

KARAKTERISTIK DAN HASIL NITRIDISASI STAINLESS STEEL TIPE 316L DENGAN DAPUR FLUIDISED BED

I Komang Astana Widi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus 2 Jl. Karanglo Km.2 Malang
aswidi@yahoo.com

ABSTRACT

The investigation of 316L austenitic stainless steel with nitriding used laboratory scale of fluidized bed reactor has been done. Nitriding temperature treatment is 500 C with variable process as 1, 3 and 6 hours. Then, this investigation used metalography (Scanning Electron Microscope) showed that AISI 316L is formed nitride hard layer on the surface. This nitride hard layer as advanced of austenite as S phase. This layer is formed in one hour as less effective. The profile of hardness value is showed that tend increase in longer time processing.

Keyword : stainless steel, fluidised bed, nitriding, SEM.

PENDAHULUAN

Salah satu tuntutan terhadap pengembangan sains dan teknologi bahan adalah kebutuhan material dasar untuk peralatan teknologi yang akan dikembangkan dengan sejumlah sifat-sifat yang sangat spesifik. Beberapa komponen-komponen otomotif sangat membutuhkan sifat-sifat kombinasi diantaranya ketahanan terhadap keausan, keuletan dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi sehingga dapat meningkatkan umur pakai komponen tersebut. Namun, untuk memperoleh material dengan sifat-sifat tersebut umumnya sangat sulit ditemukan dipasaran, dimana jika suatu material memiliki sifat dengan tingkat kekerasan yang tinggi maka sifat-sifat lainnya seperti keuletan dan ketahanan korosi yang tinggi tidak dapat dipenuhi. Kalaupun ada material dengan sifat-sifat tersebut, pastilah harganya sangat mahal. Artinya harga komponen juga akan sangat mahal sehingga daya beli masyarakat akan berkurang. Pada penelitian ini, penulis mencoba untuk memberikan alternatif lain yaitu dengan meningkatkan sifat-sifat material yang ada

dipasaran (stainless steel tipe 316L) menggunakan proses perlakuan permukaan (nitridisasi).

Untuk alasan tersebut stainless steel tipe 316L merupakan logam yang memiliki sifat dasar yang baik seperti non magnetis, ulet, tahan impak, tangguh dan tahan korosi. Namun sangat disayangkan pada baja tersebut menampilkan sifat *tribologi* (ketahanan gesekan permukaan) yang kurang baik. Perlakuan permukaan dengan proses nitridisasi secara konvensional (seperti, *salt bath nitriding*), untuk meningkatkan karakteristiknya tidak dapat diberikan karena pada stainless steel akan mengakibatkan hilangnya sifat ketahanan korosi awal yang dimilikinya sebagai akibat metode konvensional yang membutuhkan temperatur yang cukup tinggi dan waktu perlakuan yang lama. Berkurangnya ketahanan korosi pada stainless steel merupakan suatu kegagalan (*failure*). Disamping itu, stainless steel akan menjadi rapuh (*embrittlement*) jika digunakan atau diberi perlakuan pada temperatur tinggi. Kegagalan ini disebut dengan sensitasi.

Untuk memenuhi material seperti diinginkan diatas, maka penulis mencoba memberikan proses pengerasan permukaan dengan menggunakan dapur fluidized bed dimana baja tahan karat diperkaya dengan atom N

hasil dekomposisi dari gas nitrogen dan ammonia diharapkan dapat memberikan ketebalan karakteristik material logam dengan membentuk lapisan permukaan yang sangat keras dan sangat tipis. Sedangkan, sifat-sifat yang terdapat pada bagian sub-surface dapat tetap dipertahankan (seperti : keuletan dan ketahanan korosi yang tinggi).

Adapun alasan mengapa dapur fluidized bed akan memberikan keuntungan diatas antara lain karena permukaan material dipanaskan lebih cepat, menghasilkan pengaruh daerah panas yang kecil, kecermatan pada pengontrolan saat perlakuan permukaan dan pada saat proses perlakuan tidak berkontaminasi dengan udara luar.

Dengan proses tersebut dimana diharapkan dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis permukaan material stainless steel tanpa mengurangi sifat-sifat dasar/awal stainless steel.

Telah kita ketahui bahwa benda-benda seperti logam besi dan baja lambat laun kandungan besinya semakin menipis karena terjadi oksidasi dengan udara pada logam-logam tersebut. Oksidasi ini begitu hebatnya terjadi, sehingga membuat benda tersebut menjadi jelek bentuknya fenomena ini disebut dengan korosi. Untuk menjadi agar benda-benda logam tersebut tidak berkarat (*corosion*), maka dapat digunakan pelapis yang dapat menahan karat. Namun, ketahanan terhadap korosi tidak bertahan lama karena lapisan tidak berdifusi kedalam material dasar/komponen. Metode lain yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan material baja tahan karat (*stainless steel*) sebagai komponen.

Keistimewaan stainless steel ialah kesanggupannya membentuk lapisan oksida (Cr_xO_y) pada permukaannya sehingga mencegah terjadinya oksidasi lanjut (yang terjadi terus menerus) dimana dapat merusak logam tersebut sampai kedalam. Lapisan tipis ini melekat kuat pada permukaan benda kerja. Kalau lapisan tipis ini kita pecahkan atau kita kikis, maka dengan cepat pula akan terjadi lagi lapisan-lapisan tipis hasil oksidasi dan oksidasi ini akan berlangsung terus. Baja

tahan karat mempunyai daya tahan tersendiri, karena logam ini mempunyai paduan unsur yang istimewa sekali yaitu unsur kromium dan sedikit nikel, yang merupakan paduan yang cukup homogen, sehingga cukup tahan terhadap karat. Baja tahan karat martensit merupakan paduan baja yang tahan terhadap korosi dan dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Untuk memperbaiki baja tahan karat jenis ini, biasanya unsure karbon ditambahkan kedalam system biner besi-krom untuk menghasilkan suatu paduan. Unsure karbon ini akan memperluas daerah austenit sehingga memungkinkan terjadinya transformasi dari austenit menjadi martensit seperti yang terjadi pada baja karbon biasa.

Perlakuan permukaan sangat bervariasi tergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Perlakuan permukaan umumnya ditujukan antara lain untuk :

- Meningkatkan ketahanan aus dengan jalan memperkeras atau memberi lapisan yang keras pada bagian permukaan logam.
- Meningkatkan ketahanan korosi tanpa merubah karakteristik sifat-sifat logam yang permukaannya diberi perlakuan permukaan.
- Meningkatkan unjuk rupa (*performance*) logam dari suatu komponen untuk maksud-maksud fabrikasi.

Karakteristik Fluidised Bed

Karakteristik yang penting dalam dapur *fluidised bed* adalah perpindahan panas yang menghasilkan efisiensi yang tinggi. Gejala fluidisasi disebabkan oleh partikel oksidasi inert (alumina atau pasir silika) halus, kering dan bertingkah laku seperti zat cair, dimana partikel yang satu dengan yang lainnya akan terpisah oleh gas yang bergerak melewati *bed*. Suatu dapur *fluidised bed* gas dapat ditinjau sebagai fasa padatan selama menunjukkan batas atas butiran-butiran alumina yang jelas (belum terdapat aliran gas). Jika kecepatan aliran gas terlalu tinggi, dimana batas atas butiran-butiran alumina tidak tampak jelas, maka

dalam kondisi demikian padatan akan terlempar dari dapur oleh aliran gas.

Meskipun sifat partikel padatan itu sendiri menentukan mutu dari fluidisasi, banyak faktor yang mempengaruhi jumlah dari campuran padatan yang mempunyai sifat tidak sejenis di dalam *bed*. Faktor-faktor ini termasuk : ukuran *bed*, jumlah aliran gas dan jenis dari gas yang digunakan.

Adapun tahapan tersebut antara lain :

- Tahap *fixed bed*

Pada tahap awal dimulainya proses, dimana kecepatan aliran gas relatif rendah di dalam *bed*, kecepatan alir gas akan semakin meningkat sebanding dengan penurunan tekanan dan akan mencapai nilai maksimum pada Δp_{max} . Dengan meningkatnya kecepatan alir gas, maka partikel-partikel alumina akan saling tidak kontak akibat adanya aliran gas yang melewati butiran sehingga butiran-butiran tersebut akan bergerak seperti cairan (*fluida*).

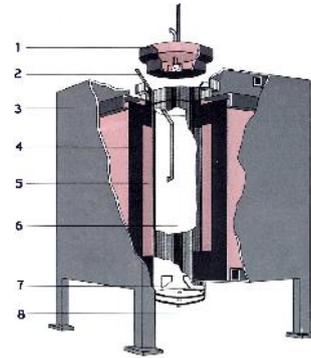
- Tahap *fluidised bed*

Meskipun aliran gas meningkat, tapi penurunan tekanan tetap tidak berubah. Hal ini disebabkan karena partikel padatan akan bergerak bebas/teraduk oleh aliran gas tanpa halangan yang berarti.

Adanya aliran turbulen dan pergerakan cepat dari fluida (alumina atau silika), menyebabkan peningkatan koefisien perpindahan panas pada *fluidised bed* hingga $120-1200 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien perpindahan panas dalam dapur *fluidised bed* antara lain : ukuran partikel, jenis material *bed* dan kecepatan fluidisasi gas.

Keuntungan Dan Kerugian Dapur Fluidised Bed

Fluidised bed terdiri atas dapur (retort, pemanas dan insulasi) dan sistem kontrolnya. Dapur dipanaskan oleh elemen pemanas dan gas (nitrogen) dialirkan ke dapur untuk melindungi terjadinya oksidasi atau dekarburisasi di dalam *fluidised bed*. Adapun konstruksi pada suatu dapur *fluidised bed* dapat ditunjukkan dalam Gambar berikut ini.



Gambar 1. Konstruksi dapur *fluidised bed* [R.W. Reynoldson, 1993]

Keuntungannya adalah :

- Kecepatan perpindahan panas yang tinggi, keseragaman temperatur lebih cepat serta dapat dioperasikan hampir pada semua jangkauan temperatur.
- Efisiensi termal tinggi dengan konsumsi listrik rendah.
- Biaya operasional lebih rendah selama digunakan.
- Waktu pemanasan lebih singkat, sehingga mengurangi waktu perlakuan.
- Partikel pada *fluidised bed* tidak abrasif, tidak korosif dan tidak membasahi benda kerja.
- Permukaan yang dihasilkan lebih baik, tidak terjadi *scalling*.
- Deformasi yang terjadi lebih kecil.
- Dapat dipakai untuk berbagai proses perlakuan panas hanya dalam satu dapur, seperti : pengerasan, karbonitridisasi, karburisasi, nitridisasi, nitrokarburisasi dan lain-lain.
- Tidak terjadi korosi.
- Bebas dari polusi dan kontaminasi.
- Dapat juga untuk keperluan pendinginan dan sebagai media celup.
- Laju pemulihan lebih cepat (*faster recovery rates*).
- Perubahan komposisi atmosfer yang cepat (*rapid changes of atmosphere compositions*).

METODOLOGI PENELITIAN

Mencari dasar-dasar teori yang mendukung sekaligus sebagai acuan dalam pembahasan dan pelaksanaan penelitian. Parameter yang perlu diketahui antara lain : Menentukan faktor-faktor lain yang merupakan parameter proses dimana faktor-faktor ini sangat mempengaruhi proses pengerasan permukaan stainless steel tipe 316L, diantaranya :

Non-variabel proses :

1. Menentukan temperature proses
2. Menentukan komposisi gas
3. Menentukan flow rate gas pada temperatur proses
4. Menentukan waktu proses

Variable proses :

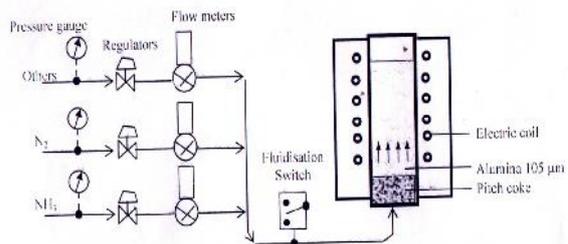
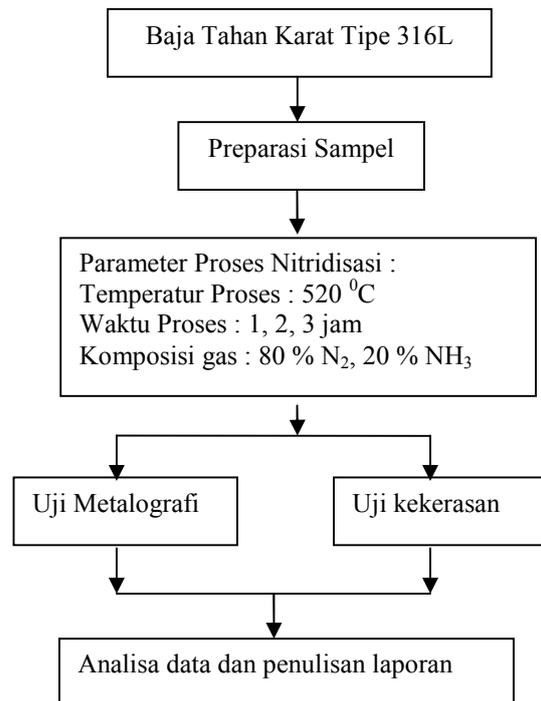
- Temperatur proses yaitu temperatur 520⁰C.
- Komposisi gas yang masuk kedapur yaitu 80% N₂ dan 20% NH₃.(17 mm N₂ : 4 mm NH₃).
- Proses nitridisasi dalam dapur fluidised bed
- Mencari keadaan homogen :
 1. Masukan sampel kedalam dapur fluidised bed dan dilakukan perhitungan waktu proses yaitu 1, 2 dan 3 jam (ketiga sampel dimasukan bersamaan dan dikeluarkan setiap 1 jam kemudian 2 jam dan terakhir 3 jam).
 2. Setelah waktu proses selesai, sampel dikeluarkan dari dalam dapur, dengan media pendingin adalah udara bebas.

PEMBAHASAN

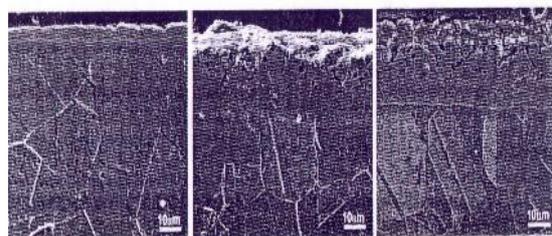
Pengujian-pengujian

1. Uji Metalografi (SEM) : mendapatkan struktur dari hasil Nitriding
2. Uji Kekerasan : mendapatkan nilai kekerasan dari proses nitridisasi pada dapur fluidised bed

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. skema dapur fluidised bed

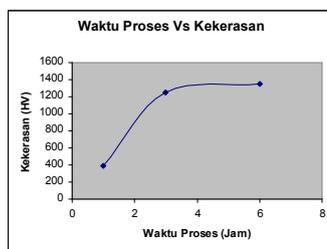


Gambar 3. Hasil Pengujian SEM

Hasil pengamatan metalografi menunjukkan untuk temperatur 500 °C dihasilkan pembentukan lapisan nitrida yang relatif tebal setelah waktu perlakuan nitridisasi 3 dan 6 jam (seperti ditunjukkan pada gambar SEM diatas). Hanya pada gambar 3a menunjukkan pembentukan lapisan tipis dimana proses nitriding dilakukan selama 1 jam. Bentuk lapisan nitrida yang terbentuk pada temperatur ini untuk waktu perlakuan yang lama berbeda dengan yang terbentuk 6 jam. Beberapa fasa berwarna gelap terbentuk dalam lapisan ini (gambar 3b dan 3c), terutama pada bagian atas lapisan. Pembentukan fase-fase gelap tersebut sama dengan yang teramati pada spesiman hasil perlakuan plasma nitriding dan dapat dihubungkan dengan dekomposisi pada fasa S dan pembentukan nitrida khrom.

Tabel 1. Waktu proses Vs Kekerasan

Waktu proses (jam)	Kekerasan (HV)
1	390
3	1250
6	1350



Gambar 4. Waktu Proses Vs Kekerasan

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran kekerasan mikro pada permukaan lapisan nitrida hasil perlakuan nitridisasi terhadap temperatur dan waktu proses. Dapat dilihat nilai kekerasan pada temperatur 500 C selama 1 jam tidak terlalu berpengaruh. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian metalografi yang menunjukkan tidak efektifnya perlakuan nitridisasi pada kondisi tersebut.

Pengukuran kekerasan dan analisa struktur mikro mengindikasikan bahwa pada

kondisi tersebut terdapat masa inkubasi (*incubation time*) untuk memulai terjadinya reaksi nitridisasi. Nitridisasi harus dilakukan untuk waktu yang lebih lama dari masa inkubasi untuk menghasilkan lapisan nitrida yang efektif. Dari hasil pengujian juga menjelaskan bahwa masa inkubasi sangat tergantung temperatur yaitu dengan meningkatnya temperatur proses nitridisasi akan mengurangi masa inkubasi.

Fenomena masa inkubasi ini, yang mana belum dijelaskan pada proses nitridisasi lainnya seperti plasma nitriding, mungkin dapat dihubungkan dengan perlakuan yang terjadi dalam dapur fluidised bed selama pemrosesan berlangsung. Dimana adanya lapisan oksida tipis yang terdapat pada permukaan spesiman uji dibutuhkan untuk mempengaruhi reaksi nitridisasi dengan menghasilkan disosiasi panas. Meningkatnya temperatur maka akan mempercepat disosiasi pada lapisan oksida dan mengakibatkan masa inkubasi yang semakin pendek.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang meliputi kekerasan, dan SEM berdasarkan waktu proses nitridisasi pada stainless steel tipe 316L dengan media dapur fluidised bed dapat disimpulkan bahwa lapisan nitrida yang terbentuk menghasilkan lapisan nitrida yang memiliki S fase, namun terdapat masa inkubasi untuk memulainya nitridisasi yang efektif. Pengujian korosi menunjukkan terbentuknya oksida besi pada permukaan lapisan nitrida spesimen.

Saran

Perlakuan nitridisasi pada stainless steel tipe 316 L dalam dapur fluidised bed dengan temperatur proses 500 °C cenderung menurunkan sifat ketahanan korosinya. Untuk itu, diharapkan untuk melakukan pemrosesan dengan temperatur yang lebih rendah dan menjada agar selama pemrosesan dengan dapur fluidised bed tetap terjaga dari

lingkungan disekitarnya terutama gas O₂ dan H₂. beberapa hal yang dapat dilakukan adalah laju aliran dapat ditingkatkan sehingga udara luar tidak dapat masuk kedalam dapur dan gas yang digunakan sebagai media proses dapat menggunakan komposisi gas yang bebas dari kandungan-kandungan seperti O₂ dan H₂ yaitu dengan menggunakan media gas yang lebih murni seperti gas nitrogen murni (N₂ HP) dengan tingkat kemurnian hingga 99,998 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Reynoldson, *Quality Heat treatment, Surface Treatment in Fluidised Bed Furnace*, Australia.
2. The Contract Heat Treatment Association, *Nitriding and Nitrocarburising*, Datasheet for Non-Heat-Treaters.
3. Gunter Liebmann, *Is Substituting case hardening with nitriding possible for componen susceptible for distortion*, 2003.
4. Gupta, B.K. *Tribology : Material , Coatings and Surface Treatments* , 1991, Indian Institute of Technology New Delhi, India.
5. Robert S., *Material Selection for Wear Resistant*, Surface Engineering.
6. Billingham R., *Heat Treatment of Metals*, Volume 4, 1992, p. 92-102.
7. Davis J.R., *Stainless Steel ASM Hand Book*, 2002.
8. Dawes C., *Nitrotec Services Ltd*, Heat Treatment of Metals, Volume 1, 1990, p. 19-30.
9. Stratton P. F. and K. Bennett, *Heat Treatment of Metals*, Volume 1, 1996, p. 7-10.
10. Reynoldson R.W., *Heat Treatment in Fluidised bed Furnace*, 1993, International Publication, Quality Heat Treatment Pty. Ltd. Australia.
11. R.W. Reynoldson, *Quality Heat Treatment Pty. Ltd*, Australia, Heat treatment of Metals, Vol. 4, 1995, P. 100-103.
12., *Wear Resistant Surface in Engineering, International Research and Development Co Ltd*, Department of Trade and Industry, April, 1985.
13. Landsdown A.R. and A.L. Price, *Material to Resist Wear*, 1986, A Guide to Their Selection and Use, Pergamon Press.
14. Hutching I.M., *Tribology : Friction and Wear of Engineering of Materials*, 1992, London, Edward Arnold.
15. Mittemeijer E. J. and J. T. Slycke, *Chemical Potentials and Activities of Nitrogen and Carbon Imposed by Gaseous Nitriding and Carburising Atmospheres*, 1996.