

Pemanfaatan Kembali Limbah Trafo Yang Sudah Tidak Terpakai Menjadi Trafo Las

Andri Putra Hadiyatma¹⁾, Yusmartato²⁾, Armansyah³⁾, Ramayulis⁴⁾

¹⁾Alumni, ^{2,3,4)}Dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan
yusmartato@ft.uisu.ac.id; armansyah@ft.uisu.ac.id; ramayulis@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Las busur listrik umumnya disebut las listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut. Busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan type elektrodanya. Pada las busur, sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian dengan memisahkan penghantar timbullah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur dan suhu dapat mencapai 5500°C.

Kata Kunci : Trafo Las, Elektroda, Logam

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah banyak membantu umat manusia dalam memudahkan melakukan pekerjaan-pekerjaan yang dihadapi sehingga diperoleh efisiensi kerja yang tinggi. Adanya penemuan baru dibidang teknologi adalah salah satu bukti bahwa kebutuhan umat manusia selalu bertambah dari waktu ke waktu disamping untuk memenuhi kebutuhan manusia munculnya penemuan baru dilatar belakang oleh penggunaan tenaga manusia yang terbatas.

Las adalah sebuah teknik penyambungan besi dengan cara dibakar. Sedangkan mesin las listrik adalah mesin yang digunakan untuk menyambung besi yang sumber dayanya didapat dari tenaga listrik. Pada awalnya, teknik pengelasan bukan dengan listrik melainkan dengan gas. Teknik pengelasan ini disebut dengan teknik pengelasan karbit yaitu dengan menggunakan gas acetylena yang dibakar.

Nama lain dari teknik las listrik dengan menggunakan mesin las listrik ini adalah teknik las busur listrik. Karena teknik las listrik dari mesin las listrik ini adalah dengan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung.

Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah, dapat diketahui bahwa teknik penyambungan logam telah diketahuu sejak jaman prasejarah, misalnya pembrasingan logam paduan emas tembaga dan pematrian paduan timbal-timah. Menurut keterangan yang didapat, telah diketahui

dan dipraktekkan dalam rentang waktu antara tahun 3000 sampai 4000 SM.

Alat-alat mesin las listrik dipakai secara luas setelah alat tersebut digunakan dalam praktek oleh Benardes pada tahun 1985. Dalam penggunaan yang pertama ini, benardes memakai elektroda yang dibuat dari batang karbon atau grafit. Karena panas yang timbul, maka logam pengisi yang terbuat dari logam yang sama dengan logam induk mencair dan mengisi tempat sambungan. Dan pada tahun 1989, Zerner mengembangkan cara pengelasan menggunakan mesin las listrik yang dihasilkan oleh dua batang karbon. Sedangkan Slavianoff adalah orang pertama yang menggunakan kawat logam elektroda yang turut mencair karena panas yang ditimbulkan oleh busur listrik sekitar tahun 1892. Dan kemudian Kjellberg menemukan bahwa kualitas sambungan las menjadi lebih baik apabila kawat elektroda logam yang digunakan dibungkus dengan terak. Terak adalah ampas leburan logam yang berupa timah, besi, baja dan sebagainya yang mengandung logam.

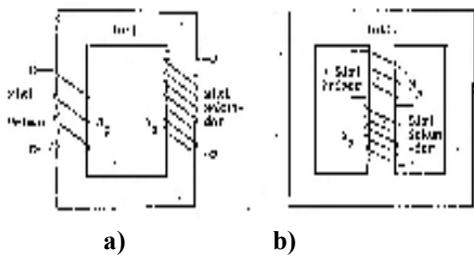
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik dari rangkaian ke rangkaian lainnya tanpa merubah frekuensinya. Transformator juga digunakan secara luas pada rangkaian elektronika dan control yang berdaya rendah. Transformator yang digunakan pada bidang tenaga listrik adalah

untuk menaikkan dan menurunkan tegangan listrik pada pengiriman daya listrik sedangkan penggunaan transformator pada bidang elektronika adalah sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, dapat mengisolasi atau memisahkan suatu rangkaian dari rangkaian lainnya dan menghambat arus searah serta dapat mempertahankan kontinuitas arus bolak-balik antara dua rangkaian.

Salah satu kumparan dihubungkan pada sumber energi listrik. Kumparan ini dinamakan kumparan primer, yang memiliki sejumlah N_p belitan. Kumparan kedua, yang mempunyai sejumlah N_s belitan, dihubungkan pada beban listrik, dan dinamakan kumparan sekunder. Bilamana terdapat kumparan ketiga, maka dinamakan kumparan tersier.

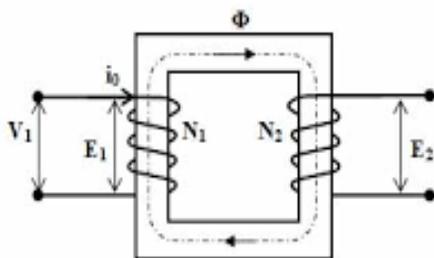


Gambar 1. Bentuk Kontruksi Transformator
 a) Tipe Inti
 b) Tipe Cangkang

Pada tipe inti konstruksinya terdiri atas dua kaki, dengan sebuah kumparan yang dibelitkan pada masing-masing kaki. Pada tipe cangkang terdapat tiga kaki dengan kedua kumparan digulung pada kaki yang tengah-tengah.

2.2. Prinsip Kerja Transformator

2.2.1. Tranformator Keadaan Tanpa Beban



Gambar 2. Tranformator Tanpa Beban

Keterangan Gambar :

- V_1 = Sumber Tegangan
- E_1 = Tegangan Induksi Pada Belitan Primer
- E_2 = Tegangan Induksi Pada Belitan Sekunder
- I_0 = Arus Primer
- N_1 = Belitan Kumparan Primer
- N_2 = Belitan Kumparan Sekunder
- Φ = Fluks Medan Magnetik

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal, akan mengalir arus primer I_0 yang juga sinusoidal dan akan menggangap belitan N_1 reaktif murni, I_0 akan tertinggal 90° . Arus primer I_0 menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoidal.

$$(\Phi) = \Phi_{sin} \sin \omega t$$

Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday)

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d(\Phi_{Maks} \sin \omega t)}{dt} = -N_1 \omega \Phi_{Maks} \cos \omega t$$

(tertinggal 90° dari Φ)

Harga efektif

$$E_1 = \frac{N_1 2\pi \int \Phi_{Maks}}{\sqrt{2}} = 4,4 N_1 \int \Phi_{Maks}$$

Pada rangkaian Sekunder, Fluks (Φ) tadi menimbulkan

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \omega \Phi_{Maks} \cos \omega t$$

$$E_2 = 4.44 N_2 \int \Phi_{Maks}$$

Sehingga :

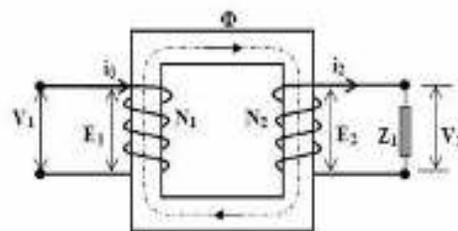
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dengan mengabaikan rugi rugi tahanan dan adanya fluks bocor.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

a = Perbandingan Transformator

2.2.2. Transformator Keadaan Berbeban



Gambar 3. Transformator dalam Keadaan Berbeban.

Keterangan gambar :

- V_1 = Sumber Tegangan
- E_1 = Tegangan Induksi Pada Belitan Primer
- E_2 = Tegangan Induksi Pada Belitan Sekunder
- i_0 = Arus Primer

i_2 = Arus Sekunder

N_1 = Belitan Kumbaran Primer

N_2 = Belitan Kumbaran Sekunder

Φ = Fluks Medan Magnetik

Z = Impendansi Beban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban I_1 , I_2 mengalir pada kumparan sekunder. Faktor kerja Beban. Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) yang cenderung menentang fluks bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan. Agar fluks itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2 yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , sehingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer

2.3. Jenis Jenis Transformator

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator di kelompokkan menjadi :

2.3.1. Transformator Step Up

Transformator step-up adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.

2.3.2. Transformator Step Down

Transformator step-down memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor ACDC.

2.3.3. Transformator Auto Transformer

Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam transformator ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Fasa arus dalam lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer, sehingga untuk tarif daya yang sama lilitan sekunder bisa dibuat dengan kawat yang lebih tipis dibandingkan transformator biasa. Keuntungan dari autotransformator adalah ukuran fisiknya yang kecil dan kerugian yang lebih rendah daripada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara lilitan primer dengan lilitan sekunder. Selain itu, autotransformator tidak dapat digunakan sebagai penaik tegangan lebih dari beberapa kali lipat (biasanya tidak lebih dari 1,5 kali).

2.3.4. Transformator Isolasi

Transformator isolasi memiliki lilitan sekunder yang berjumlah sama dengan lilitan

primer, sehingga tegangan sekunder sama dengan tegangan primer. Tetapi pada beberapa desain, gulungan sekunder dibuat sedikit lebih banyak untuk mengkompensasi kerugian. Transformator seperti ini berfungsi sebagai isolasi antara dua kalang. Untuk penerapan audio, transformator jenis ini telah banyak digantikan oleh kopling kapasitor.

2.3.5. Transformator Pulsa

Transformator pulsa adalah transformator yang didesain khusus untuk memberikan keluaran gelombang pulsa. Transformator jenis ini menggunakan material inti yang cepat jenuh sehingga setelah arus primer mencapai titik tertentu, fluks magnet berhenti berubah. Karena GGL induksi pada lilitan sekunder hanya terbentuk jika terjadi perubahan fluks magnet, transformator hanya memberikan keluaran saat inti tidak jenuh, yaitu saat arus pada lilitan primer berbalik arah.

2.3.6. Transformator Tiga Fase

Trafo jenis biasa pada elektronika dihubungkan secara bersamaan untuk bekerja dengan arus primer dan sekundernya, biasanya lambang pada arus primer adalah (Y) dan arus pada sekundernya (Δ).

2.4. Komponen Transformator

Komponen transformator terdiri dari dua bagian, yaitu peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama transformator terdiri dari:

2.4.1. Kumbaran Trafo

Kumbaran trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat tembaga yang dilapisi dengan bahan isolasi (karton, pertinax, dll) untuk mengisolasi baik terhadap inti besi maupun kumbaran lain. Untuk trafo dengan daya besar lilitan dimasukkan dalam minyak trafo sebagai media pendingin. Banyaknya lilitan akan menentukan besar tegangan dan arus yang ada pada sisi sekunder. Kadang kala transformator memiliki kumbaran tertier. Kumbaran tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumbaran tertier selalu dihubungkan delta. Kumbaran tertier sering juga untuk dipergunakan penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchronon, kapasitor shunt dan reactor shunt.

2.4.2. Inti Besi

Dibuat dari lempengan-lempengan feromagnetik tipis yang berguna untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumbaran. Inti besi ini juga diberi isolasi untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus eddy "Eddy Current".

2.4.3. Minyak Trafo

Berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Minyak trafo mempunyai sifat media pemindah panas (disirkulasi) dan mempunyai daya tegangan tembus tinggi. Pada power transformator, terutama yang berkapasitas besar, kumparan-kumparan dan inti besi transformator direndam dalam minyak-trafo. Syarat suatu cairan bisa dijadikan sebagai minyak trafo adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan isolasi harus tinggi (>10kV/mm).
2. Berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel inert di dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
3. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik.
4. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan.
5. Tidak merusak bahan isolasi padat.
6. Sifat kimia yang stabil.

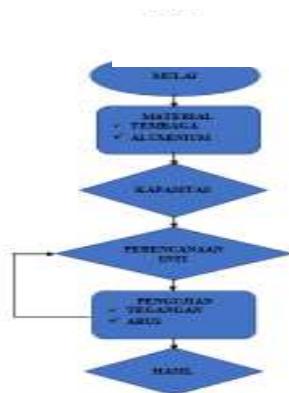
2.4.4. Bushing

Sebuah konduktor (porselin) yang menghubungkan kumparan transformator dengan jaringan luar. Bushing diselubungi dengan suatu isolator dan berfungsi sebagai konduktor tersebut dengan tangki transformator. Selain itu juga bushing juga berfungsi sebagai pengaman hubung singkat antara kawat yang bertegangan dengan tangki trafo.

2.4.5. Tangki dan Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo ditempatkan di dalam tangki baja. Tangki trafo-trafo distribusi umumnya dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin (cooling fin) yang berfungsi memperluas permukaan dinding tangki, sehingga penyaluran panas minyak pada saat konveksi menjadi semakin baik dan efektif untuk menampung pemuaiannya minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

III. PEMBAHASAN



Gambar 4. Flowchart 3.1 Persiapan Pembuatan Alat

Dalam persiapan pembuatan alat digunakan metodologi percobaan yang akan menggambarkan bagaimana langkah atau strategi percobaan dalam menjawab perumusan masalah pembuatan alat, yang merupakan hasil dari perumusan masalah tersebut akan diuraikan dalam hasil percobaan dan pembahasan.

3.2 Tempat Membuat Alat

Tempat pembuatan alat dilakukan di bengkel dinamo Micro, jalan senangin kota Pematangsiantar Provinsi Sumatera Utara.

Disini penelitian berkaitan dengan waktu dan tempat dari jalannya penelitian untuk pengambilan data saat penelitian. Waktu dan tempat penelitian dilakukan pada tanggal 28 Desember 2018 sampai dengan tanggal 2 Februari 2019.

3.3 Alat dan Bahan Untuk Pembuatan Alat

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian. Alat dan bahan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

3.3.1 Alat Untuk Pembuatan Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan alat adalah sebagai berikut.

- 1) Tang jepit
- 2) Palu
- 3) Grenda
- 4) Crammer
- 5) Obeng
- 6) Bais

3.3.2 Alat Untuk Pengukuran Trafo Las



Gambar 5. Digital Clamp Meter Series VC3266

Alat ini digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada trafo las tersebut.

3.3.3 Bahan Untuk Pembuatan Alat

- 1) Voltmeter, berfungsi untuk mengukur tegangan yang masuk pada trafo las tersebut.
- 2) Lilitan coil tembaga, sebagai lilitan untuk sisi primer pada trafo las.
- 3) Lilitan coil aluminium, sebagai lilitan untuk sisi sekunder pada trafo las.
- 4) Kertas semen, sebagai pembalut atau pembungkus coil aluminium.



Gambar 6. Limbah trafo yang sudah tidak terpakai



Gambar 11. Trafo yang sudah jadi



Gambar 7. Limbah trafo bagian sisi sekunder



Gambar 8. Sisi primer yang sudah digulung



Gambar 9. Pemotongan kertas semen untuk isolasi kawat aluminium



Gambar 10. Pembuatan settingan api (besar- kecil)

3.4 Cara Kerja Alat

Sumber tenaga mesin dapat diperoleh dari motor bensin atau diesel atau pun juga dari gardu induk. Tenaga listrik tegangan tinggi dialihkan kebengkel melalui transformator. Antara jaringan dengan mesin las di bengkel, diperlukan saklar pemutus.

Tegangan yang diperlukan oleh mesin las:

- 110 Volt
- 220 Volt
- 380 Volt

Cara kerja mesin las listrik ini adalah dengan mengalirkan listrik yang tertumpu pada busur listrik sehingga menimbulkan energi panas yang cukup tinggi, sehingga akan mudah mencairkan logam yang disentuhnya. Untuk menjalankan mesin las listrik ini adalah dengan menempelkan atau menjepit elektroda dengan clamp yang beraliran listrik plus, dan menempelkan atau menjepit logam yang akan di las dengan clamp yang beraliran plus. Jika kedua clamp ini tidak dipasangkan sesuai dengan posisinya, maka mesin las listrik tidak akan dapat digunakan.

3.5 Data Hasil Percobaan

Data hasil penelitian diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan digital clamp meter series VC3266. Data hasil penelitian dengan menggunakan alat ukur digital clamp meter dapat dilihat pada tabel 3.1.

Data trafo las :

$$V_1 = 220 \text{ V}$$

$$N_1 = 155$$

$$N_2 = 37$$

Tabel 1. Hasil Pengukuran Pada Saat Dipakai Untuk Pengelasan

Tanpa beban

No.	V ₁	V ₂	I ₁	I ₂
1	210 V	54 V	5,1 A	15 A

Keterangan : V_1 = tegangan primer V_2 = tegangan sekunder I_1 = arus primer I_2 = arus sekunder

Dengan beban

No.	V_1	V_2	I_1	I_2
1	210 V	20 V	∞	∞

Keterangan : V_1 = tegangan primer V_2 = tegangan sekunder I_1 = arus primer I_2 = arus sekunder**IV. HASIL ANALISA****4.1. Penyajian Data Percobaan**

Data-data yang telah diuji, maka hasil dari analisisnya hasil pengukuran dan perhitungan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan secara teori.

4.2 Hasil Analisa Perhitungan

Sesuai hasil data – data yang diperoleh dari pengukuran yang tertera, dapat dianalisa sebagai berikut.

Tanpa beban

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{V_2}{V_1} \times N_1 \text{ (} N_1 \text{ dari data)} \\ &= \frac{54}{210} \times 37 \\ &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{V_2}{V_1} \times N_1 \text{ (} N_1 \text{ dari data)} \\ &= \frac{54}{210} \times 155 \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{V_2}{V_1} \times N_1 \text{ (} N_1 \text{ dari perhitungan)} \\ &= \frac{54}{210} \times 10 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Dengan beban

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{N_2}{N_1} \times V_1 \\ &= \frac{40}{155} \times 210 \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari Analisa perhitungan yang diperoleh dengan cara menggunakan rumus – rumus yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Rugi – rugi dayanya besar, dikarenakan kurang rapatnya bagian inti dari trafo (kerand) yang menyebabkan dengungan pada trafo las tersebut. Kondisi seperti ini sangat berpengaruh kepada hasil pengelasan dan memakan biaya untuk penggunaan melalui listrik yang disediakan oleh PLN.
- 2) Penggunaan elektroda harus memiliki standarnya sendiri untuk digunakan ke setiap jenis pengelasan. Elektroda yang lembab, akan mempengaruhi hasil dari pengelasan.

5.2 Saran

- 1) Dalam pembuatan alat ini seharusnya tempat dan lokasinya harus senyaman mungkin, agar tidak adanya gangguan pada saat pembuatan alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. <https://docplayer.info/52490088-Bab-iii-definisi-dan-prinsip-kerja-trafo-arus-ct.html>
- [2]. https://www.academia.edu/327110687/T_7_PAPER_PEMELIHARAAN_TRAFO_ARUS
- [3]. https://id.wikipedia.org/wiki/Las_listrik#Elektroda_Untuk_Besi_Tuang
- [4]. Sujana Sapiie dan Nishino Osamu, 1994, *Pengukuran Dan Alat-alat Ukur Listrik*. Jakarta, PT Pradnya Paramita.
- [5]. Sumanto, 1996, *Teori Transformator*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- [6]. Cary, Howard B.; Helzer, Scott C. (2005), *Modern Welding Technology*, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, ISBN 0-13-113029-3
- [7]. Kalpakjian, Serope; Schmid, Steven R. (2001), *Manufacturing Engineering and Technology*, Prentice-Hall, ISBN 0-201-36131-0
- [8]. *Lincoln Electric (1994), The Procedure Handbook of Arc Welding*, Cleveland, Ohio: Lincoln Electric, ISBN 99949-25-82-2
- [9]. Weman, Klas (2003), *Welding processes handbook*, New York: CRC Press, ISBN 0-8493-1773-8
- [10]. *ASM International (society) (2003). Trends in Welding Research*. Materials Park, Ohio: ASM International. ISBN 0-87170-780-2

- [11]. Blunt, Jane and Nigel C. Balchin (2002). Health and Safety in Welding and Allied Processes. [Cambridge](#): Woodhead. [ISBN 1-85573-538-5](#).
- [12]. Hicks, John, 1999, *Welded Joint Design*. [New York](#): Industrial Press. [ISBN 0-8311-3130-6](#)