

PENGARUH FLUX DAN GAS PELINDUNG TERHADAP DIFUSI HIDROGEN PADA PENGELASAN BAJA KONSTRUKSI

EFFECT OF FLUX AND SHIELDING GAS TO DIFFUSIBLE OF HYDROGEN IN CONSTRUCTION STEEL

Tarmizi¹

¹Balai Besar Logam dan Mesin Bandung

Email: tarmizi@kemenperin.go.id

Diajukan: 17/5/2013, Direvisi: 30/7/2013, Disetujui: 23/8/2013

ABSTRACT

The amount of diffusible hydrogen in weld metal is a very important factor in determining the susceptibility of The weld to cold cracking. The diffusible hydrogen content depends on a number of factors such as type of welding process, welding consumables used, condition of groove, welding conditions, atmospheric conditions etc. In this experiment, how the type of coating in manual metal arc (MMA) electrodes affect the diffusible hydrogen content of the weld metal and compare it with the diffusible hydrogen content of CO₂ welds. In this study, specimens 1, 2 and 3 performed with SMAW welding process, for specimen 1 using ilmenite electrodes are heated 100 °C for 1 hour, specimens 2 using low hydrogen electrodes without any preheating, and specimens 3 using low hydrogen electrodes heated at a temperature 350 °C for 1 hour. Whereas in specimens 4 using GMAW welding process using CO₂ shielding gas. Lowest hydrogen content in the SMAW process with a hydrogen content of 1.4 ml/100 g ie at low hydrogen welding wire which had preheating (specimen 3) but its low hydrogen content in the GMAW process using CO₂ shielding gas with a hydrogen content of 0, 60 ml/100 g. With a low hydrogen content is the possibility of cracking in weld metal is very small.

Keywords : Diffusible of Hydrogen in the weld metal, Cold Crack, shielding gas, low hydrogen.

ABSTRAK

Kandungan hidrogen terdifusi di dalam logam las adalah faktor yang sangat penting terhadap kerentanan retak dingin. Kandungan difusi hidrogen tergantung pada beberapa faktor seperti jenis proses pengelasan, jenis logam pengisi yang digunakan, kondisi kampuh logam induk, kondisi pengelasan, kondisi atmosfer sekitarnya dan sebagainya. Pada penelitian ini, spesimen 1, 2 dan 3 dilakukan dengan proses las SMAW, untuk spesimen 1 menggunakan elektroda ilmenit yang dipanaskan 100C selama 1 jam, spesimen 2 menggunakan elektroda low hidrogen tanpa dilakukan pemanasan awal, dan spesimen 3 menggunakan elektroda low hidrogen yang dipanaskan pada temperatur 350C selama 1 jam. Sedangkan pada spesimen 4 menggunakan proses las GMAW dengan menggunakan gas pelindung CO₂. Kandungan hidrogen terendah pada proses SMAW dengan kandungan hidrogen sebesar 1,4 ml/100 g yaitu pada kawat las hidrogen rendah yang mengalami pemanasan awal (spesimen 3) tetapi kandungan hidrogen terendah yaitu pada proses GMAW yang menggunakan gas pelindung CO₂ dengan kandungan hidrogen sebesar 0,60 ml/100 g. Dengan kandungan hidrogen yang rendah tersebut maka kemungkinan terjadinya retak pada logam las sangat kecil.

Kata kunci : Difusi Hidrogen pada logam las, Retak Dingin, gas pelindung, hidrogen rendah.

PENDAHULUAN

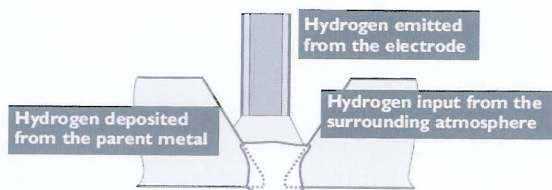
Fluk digunakan dalam proses pengelasan untuk meningkatkan stabilitas busur, menghasilkan terak yang akan melindungi logam las dan juga mengontrol laju pendinginan logam las, sebagai penambah unsur paduan pada logam las dan juga mengontrol bentuk logam las (weld bead) sehingga lebih baik. Bahan yang berbeda pada fluk akan menghasilkan karakteristik pyrometalurgi dan sifat logam yang berbeda pula pada logam lasnya.

Terak yang terbentuk selama proses pengelasan akan melindungi logam las dan melindungi kontaminasi dengan atmosfer luar. Terak yang terbentuk dari komponen fluk yang terbakar yang membentuk gas dan terak yang akan melindungi logam cair sehingga logam las akan terhindari dari kontaminasi dengan udara luar yang akan menyebabkan cacat las.

Temperatur efektif reaksi antara logam dan terak sekitar 1900 °C, temperatur tersebut diantara temperatur *hot spot* pada busur sekitar temperatur 2300 °C dan

temperatur cair baja sekitar 1500 °C. Dengan demikian selama terjadinya droplet pada ujung elektroda pada temperatur tersebut reaksi oksigen dengan unsur-unsur logam membentuk oksida yang akan didistribusikan keseluruh droplet dan produk ini akan menghasilkan terak yang akan keluar dari logam cair ke permukaan logam las dalam bentuk terak, reaksi terak dengan logam cenderung menuju kondisi kesetimbangan. Perkiraan waktu terak cair dan logam cair terbentuk kira-kira 3 sampai 8 detik, selama proses tersebut fasa gas pada busur kontak dengan logam diperkirakan 0,5 sampai 1 detik.

Pada pengelasan SMAW dengan elektroda terbungkus ada beberapa sumber untuk terjadinya difusi hidrogen pada logam las, yaitu berasal dari kelembaban elektroda, spesimen benda kerja dan kondisi atmosfer sekitarnya, seperti pada Gambar 1.



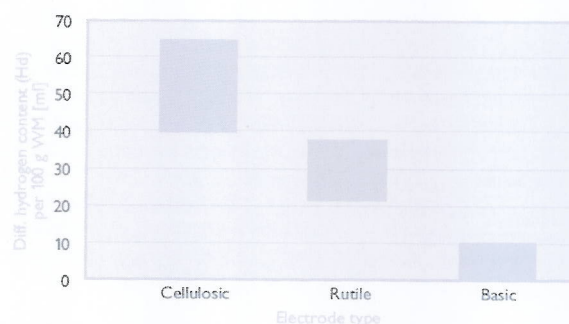
Gambar 1. Sumber Utama terjadinya Difusi Hidrogen

Sumber pertama kelembaban terutama pada lapisan permukaan benda kerja hal ini dapat dihindari dengan melakukan pemanasan awal pada benda kerja sebelum dilakukan proses pengelasan sedangkan pada material itu sendiri yang telah mengandung hidrogen pada logam induknya dan hidrogen ini lebih dikenal dengan non difusi karena sudah ada pada logam induk dan kandungannya sangat rendah dan sudah dipertimbangkan pada saat proses manufaktur baja tersebut.

Sumber kedua kelembaban yang berasal dari kondisi atmosfer sekitarnya pada saat pengelasan. Faktor ini tidak dapat diperkirakan masuknya hidrogen pada logam las akibat dari kelembaban udara selama pengelasan busur berlangsung. Intensitas energi busur (arc) dapat menyebabkan kelembaban di udara sekitarnya, yang pada batas tertentu dipisahkan atau terionisasi di dalam busur

menjadi atom hidrogen yang akan berdifusi didalam logam las dan selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya cacat atau retak.

Sumber ketiga kelembaban berasal dari elektroda itu sendiri, untuk pengelasan baja non paduan, berbagai jenis elektroda dapat digunakan. Setiap jenis elektroda memiliki karakteristik pemakaian spesifik yang berbeda dengan memperhatikan kandungan hidrogennya. Gambar 2 menunjukkan kandungan hidrogen pada logam las tergantung dengan jenis fluk yang digunakan untuk kawat las diameter 4 mm.



Gambar 2. Hubungan Kandungan Difusi Hidrogen dengan Jenis Fluk elektroda.

Elektroda selulosa menunjukkan kandungan hidrogen yang tinggi karena tingginya kandungan kelompok hidroksil yang terkandung didalam fluk dan tingginya kelembaban fluk yang ditetapkan, elektroda rutil kandungan hidrogennya lebih rendah karena kandungan air didalam elektroda diatur dalam rangka mencapai karakteristik tertentu dari elektroda, sedangkan jenis elektroda basic salah satu tujuan utamanya adalah mencapai kandungan hidrogen serendah mungkin di dalam logam las untuk menghindari terjadinya retak dan meningkatkan kekuatan pada baja.

METODE

Dalam penelitian ini dilakukan serangkaian percobaan pengelasan dengan menggunakan proses las SMAW dan GMAW dengan beberapa parameter seperti pada Tabel 1, yang mana temperatur pemanasan dan waktu pemanasan disesuaikan dengan jenis dan tipe elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan, sedangkan spesimen uji dengan dimensi

panjang 130 mm, lebar 25 mm dan tebal 12 mm serta setiap spesimen uji dilakukan penimbangan untuk mengukur berat awal setiap spesimen sebelum dilakukan proses pengelasan. Spesimen uji yang digunakan material baja konstruksi SS 400 dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2. Parameter pengelasan yang digunakan seperti pada Tabel 3 sesuai dengan proses dan diameter elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan serta disesuaikan dengan kondisi pemakaian dilapangan sehingga dapat diaplikasikan langsung dilapangan. Skema penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. Kondisi dan Proses Pengelasan

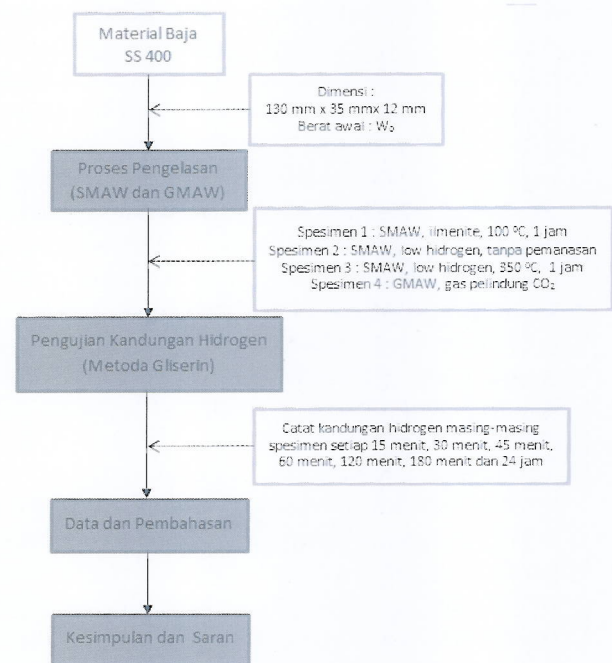
Uraian	Proses	Parameter
Spesimen nomor 1	SMAW	Elektroda Ilmenit dipanaskan 100°C, selama 1 jam
Spesimen nomor 2		Elektroda low hydrogen, tanpa pemanasan awal
Spesimen nomor 3		Elektroda low hydrogen, dipanaskan 350°C, selama 1 jam
Spesimen nomor 4	GMAW	Gas pelindung CO ₂

Tabel 2. Spesifikasi Baja Konstruksi

Classifications		Mechanical Properties						
		Yield Point N/mm ² (min.)		Tensile Strength N/mm ²	Yield Ratio % (max.)	Elongation % (min.)		
						Thickness		
		1 x 16	16 x 1 x 40		Thickness	1 x 12	1 x 5	5 x 1 x 16
TIS 1227	SM400	245	235	400 - 510	-	23	18	22
	SM490	325	315	490 - 610	-	22	17	21
	SM520	365	355	520 - 640	-	19	15	19
	SS400	245	235	400 - 510	-	21	17	21
	SS490	285	275	490 - 610	-	19	15	19
	SS540	400	390	540 min	-	16	13	17
JIS G3101	SS400	245	235	400 - 510	-	21	17	21
	SS490	285	275	490 - 610	-	19	15	19
	SS540	400	390	540 min	-	16	13	17
JIS G3106	SM400A	245	235	400 - 510	-	23	18	22
	SM400B	245	235	400 - 510	-	23	18	22
	SM490A	325	315	490 - 610	-	22	17	21
	SM490B	325	315	490 - 610	-	22	17	21
	SM490YA	365	355	490 - 610	-	19	15	19
	SM490YB	365	355	490 - 610	-	19	15	19
JIS G3136	SN400A	235	235	400 - 510	-	17	17	21

Tabel 3. Parameter Proses Pengelasan

Uraian	Proses	Parameter
Spesimen nomor 1	SMAW	Diameter elektroda 3,2 mm, arus 120 A, Voltase 24 V, pengelasan manual
Spesimen nomor 2		
Spesimen nomor 3		
Spesimen nomor 4	GMAW	Diameter elektroda 1,2 mm, Arus 200 A, Voltase 20 V, Gas pelindung CO ₂ : 20 l/menit, pengelasan manual



Gambar 3. Skema penelitian



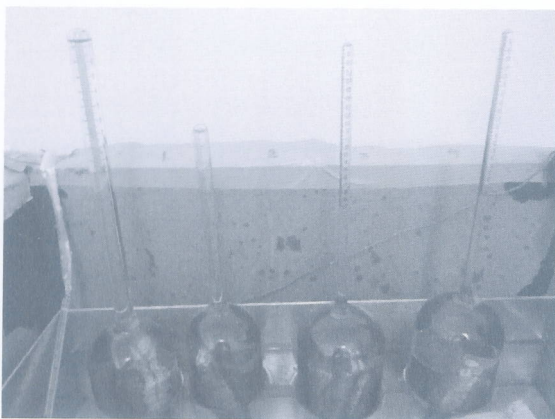
Gambar 4. Spesimen Uji Hasil Pengelasan

Prosedur Pengujian

Setelah pengelasan selesai dilakukan pendinginan logam las dengan media air dan terak yang masih menempel pada logam las dibersihkan dengan sikat kawat,

Gambar 4 spesimen uji hasil pengelasan. Kemudian spesimen hasil pengelasan dikeringkan dengan kain bersih, kemudian spesimen hasil lasan dimasukkan ke dalam gliserin gas collector yang kondisi temperaturnya 40 °C. Waktu yang diperlukan sejak proses pengelasan selesai sampai spesimen lasan dimasukkan ke dalam gliserin gas collector tidak lebih dari 60 detik seperti pada Gambar 5.

Selanjutnya dilakukan pencatatan perubahan volume gas hidrogen pada gliserin gas collector setiap 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 120 menit dan 180 menit, kemudian dicatat juga untuk waktu setelah 24 jam. Setelah dilakukan pengujian sampel uji dilakukan penimbangan kembali untuk mengetahui berat akhir spesimen setelah proses pengelasan.



Gambar 5. Kondisi Pengujian Kandungan Hidrogen

Tabel 4. Berat Spesimen sebelum dan Sesudah Pengelasan

Berat	Spesimen			
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
Wo, gram	301.39	303.2	301.9	245.8
Wi, gram	319.7	320.5	316.0	260.2

Tabel 5. Hasil Uji Kandungan Difusi Hidrogen

waktu	Kandungan Hidrogen, ml			
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
15 min	0.30	0.10	0.01	0.005
30 min	0.70	0.20	0.04	0.03
45 min	0.80	0.25	0.05	0.04
60 min	1.00	0.35	0.06	0.05
120 min	1.25	0.50	0.11	0.06
180 min	1.40	0.575	0.14	0.075
24 jam	2.00	0.95	0.23	0.10

Setelah didapatkan hasil uji seperti pada Tabel 5, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$[H] = \frac{273 \times \text{jumlah H}}{(273 + 45) \times (W_1 - W_0)} \times 100$$

[cc/100g]

Dimana :

[H] = kandungan hidrogen, ml/100g

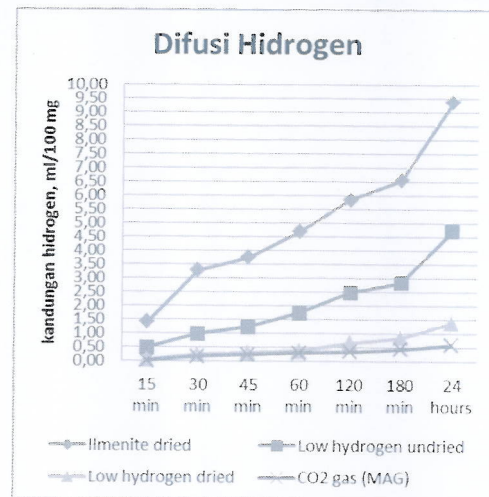
W₀ = berat awal spesimen, g

W₁ = berat akhir spesimen, g

Dari perhitungan persamaan di atas dengan data hasil uji dari Tabel 5 maka didapatkan hasil kandungan hidrogen seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Kandungan Difusi Hidrogen

waktu	Kandungan Hidrogen, ml/100 gr			
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
15 min	1.41	0.50	0.06	0.03
30 min	3.28	0.99	0.24	0.18
45 min	3.75	1.24	0.30	0.24
60 min	4.69	1.74	0.37	0.30
120 min	5.86	2.48	0.67	0.36
180 min	6.56	2.85	0.85	0.45
24 jam	9.38	4.71	1.40	0.60



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Kandungan Hidrogen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan kandungan hidrogen pada logam

las sangat tergantung pada beberapa parameter yang digunakan dalam proses pengelasan diantaranya jenis proses las, jenis fluk yang digunakan atau gas pelindung yang digunakan, kondisi material yang dilas, kondisi atmosfer sekitar dan pemanasan awal kawat las yang digunakan. Elektroda atau kawat las yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW terdiri dari dua kelompok elektroda yaitu kelompok pertama, non low hydrogen (tipe fluk ilmenite, rutile, cellulosic dan rutile atau titanium oksida) sedangkan kelompok kedua, low hydrogen (tipe basic dan iron powder). Untuk kelompok pertama kandungan hidrogen didalam logam las lebih kecil dari 9,38 ml/100g, sedangkan kelompok kedua kandungan hidrogen pada logam las lebih kecil dari 4,71 ml/100 g, untuk kawat las yang tidak dilakukan pemanasan awal sedangkan kawat las yang dilakukan pemanasan awal maksimum kandungan hidrogennya 1,4 ml/100g. Pada proses pengelasan GMAW yang menggunakan gas pelindung CO₂ kandungan hidrogen pada logam las maksimum 0,6 ml/100g paling rendah dibandingkan dengan menggunakan proses SMAW. Tingginya kandungan hidrogen pada proses SMAW karena sumber hidrogen pada proses tersebut sangat tergantung pada material organik, kelembaban pada lapisan elektroda dan jenis dari fluk itu sendiri sedangkan pada proses GMAW sangat tergantung dari kelembaban dari gas pelindung yang digunakan karena parameter lain seperti kelembaban atmosfer sekitarnya, kebersihan material logam yang akan di las dan kandungan dari hidrogen pada material diasumsikan sama.

Kandungan hidrogen dalam logam las beberapa standar mengklasifikasikan tingkat kandungan hidrogen berdasarkan kandungan maksimum hidrogen tersebut hal ini dapat dilihat pada Tabel 7, perbandingan difusi hidrogen pada beberapa standar. Kandungan hidrogen yang menggunakan kawat las hidrogen rendah dan gas pelindung CO₂ menghasilkan kandungan hidrogen pada logam lasnya termasuk kategori kelompok kandungan hidrogen sangat rendah (*very low hydrogen*) yaitu dibawah 6 ml/100g

sesuai dengan standar JIS Z 3211 dan JIS Z 3212, dan masih dibawah standar yang lainnya yaitu IIW ISO 3690, ANSI AWS A4.3-93 dan AS NZS 3752-1996.

Tabel 7. Perbandingan Difusi Hidrogen Pada Beberapa Standar

	IIW ISO 3690	ANSI AWS A4.3-93	JIS Z3211* and JIS Z3212	AS NZS 3752-1996
Hydrogen Levels	Diffusible weld metal hydrogen [ml 100g]			
Controlled	≤15	≤16	≤15*, ≤15, ≤12	≤15
Low	≤10	≤8	≤10, ≤9, ≤7	≤10
Very Low	≤5	≤4	≤6	≤5
(Under consideration)		≤2		

Pada proses las SMAW yang menggunakan elektroda basik reaksi kimia yang terjadi pada fluk akan menghasilkan gas yang berfungsi sebagai gas pelindung yang akan melindungi logam las kontak dengan udara luar. Fluk pada elektroda mengandung CaCO₃ yang akan terurai menjadi CaO dan CO₂ seperti reaksi dibawah ini :



Hasil reaksi tersebut akan menghasilkan CaO yang merupakan basik tinggi yang akan menurunkan kandungan oksigen pada logam las, sedangkan CO₂ berfungsi menurunkan tekanan parsial dari hidrogen sehingga hidrogen pada logam las akan menjadi turun.

Sedangkan pada proses las GMAW yang menggunakan gas pelindung CO₂ pada saat proses las berlangsung CO₂ pada daerah busur las (arc Welding) akan terurai menjadi CO dan O seperti reaksi dibawah ini,

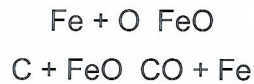


Pada kawat las GMAW biasanya ditambahkan unsur Si dan Mn, kalau unsur tersebut cukup maka akan terjadi reaksi pada logam las dan terak sebagai berikut :



SiO₂ dan MnO yang terbentuk akan membentuk terak yang akan melindungi

logam las. Tetapi jika kandungan unsur Si dan Mn kurang reaksi yang terjadi pada logam las adalah sebagai berikut :



CO yang terbentuk akan menyebabkan terjadi lobang udara (blow hole) pada daerah logam las.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

Kandungan hidrogen pada logam las dapat dikurangi dengan beberapa cara yaitu penggunaan pemanasan awal pada elektroda, penggunaan jenis elektroda hidrogen rendah (low hydrogen) atau penggunaan gas pelindung dengan proses GMAW.

Untuk kawat las hidrogen rendah pemanasan awal kawat las sebelum digunakan merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk menghindari terjadinya difusi hidrogen yang melebihi persyaratan.

Proses las GMAW dengan menggunakan gas pelindung CO₂ akan menghasilkan kandungan hidrogen yang sangat rendah dibandingkan dengan proses las SMAW yang menggunakan elektroda terbungkus.

Kandungan hidrogen yang rendah pada logam las merupakan salah satu cara untuk menghindari terjadinya retak dingin pada logam las.

Kandungan hidrogen yang menggunakan kawat las hidrogen rendah dan gas pelindung CO₂ menghasilkan kandungan hidrogen pada logam lasnya termasuk kategori kelompok kandungan hidrogen sangat rendah (*very low hydrogen*) yaitu dibawah 6 ml/100g sesuai dengan standar.

Saran

Pada pengelasan baja konstruksi SS 400 ini sebaiknya dilakukan pengujian mekanik untuk melihat sejauh mana penggetasan terjadi pada material tersebut terhadap difusi hidrogen pada logam las.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof.Dr.Ir. Muneharu Kutsuna (Presiden ALTREC, Advant Laser Research Center, Nagoya) beserta stafnya yang telah memberikan dan menyediakan fasilitas percobaan dan sumbangan pikiran dalam penyusunan materi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Volume 1, *Properties and Selection: Irons, Steels and High Performances Alloys*, 2005
- ASM Handbook Volume 6, *Welding, Brazing and Soldering*.
- AWS Welding Handbook Volume 1 "Welding Science and Technology", Ninth Edition.
- AWS Welding Handbook Volume 2, "Part 1 : Welding Processes", Ninth Edition.
- AWS Welding Handbook Volume 4, "Material and Applications Part 1", Ninth Edition.
- The effect of welding parameters on levels diffusible hydrogen in weld metal deposited using gas shielded rutile flux cored wires, Misrolav Pitrun, University of Wollongong, 2004.
- Influence of welding conditions and electrode treatment on hydrogen input in the weld metal when using stick electrodes, M. Fiedler, D. Schafzahl, J. Fischer, G. Posch, W. Berger Böhler Schweißtechnik Austria GmbH, Kapfenberg, Austria, http://www.boehler-welding.com/france/files/Hydrogen_ENG.pdf

Effects on hydrogen diffusion in weld metals
when using stick electrodes M.
Fiedler, D. Schafzahl, J. Fischer, Ch.
Strauss, G. Posch, W. Berger Böhler
Schweißtechnik Austria GmbH,
Kapfenberg, Austria,
[http://www.boehler-
welding.com/france/files/Hydroge
n_ENG.pdf](http://www.boehler-welding.com/france/files/Hydrogen_ENG.pdf)

Test for hydrogen assisted cracking
susceptibility of multi-layer weld joints
with the "bead bend test" Test methods
and examples M. Fiedler, H.
Königshofer, J. Fischer, G. Posch, W.
Berger Böhler Schweißtechnik Austria
GmbH, Kapfenberg, Austria,