah HAZ dan daerah disekitar batas sambungan Hal itu dapat dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Jack Carol Adolf Pah dkk (2018).

Perubahan sifat mekanik sangat berpengaruh terhadap struktur mikro, begitu pula sebaliknya. Sifat mekanik juga dapat berubah jika dipengaruhi oleh 3 hal yaitu perubahan komposisi bahan, perlakuan panas yang terjadi, lalu bermacam proses fabrikasi yang terjadi pada material tersebut. Untuk setelah dilakukannya pengelasan gesek material mengalami perubahan struktur mikro dan distribusi kekerasan karena pada proses friction welding mengalami perlakuan panas akibat gesekan lalu pemberian tekanan tempa. Seperti yang dijelaskan oleh Nur Husodo dkk pada penelitiannya (2013)

Pada semua hasil foto struktur mikro dapat dilihat bertambahnya butiran perlit pada pengelasan gesek baja ST 42. Hal ini disebabkan akibat suhu pengelasan logam dapat merubah butiran perlit dan ferit. Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk melihat struktur kristal pada spesimen hasil friction welding. Pada pengujian ditemukan struktur yang terbentuk pada spesimen adalah fasa ferit dan perlit yaitu semakin sedikit jumlah presentase butiran perlit, semakin menurun pula kekuatan dari material tersebut. Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material kurang kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengaruh variasi tekanan hidrolis terhadap hasil pengelasan gesek baja ST 42 yang didapat adalah:

- a. Tingginya penekanan hidrolis yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan gesek baja ST 42 adalah spesimen penekanan 7 Bar.
- b. Spesimen yang paling berpengaruh tingkat keuletannya terhadap pengujian foto mikro pada area las hasil pengelasan gesek baja ST 42 adalah spesimen penekanan 6 Bar.
- c. Spesimen yang paling berpengaruh tingkat keuletannya terhadap pengujian foto mikro pada area Haz hasil pengelasan gesek baja ST 42 adalah spesimen penekanan 7 Bar.

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan hasil kekuatan tarik terbaik adalah pada tekanan 7 bar ditinjau dari grafik Grafik hubungan variasi terhadap nilai T.S (Tensile Strength), spesimen yang paling berpengaruh tingkat keuletannya terhadap pengujian foto mikro pada area las hasil pengelasan gesek baja ST 42 adalah spesimen penekanan 6 Bar, dan Spesimen yang paling berpengaruh tingkat keuletannya terhadap pengujian foto mikro pada area Haz hasil pengelasan gesek baja ST 42 adalah spesimen penekanan 7 Bar.

SARAN

Adanya pengembangan metode, variabel, dan alat setelah dilakukannya penelitian agar lebih memahami dan mendalami ilmu las gesek serta guna untuk meningkatkan pengetahuan serta riset dalam bentuk pendidikan maupun pekerjaan.

REFERENSI

- [1] Budiman, Haris. 2016. *Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell*. Jurnal J-Ensitec: Vol 03 No. 01.
- [2] Carol, J., Pah, A., Irawan, Y. S., Suprpto, W., Mesin, T., Teknik, F., Brawijaya, U., Mt, J., Malang, H., & Timur-indonesia, J. (2018). *Sambungan Paduan Aluminium Dan Baja Karbon Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive*. 9(1), 51–59.
- [3] Gunawan, Indra, dkk. TanpaTahun. *Pengaruh Waktu Penahanan Panas (Time Holding) pada Proses Tempering terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja Karbon Menengah*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [4] Haryanto, Poedji, Rifky Ismail, Jamari dan Sri Nugroho. 2012. *Pengaruh Gaya Tekan, Kecepatan Putar, Dan Waktu Kontak Pada Pengelasan Gesek Baja St60 Terhadap Kualitas Sambungan Las*.
- [5] Husodo, N., Sanyoto, B. L., Setyawati, S. B., & Mursid, M. (2013). Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(1), 43–52.
- [6] Kirono, Sasi dan Azhari Amri. TanpaTahun. *Pengaruh Tempering Pada Baja St 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis Dan StrukturMikro*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [7] Kurniawan, Ary Setya, Solichin& Rr. Poppy Puspitasari. 2014. *Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St.41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW*. Jurnal Teknik Mesin, No. 2.
- [8] Mizhar, Susri dan Ivan Hamonangan Pandiangan. 2014. *Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inchi*. Jurnal DinamisVol.II, No.14.
- [9] Motensen, Jensen, Conrad & Losee. 2001. *Mechanical Properties and Microstructures of Inertia Friction Welded 416 Stainless Steel*. Welding Research Supplement, November.
- [10] Nur Husoso1)*, B. L. (2013, April). *Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 Pada Produk Back Spring Pin*. Jurnal Energi Dan Manufaktur, 6, 43.
- [11] Pah, Jack Carol Adolf, dkk. 2018. *Pengaruh Waktu dan TekananGesek Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Paduan Aluminium dan Baja Karbon pada PengelasanGesekContinuous Drive*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [12] Saputra, Ahmad Adi. 2017. *Analisa Pengelasan Friction Welding Magnesium AZ31 Menggunakan Aplikasi Thermografi*. Bandar Lampung:Universitas Lampung.
- [13] Setyawan, P. E., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2014). Kekuatan Tarik Dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 Dengan Berbagai Suhu Aging. *Rekayasa Mesin*, 5(2), 141–148.
- [14] Sanyoto, B. L., Husodo, N., Bangun, S., & Mahirul, S. (2012). Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) Dalam Proses Penyambungan Dua Buah Pipa Logam Baja Karbon Rendah. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(Oktober), 51–60.
- [15] Vyasa, C., Zhangb, J., Huang, B., Robertsd, I., Setyb, M., Bartoloa, P., Allardyceb, B., Hagene, H., & Rajkhowab, R. (2020). *Ilmu & Teknik Material C. 118*(April).

Penggunaan Las Gesek (Friction Welding) Guna Penyambungan Dua Buah Logama Baja Karbon St 42 Pada Pengujian Tarik Dan Struktur Mikro Untuk Spring Pin Pada Mobil

[16] Yusra M. Nur, Rifelino, Jasman, Hendri Nurdin 2021. *Analisa Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Pada Baja ST 42*. Padang : Universitas Negeri Pada