

Efek Shot Peening Terhadap Korosi Retak Tegang (SCC) Baja Karbon Rendah dalam Lingkungan Air Laut

Mohammad Badaruddin, Sugiyanto

Dosen Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lampung

Email: mohabad@unila.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh shot peening terhadap korosi retak tegang baja karbon rendah dalam lingkungan air laut yang mengandung 3,5 % NaCl. Dimensi spesimen uji korosi dibuat berdasarkan standar ASTM G39. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mikrovickres dengan beban 0,25kgf pada arah ketebalan bahan. Uji korosi dilakukan dengan mencelupkan dalam air laut buatan selama 7 bulan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen uji cenderung lebih dominan terserang korosi sumuran (pitting corrosion). Korosi sumuran yang terbesar terdapat pada spesimen uji tanpa shot peening pada pembebanan static 70%. Terbentuknya korosi sumuran menjadi pemicu terbentuknya korosi retak tegang. Bentuk retak yang terdapat pada daerah korosi sumuran adalah intergranular bercabang yang merupakan hasil serangan klorida pada baja karbon rendah.

Kata kunci: *shot peening*, korosi sumuran, korosi retak tegang.

Abstract

The aim of this study is to investigate the effect of shot peening on stress corrosion cracking of a low carbon steel in ocean water environment. The dimension of specimens were prepared in accordance with the ASTM G39. The hardness testing was carried out using microvickers with 0,25 kgf load in the longitudinal direction. The corrosion cracking test was immersed into artificial sea water for about 7 months. The test shows that the pitting corrosion is dominantly nucleated at the metal film interface. The biggest pitting corrosion was occurred under the static loading of 70 for the specimens unpeened. The presence of pitting corrosion promotes stress corrosion cracking. The cracking has a intergranular branched morphology which is typical for the chloride cracking of low carbon steel

Keywords: shot peening, pitting corrosion, stress corrosion cracking.

1. Latar Belakang

Baja karbon banyak digunakan untuk struktur konstruksi di industri petrokimia, di konstruksi pengeboran minyak lepas pantai, kerangka dan badan kapal, jembatan dan banyak lainnya. Pembebanan keberadaan konstruksi ini dilingkungan relatif korosif menimbulkan konstruksi ini riskan terhadap serangan korosi retak tegang (SCC). Korosi retak tegang yang terjadi pada suatu bahan harus mendapat perhatian khusus karena pada kenyataannya, selama proses manufaktur permesinan seperti: *milling*, *scrapping*, atau penghilangan bagian-bagian tertentu pada material dapat mengakibatkan ketidakseragaman sifat bahan sehingga kekuatannya akan menurun, meskipun bahan tersebut dirancang untuk mampu menahan beban, baik tarik, tekan, tekuk, puntir, atau beban kombinasi dari macam-macam jenis pembebanan di atas.

Korosi retak tegang (SCC) adalah peristiwa pembentukan dan perambatan retak dalam logam yang terjadi secara simultan antara tegangan tarik yang bekerja pada bahan tersebut dengan lingkungan yang korosif. Tercatat beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian menyangkut korosi retak tegang, diantaranya, James D. Fritz, dkk [7], melakukan penelitian terhadap baja paduan 6% Mo (UNS NO8367), pada lingkungan air laut pada temperatur yang berbeda dengan spesimen uji U-bend. Dimana hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa pada temperatur diatas 120°C, SCC terjadi hanya bergantung dari kandungan kloridanya, dengan bentuk perpatahan adalah *transgranular* bercabang. Kritzler [8], melakukan penelitian pada *stainless steel* fasa austenit yang di *shot peening*. Kesimpulan yang didapat menunjukan bahwa ketahanan material terhadap korosi retak tegang yang terjadi sangat signifikan terhadap beban yang diberikan, dimana waktu proses pencelupan pada larutan 42 % MgCl₂ pada temperatur 145°C, dapat memperpanjang umur korosi retak tegang dari 33 jam menjadi 1000

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2005. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 7 Nomor 2 Oktober 2005.

jam pada pembebanan 70 % dari tegangan luluh bahan, sedangkan pada beban 90 % peningkatan yang terjadi tidaklah signifikan. Kirk dan Render [5] melakukan penelitian pengaruh *peening* pada korosi retak tegang pada baja karbon dengan menggunakan spesimen *U-bend* yang direndam pada larutan asam sulfat 30 % yang dipanaskan pada temperatur 67°C. Retakan terjadi pada tegangan tinggi yaitu 90 % dari batas elastis logam, struktur mikro dan perlakuan panas sangat mempengaruhi baja terhadap korosi retak tegang..

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan pengaruh proses permesinan (*milling*) pada baja karbon rendah yang di temper, yang kemudian diberikan perlakuan *shot peening* pada permukaannya, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap korosi retak tegang dalam lingkungan air laut buatan.

2. Metode Penelitian

Komposisi kimia dan sifat mekanis baja karbon rendah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia (wt%) dan Sifat Mekanis

C	Si	S	P	Fe	Tegangan ultimate (MPa)	Tegangan luluh (MPa)	Elongasi (%)
0,07	0,27	0,006	0,026	98,8	373,242	274,551	26,21

Spesimen uji dibuat dari baja lembaran dengan ketebalan 10 mm kemudian dipotong searah pengerolan dan dibentuk dengan dimensi panjang 300 mm dan lebar 200 mm, Tabel 2.

Tabel 2. Macam-macam Spesimen Uji Korosi dan Perlakuannya

Spesimen	Perlakuan			Jumlah
	Milling	Quenching dan Tempering	Shot peening	
RM	-	-	-	6
NSP	√	√	-	6
SP 10	√	√	√	6
SP 15	√	√	√	6
SP 20	√	√	√	6

Keterangan: RM (raw material), NSP (tanpa *shot peening*), SP (*shot peening*)

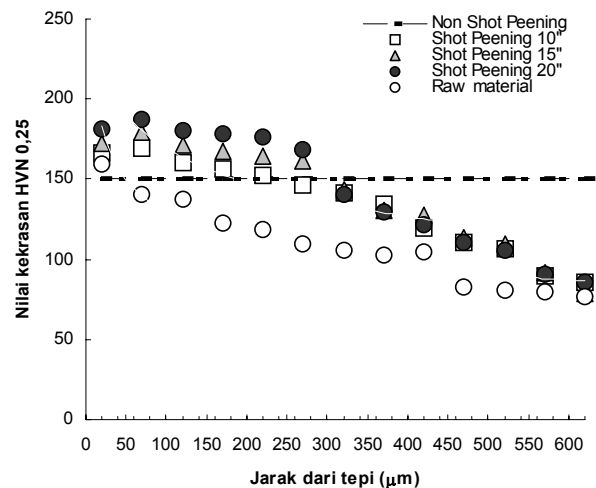
Bahan tersebut kemudian permukaannya di *milling* setebal 2,5 mm dan kemudian permukaan bahan diampas dengan menggunakan kertas SiC dari grade 100 sampai 500. Sampel kemudian dipanaskan pada suhu 850°C dan ditahan selama 2 jam, lalu di *quenching* dalam air. Temper diberikan pada temperatur 350°C selama 4 jam. Setelah ditemper bagian permukaan yang di *machining* tadi kemudian di *shot peening* dengan waktu 10 detik, 15 detik dan 20 detik dengan intensitas

tekanan udara 2,94 Bar menggunakan bola baja berdiameter 0,8 mm dengan covered 100%. Spesimen uji korosi disiapkan sesuai standar ASTM G39-99,[1], dengan pembebanan statik 50%, 70% dan 90% tegangan luluh bahan, dan kemudian direndam dalam air laut buatan, yang dibuat menurut standar ASTM D1141-98, [3].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian dengan kekerasan dilakukan dengan menggunakan kekerasan mikrovickers beban 0,25 kgf. Lamanya waktu indentasi adalah sekitar 15 detik. Hasil uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 1.

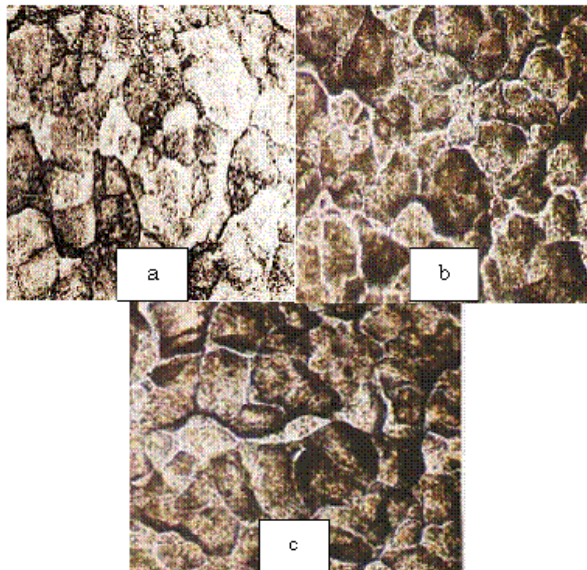


Gambar 1. Karakteristik distribusi nilai kekerasan baja karbon yang distempering 350°C selama 4 jam dan di *shot peening*

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang diberikan dalam *shot peening*, maka akan meningkatkan nilai kekerasan pada permukaan bahan. Peningkatan ini karena deformasi plastis yang terjadi pada permukaan bahan setelah proses *shot peening*, sehingga dapat menimbulkan kerapatan dislokasi. Semakin besar deformasi plastis yang diberikan, maka akan menyebabkan bertambahnya dislokasi yang akan membentuk interaksi antar dislokasi yang satu dengan yang lainnya. Interaksi ini akan menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butirnya dan akan saling menghambat, sehingga dapat menimbulkan efek pengerasan regangan (*strain hardening effect*), (Farahi, dkk) [4].

Perbedaan bentuk deformasi plastis yang dihasilkan akibat proses *shot peening* dapat dilihat pada gambar 2. Lekukan-lekukan yang dihasilkan oleh *shot peening* pada waktu *peening* sekitar 10 detik tidak begitu padat, sedangkan pada waktu

peening 15 dan 20 detik, lekukan-lekukan yang dihasilkan hampir sama tingkat kepadatannya. Namun besarnya deformasi plastis yang terjadi pada permukaan bahan dengan waktu *peening* yang bervariasi dapat menimbulkan tegangan sisa tekan yang berbeda pada lapisan permukaan, hal ini dapat diindikasikan oleh hasil uji kekerasan mikrovickers. Tingkat kekerasan yang berbeda diukur dari jarak tepi pada ketebalan bahan yang sama, menghasilkan tingkat kekerasan yang berbeda-beda pada spesimen dengan *shot peening* dan tanpa *shot peening*.



Gambar 2. Bentuk permukaan hasil shot peening dengan waktu peening yang berbeda, (a) 10 detik, (b) 15 detik, dan (c) 20 detik pada tekanan 2,94 Bar

3.2 Hasil Uji Korosi Retak Tegang (SCC)

Sangat sulit sekali untuk melihat bentuk retak yang terjadi akibat SCC pada setiap level beban pengujian korosi. Namun setelah dilakukan uji SEM pada setiap permukaan daerah pitting, ternyata ditemukan korosi retak tegang pada spesimen yang di *milling* (NSP) dengan level beban 70% dan lama perendaman sekitar 5 bulan. (Gambar 3). Sedangkan pada spesimen dengan *shot peening* tidak ditemukan adanya retak pada daerah pittingnya.

Pada gambar 3 dapat dijelaskan bahwa bahan terlebih dahulu mengalami korosi *pitting* yang cukup besar pada kedalaman permukaannya, seiring lamanya waktu perendaman. Korosi *pitting* terus terjadi akan menjadi pemicu pembentukan retak awal pada daerah *pitting*. Menurut Prabhu-gaunkar dkk [9], korosi retak tegang terjadi pada daerah *pitting* disebabkan tiga parameter yaitu; media korosif, material dan tegangan yang diberikan saling berinteraksi. Baja yang masih mempunyai lapisan pelindung pasif akan mulai terbentuk celah (*void*) pada lapisan antar muka logam

dengan lingkungannya. Bila celah terbentuk sampai ukuran kritis, maka lapisan pasif (*passive film*) akan rusak, sehingga mulai terbentuknya *pitting*. Setelah itu korosi *pitting* akan terus merambat melalui lapisan permukaan. Pada spesimen yang di *shot peening*, korosi *pitting* yang terbentuk sangat kecil, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dalam lapisan permukaan yang di *shot peening*, maka *pitting* semakin lambat ke dalam permukaan bahan.

(a) (b)
Gambar 3. Permukaan retak akibat korosi pada baja karbon rendah yang di *milling* dan *tempering*, (1) Bentuk *pitting* dengan perbesaran 30X, (b) SCC pada lokasi *pitting* dengan perbesaran 100X (detail A)

Pada gambar 3b, dapat dilihat terbentuknya korosi retak tegang yang bercabang pada daerah *pitting*. Menurut Fritz dan Gerlock, [7], bahwa korosi *pitting* akan menjadi pemicu terbentuknya SCC, disamping itu juga turunnya pH larutan dan kandungan oksigen akan menjadi penyebab SCC.

Bentuk korosi retak tegang yang terdapat pada bahan tanpa *shot peening*, menunjukkan bentuk retak yang intergranular (Gambar 3b). Proses *tempering* pada bahan setelah di *machining* akan menghasilkan fase baru, yaitu struktur martensit pada batas kristal struktur paduan, Kirk and Render [5]. Pada bahan tersebut akan memiliki tegangan sisa tarik mikro. Fase baru ini cenderung mengendap pada batas butir yang mempunyai potensial elektrokimia yang berbeda dengan larutan padat induknya. Dengan demikian akan terjadi pada daerah-daerah anoda dan katoda didalam struktur paduan itu dan bila fase baru itu adalah bersifat anoda terhadap batas kristalnya, maka korosi akan mengikuti batas butirnya. Menurut Jones [6], bentuk retak yang *intergranular* akibat tidak homogenya fase pada daerah batas butir.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Peningkatan nilai kekerasan pada bahan yang di *shot peening* menghasilkan deformasi plastis pada permukaannya, yang dapat menimbulkan efek pengerasan regangan. Semakin lama waktu peening, maka kekerasan yang dihasilkan semakin meningkat.

2. Bentuk retak yang terjadi selama pengujian korosi retak tegang, menghasilkan retak *inter-granular* pada spesimen tanpa *shot peening* pada level beban 70%. Akibat terbentuknya fase martensit pada batas butir yang lebih bersifat anoda dari larutan padat induknya.
3. Tidak ditemukannya korosi retak tegang (SCC) pada bahan yang *dishot peening* menunjukan bahwa, proses shot peening adalah salah satu metode yang dapat diaplikasikan dalam mencegah terjadinya SCC pada logam dalam lingkungan korosif.

Daftar Pustaka

1. ASTM G39, *Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens*, ASTM International, Annual Book of ASTM Standard, USA, 1999.
2. ASTM G44, *Standard Practice for Exposure of Metals and Alloys by Alternate Immersion in Neutral 3.5 % Sodium Chloride Solution*, ASTM International, Annual Book of ASTM Standard, USA, 1999.
3. ASTM D1141, *Standard Practice For The Preparation of Substitute Ocean Water*, ASTM International, Annual Book of ASTM Standard, USA, 1998.
4. Farrahi, G.H, Lebrun, J.L and Couratin, D., "Effect of Shot Peening on Residual Stress And Fatigue Life of Spring steel, FFEM, 18(2), 1995, pp. 211-220.
5. Kirk D., P.E. Render, *Effect Of Peening On Stress Corrosion Cracking*, International Conference of Shot Peening 7th, Warsaw, Poland., 1998, pp.167-176.
6. Denny A. Jones, *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd series, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1996, pp.238-239.
7. James. D. Fritz, Ronald. J.Gerlock, *Chloride Stress Corrosion Cracking Resistance Of 6 % Mo Stainless Steel Alloy (UNS N08367)*. Desalination Journal, 13(5), 2001, pp.93-97.
8. Kritzler, J., *Effect Of Shot Peening On Stress Corrosion Cracking On Austenitic Stainless Steel*, International Conference of Shot Peening 7th, Marsaw, Poland, 1998, pp.199-208.
9. Prabhugaunkar, G.V, Rawat, M.S dan Prasad, C.R, *Role of Shot Peening On Life Extension of 12% Cr Turbine Blading Martensitic Steel Subjected To SCC and Corrosion Fatigue*, International Conference of Shot Peening 7th, Marsaw, Poland., 1998, pp.177-183.