

STUDI LAJU KOROSI PADA MACHINERY STEEL VCL 140 AKIBAT PROSES PLASMA NITRIDING

Muhammad & Reza Putra

Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh-Lhokseumawe

Muhyu_07@yahoo.com ; reza_st2002@yahoo.com

Plasma Nitriding merupakan salah proses perlakuan permukaan untuk meningkatkan sifat mekanis dari sebuah material khususnya logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran gas N_2 dan H_2 pada proses nitridasi ion (plasma) terhadap kekerasan dan laju korosi pada material VCL 140. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan perbandingan campuran gas N_2 dan H_2 dalam proses nitridasi. Tekanan dalam tabung dijaga konstan yaitu sebesar 1,8 mbar dengan waktu nitridasi selama 5 jam. Pengujian yang dilakukan adalah uji korosi menggunakan larutan NaCl 0,05 M dan uji kekerasan dengan metode Vickers. Hasil nitridasi optimal ditinjau dari peningkatan kekerasan yang terjadi pada variasi campuran gas 60% N_2 / 40% H_2 . baja VCL 140 mengalami peningkatan kekerasan menjadi 523.86 VHN dari material dasar sebesar 257 VHN dengan tebal lapisan sebesar $\pm 30 \mu m$. Penurunan laju korosi pada material dasar dari 2,07 mm/tahun dan setelah proses nitridasi menjadi 1.36 mm/tahun.

Kata kunci :plasma nitriding, VCL 140, Laju korosi

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan logam dewasa ini meningkat dengan pesat sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Kebutuhan terbesar akan logam khususnya baja dapat dijumpai dalam berbagai bidang teknik sehingga merupakan salah satu tulang punggung peradaban modern sampai saat ini. Pada dasarnya bahan logam rentan terhadap korosi sehingga perlu ditanggulagi. Salah satu logam yang dapat terkorosi adalah baja. Secara umum baja dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja paduan adalah baja dengan banyak unsur paduan seperti : karbon (C), silicon (Si), nikel (Ni), kromium (Cr), molibdinum (Mo), wolfram (W), dan vanadium (V). Unsur-unsur ini juga dibatasi dalam kandungan tertentu dengan tujuan agar memperoleh kekuatan baja sesuai dengan kebutuhan. Peningkatan kualitas bahan dapat dilakukan dengan proses perlakuan permukaan.

Thermochemical treatments adalah perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang banyak digunakan saat ini. Pada dasarnya *thermochemical treatments* ada 4 macam, yaitu *Carburising*, *Carbonitriding*, *Nitrocarburising* dan *Nitriding* yang bertujuan meningkatkan kualitas bahan baik dari kekerasan, keausan dan ketangguhannya [8].

Nitridasi plasma (*plasma nitriding*) pada Baja paduan VCL 140 diharapkan mampu meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan lelah, ketangguhan, serta ketahanan korosi. Dalam prosesnya, *plasma nitriding* dapat dilakukan dengan variasi suhu, tekanan, jenis dan komposisi gas serta catu daya. Tujuan perlakuan tersebut untuk mendapatkan tingkat kekerasan maksimum pada permukaan. Perlakuan permukaan ini banyak dilakukan, karena hampir semua jenis baja dan baja paduan dapat dinitridasi. Tetapi dengan meningkatnya kekerasan permukaan ada kemungkinan terjadi pengaruh sifat lainnya misalnya korosi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses plasma nitriding terhadap sifat mekanis dan laju korosi pada baja VCL 140 pada kondisi variasi campuran.

TEORI DASAR

Saat ini banyak dikembangkan teknik untuk menguatkan sifat bahan logam, salah satunya adalah teknik nitridasi ion. Nitridasi ion ditemukan oleh Bernhard Bergaus pada tahun 1930an [9]. Tetapi baru banyak diaplikasikan di dunia industri logam dalam beberapa tahun ini. Karena banyak keuntungan yang didapat dari proses nitridasi plasma dibanding dengan perlakuan permukaan yang lain. Teknik ini dapat meningkatkan sifat logam seperti misalnya:

kekerasan, ketahanan korosi (kecuali stainless steel), ketahanan leleh, keausan dan ketangguhan. Dari teknologi perlakuan permukaan (surface treatment) yang ada tersebut, plasma/ion nitriding mempunyai Banyak keunggulan/ keuntungan dibandingkan lainnya diantaranya [1] : kemudahan pengontrolan dalam metalurgi dan ketebalan lapisan permukaan, proses pada temperatur rendah (450°C-550°C) sehingga kemungkinan terjadi distorsi kecil serta tidak mencemari lingkungan. Aplikasi teknologi plasma nitriding dalam meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus permukaan logam telah dilakukan oleh [7] dan berhasil meningkatkan kekerasan baja poros sebesar 143% dari kekerasan awal dengan menggunakan teknologi plasma/ion nitriding selama 3 jam pada tekanan 1,2 mbar. Sedangkan [6] telah meneliti transformasi fasa α'' ke γ' pada baja karbon rendah setelah dilakukan proses plasma/ion nitriding.

Hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh nitridasi ion (plasma) terhadap kekerasan dan laju korosi pada material AISI 304 dan baja karbon rendah dengan menggunakan variasi gas N₂ dan H₂ dengan waktu nitridasi selama 5 jam dan tekanan konstan yaitu 1,8 mbar, kekerasan maksimum diperoleh pada campuran gas 60% N₂ dan 20% H₂. Pada campuran gas 60% N₂ dan 20% H₂ untuk AISI 304 mengalami peningkatan kekerasan menjadi 523.86 VHN dari material dasar sebesar 210,292 VHN atau mengalami peningkatan sebesar 249,46 %. Pada baja karbon rendah, peningkatan kekerasan menjadi 502.52 VHN dari material dasar yang sebesar 142,875 VHN atau mengalami peningkatan sebesar 353,88 %. Pada uji korosi dalam larutan H₂SO₄ 0,01 M, spesimen AISI 304 hasil nitridasi semua mengalami peningkatan laju korosi. Pada AISI 304, peningkatan laju korosi terbesar terjadi pada variasi campuran 60% N₂ dan 40% H₂, dimana laju korosi material dasar sebesar 0.39mm/tahun dan setelah proses nitridasi sebesar 1,33 mm/tahun. Sedangkan peningkatan laju korosi terendah terjadi pada 20% N₂ dan 80% H₂. Pada baja karbon semua material mengalami penurunan laju korosi bila dibandingkan dengan material dasar. Laju korosi paling rendah yaitu terjadi pada campuran 80% N₂ dan 20% H₂ yaitu sebesar 0.25 mm/tahun. Laju korosi ini menurun jika dibandingkan material dasar yaitu sebesar 0.97mm/tahun [10].

Baja VCL 140

Merupakan baja produksi dari PT. Bhinneka Bajas (Bohler). Setara AISI 4140. Merupakan baja Chromium-Molybdenum karena memiliki unsur chromium sebanyak 1,1 dari persen berat. Digunakan untuk baja permesinan (*machinery steel*).

Plasma Nitriding

Nitridasi ion (*plasma nitriding*) merupakan salah satu proses nitridasi yang merupakan perlakuan termokimia (*thermochemical treatment*). Proses plasma ini berlangsung pada suhu 450°C-560°C suhu ini dibatasi dibawah suhu 590°C yang merupakan suhu eutektoid pada diagram fasa Fe-N. Banyak sebutan untuk istilah *plasma nitriding* seperti *plasma-ion nitriding*, *plasma-assisted nitriding*, *ion nitriding* dan *glow discharge nitriding* [8]. *Plasma nitriding* pertama kali ditemukan oleh Bernhard Bergaus pada tahun 1930an [9].



Gambar 1. Gambar peralatan sistem nitridasi plasma PTAPB BATAN

Kekerasan bahan

Pengujian kekerasan bahan dilakukan dengan pengujian Vickers (VHN) dengan indenter yang kecil (*microhardness*) sehingga variasi kekerasan sebagai akibat dari variasi struktur mikro dapat dikerjakan [2].

Kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan rumus :

$$VHN = \frac{2P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

P = Beban terpasang (gram)

d = diagonal bekas injakan penetrator (mm)

Perhitungan laju korosi

Proses uji korosi dilakukan ada temperatur kamar dengan menggunakan alat Potensiostat PGS 201T dengan media pengkorosi garam *Natrium Khlorida* (NaCl 0,05M). Hasil pengujian berupa

diagram tafel yang menghasilkan data I_{kor} yang dihitung dengan persamaan [3]:

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD} \dots\dots (2)$$

dengan,

r = laju korosi (mpy) a = berat atom

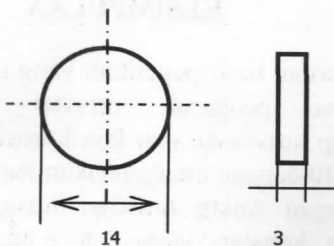
i = rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$)

n = valensi atom D = Berat jenis sampel (gr/cm^3)

METODOLOGI PENELITIAN

- Bahan .

Material yang digunakan baja VCL 140 dengan dimensi specimen :



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji

- Peralatan

Peralatan dalam penelitian ini berupa :

- Nitridasi plasma lucutan pijar DC, Bahan tabung lucutan : AISI 304. Kapasitas pompa vakum : $2,7 \times 10^{-3}$ mbar, Alat ukur suhu : Omron E5CS, termokopel tipe K Rentang Arus: 0 – 2000 mA. Rentang Tegangan DC: 0- 2000 V.
- Alat uji korosi, Potensiostat/ Galvanostat, Model : PGS 201T. Rentang tegangan: - 2000 mV sampai dengan 2000mV. Rentang arus: 200 nA sampai dengan 2 A
- Alat Uji Kekerasan, Merek; Buchler. Beban 10 gram, waktu 10 detik.

PEMBAHASAN

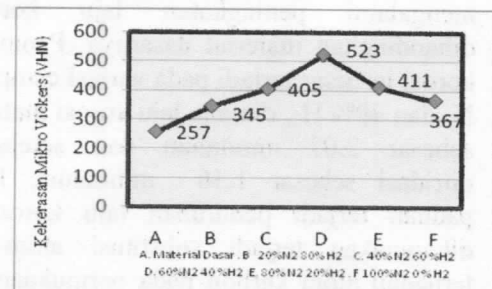
Langkah awal dalam penelitian ini adalah menyiapkan bahan penelitian. Bahan yang digunakan yaitu baja VCL140 yang dipotong-potong menjadi specimen uji dengan ukuran diameter 14 mm dan tebal 4 mm. Permukaan specimen ini diratakan dan dihaluskan dengan menggunakan amplas dan kemudian dilakukan *polishing* sehingga pada permukaan specimen menjadi rata, halus dan bersih mengkilat. Langkah selanjutnya adalah melakukan nitridasi plasma/ion

(*plasma/ion nitriding*) pada specimen yang telah disiapkan sebelumnya. Proses *plasma/ion nitriding* dilakukan dengan memvariasikan perbandingan campuran gas N_2 dan H_2 dalam proses nitridasi. Perbandingan yang diambil yaitu 20% $N_2/80\% H_2$, 40% $N_2/60\% H_2$, 60% $N_2/40\% H_2$, 80% $N_2/20\% H_2$, 100% $N_2/0\% H_2$. Tekanan dalam tabung dijaga konstan yaitu sebesar 1,8 mbar dengan waktu nitridasi selama 5 jam. Temperatur proses *plasma/ion nitriding* dijaga tetap $500^\circ C$ pada beda tegangan anoda dan katoda sebesar 800 V. Proses *plasma/ion nitriding* dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Badan Tenaga Atom Nasional (PTAPB–BATAN), Yogyakarta. Setelah specimen mendapat perlakuan *plasma/ion nitriding*, selanjutnya pada specimen dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian kekerasan mikro specimen non *treatment* dan specimen dengan *treatment*. Pada proses uji kekerasan digunakan alat uji Vickers dengan indenter yang kecil (*microhardness*) pada beban sebesar 10 gram, dan waktu pembebanan selama 10 detik sehingga variasi kekerasan sebagai akibat dari variasi struktur mikro dapat diidentifikasi [5].

Selanjutnya pengujian uji korosi dilakukan dengan alat potensiostat galvanostat pada 0,05 M NaCl. Hasil pengujian kekerasan material dan laju korosi dengan parameter proses yang berbeda dicatat dan dibandingkan satu dengan yang lainnya. Parameter proses *plasma/ion nitriding* yang optimum akan menghasilkan kekerasan material yang tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

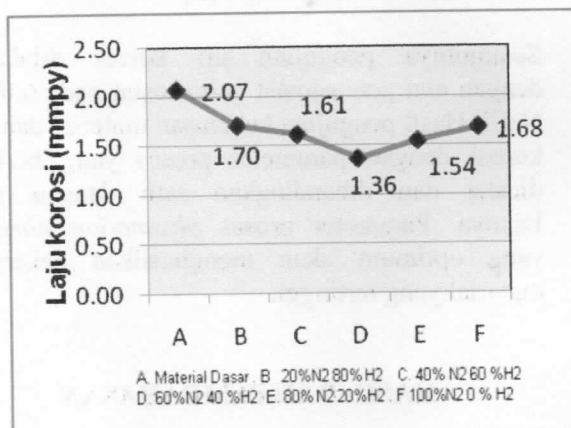
Pengujian kekerasan pada specimen bahan dasar dan specimen yang dinitridasi dilakukan pada lima titik yang berbeda pada masing-masing specimen sehingga didapatkan data kekerasan seperti pada gambar dibawah.



Gambar 3. Pengaruh variasi campuran gas H_2 dan gas N_2 terhadap Kekerasan Mikro Vickers.

Dari Grafik diatas dapat dinyatakan bahwa proses nitridasi plasma lucutan pijar DC pada material VCL 140 dengan perbandingan gas 60% N₂ dan 40% H₂ pada tekanan 1,8 mbar memberikan kekerasan Vickers tertinggi (optimum), yaitu : 523 VHN. Dari hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gas N₂ dalam ruang plasma makin tinggi kekerasan yang diperoleh (sampai pada kondisi campuran yang optimum), hal ini disebabkan karena konsentrasi gas N₂ makin tinggi maka kerapatan atom nitrogen yang terionisasi dan terdeposisi pada permukaan makin banyak. Sehingga kemungkinan terjadinya difusi dan reaksi membentuk senyawa Fe₂N dan Fe₃N pada permukaan substrat makin besar.

Pengujian korosi dilakukan pada medium elektrolit yang berupa larutan garam atau NaCl dengan konsentrasi 0,05 M, dengan alat potensiostat/galvanostat PGS 201 T milik PTAPB BATAN Yogyakarta terhadap 18 (delapanbelas) spesimen. Dari hasil pengujian korosi ini didapat berupa grafik Tafel untuk masing-masing spesimen seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi campuran gas N₂ dan H₂ pada proses Nitriding terhadap Laju Korosi.

Pada spesimen VCL 140 hasil nitridasi plasma mengalami peningkatan laju korosi jika dibandingkan material dasarnya. Penurunan laju korosi terbesar terjadi pada variasi campuran 60% N₂ dan 40% H₂, dimana laju korosi material dasar sebesar 2.07 mm/tahun dan setelah proses nitridasi sebesar 1.36 mm/tahun. Pada baja paduan terjadi penurunan laju korosi hal ini dikarenakan terjadi substitusi atom nitrogen terhadap atom karbon pada permukaan material. Atom karbon terdeposisi masuk kelapisan lebih dalam. Pada permukaan material tersebut

terbentuk ikatan nitrida besi nitrogen (FeN) yang lebih tahan korosi daripada ikatan besi dengan karbon [9]. Penurunan laju korosi ini terjadi karena pembentukan karbida kromium pada batas butir (sensitisasi) yang membentuk senyawa kromium karbida ((FeCr)₂₃C₆) dan adanya partisipasi CrN pada lapisan pelindung (*protective layer*). Senyawa kromium karbida ((FeCr)₂₃C₆) terbentuk akibat adanya penumpukan krom pada batas butir akibat terkena suhu sensitisasi. Atom krom ini kemudian bereaksi dengan besi membentuk senyawa kromium karbida ((FeCr)₂₃C₆).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh nitridasi ion (plasma) terhadap kekerasan dan laju korosi pada material VCL 140 dengan menggunakan variasi gas N₂ dan H₂ dengan waktu nitridasi selama 5 jam dan tekanan konstan yaitu 1,8 mbar, yaitu untuk kekerasan maksimum diperoleh pada campuran gas 60% N₂ dan 20% H₂ mengalami peningkatan kekerasan menjadi 523 VHN, dari kekerasan material awal sebesar 257 VHN atau mengalami peningkatan sebesar 203,5 %. Pada pengujian korosi dalam larutan NaCl 0,05 M, spesimen VCL 140 hasil nitridasi semua mengalami penurunan laju korosi dari 2,07 mm/tahun dan setelah proses nitridasi menjadi 1,36 mm/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aizawa, T., Kuwahara, H. "Plasma Nitriding As An Environmentally Benign Surface Structuring Process", Materials transactions - JIM ISSN 0916-1821., vol. 44 , Japan Institute of Metals, Sendai, JAPON. 2003
2. Callister, W.D., "Material Science and Engineering an Introduction" Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001.
3. Kenneth R. Trethewey, John Chamberlain., "Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan", PT. Gramedia Pustaka Pratama, Jakarta. 1991,
4. Mars G. Fontana, "Corrosion Engineering", Third Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1987.
5. Malau.V., "Perlakuan Permukaan" Diktat kuliah. Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, 2003

6. Oliveira, S.D., Pinedo, C.E., Tschiptschin, A.P., "On the α to γ' Nitride Transformation After Plasma Nitriding and Aging a Low Carbon Steel", Kluwer Academic Publisher, 2002
7. Supriyanto, D., "Pengerasan Permukaan Baja Poros Menggunakan Teknik Nitridasi Ion", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2007
8. Sujitno, T., "Pelatihan teknologi akselerator dan aplikasinya", PTAPB BATAN, Yogyakarta, 2003
9. Sinha, A.K., "Physical metallurgy handbook", McGraw hill handbook, New York, 2003
10. Widodo, D.T., "Pengaruh Variasi Campuran Gas N_2 Dan H_2 Pada Nitridasi Ion (Plasma) Terhadap Material AISI 304 Dan Baja Karbon Rendah". Tugas Akhir. Universitas Gajah Mada, 2007