

PROSES NITRIDING UNTUK PENINGKATAN SIFAT MEKANIK PERMUKAAN MATERIAL *DIES*

Teguh Rahardjo

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

ABSTRAK

Suatu material atau logam yang diaplikasikan untuk cetakan lampu dimana pada saat pengecoran mengalami perubahan bentuk seperti melengkung, aus dan mudah korosi sebagai akibat panas (berkisar 1000 – 1300 °C), selain itu juga menyebabkan waktu penggunaan cetakan menjadi singkat (1000 Jam). Salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut diatas maka dilakukan proses nitriding yang bertujuan untuk mengetahui perilaku dan dampak dari material Dies Lampu setelah proses Nitriding terhadap kekerasan, untuk mengetahui karakteristik permukaan dari Dies Lampu setelah proses Nitriding dan untuk mengetahui perbedaan antara material dies lampu sebelum dan setelah diproses nitriding ditinjau dari segi sifat mekanik. Metode nitriding yang dilakukan adalah gas nitriding dalam Fluidised bed dengan media gas oksigen (O₂), Nitrogen (N₂) dan Amonia (NH₃) dengan perbandingan 86 % N₂ dan 14 % NH₃, dengan variasi waktu proses nitriding yaitu 8 Jam, 10 Jam, dan 12 Jam.

Dampak dari proses nitriding yang dilakukan pada material cetakan lampu yang dibentuk berupa spesimen adalah dapat meningkatkan kekerasan permukaan. Karakteristik permukaan setelah proses nitriding adalah terbentuknya kulit atau lapisan nitrida sifat tahan korosi, ketahanan lelah, ketahanan aus abrasive dan adhesive, kekuatan menahan beban, kekerasan yang tinggi dan aplikasi temperatur tinggi yang baik. Kualitas dari material cetakan lampu yang diproses nitriding lebih baik jika dibandingkan dengan sebelum proses nitriding apabila dilihat dari sifat meknik yang dimiliki. Material cetakan lampu dapat diproses nitriding karena mengandung element / unsur paduan yaitu: C=0,24 (%), Mn=0,61%, P=0,011%, Al=0,018%, V=0,01%, Cr=3,44% , dan Mo=0,49%.

Kata kunci : Nitriding, Diffusi, compound layer, Nitrida.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Didalam kegiatan proses manufaktur perlakuan panas dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap material logam untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisik material tersebut, baik sebagai produk jadi maupun setengah jadi. Perlakuan panas dilakukan dengan maksud mempersiapkan material logam sebagai produk setengah jadi agar layak diproses lanjut dan meningkatkan umur pakai material logam sebagai produk jadi. Proses perlakuan panas merupakan bagian

dari rangkaian proses produksi yang saling mempengaruhi, sehingga dalam merancang suatu proses perlakuan panas harus diperhatikan proses apa yang telah dialami sebelumnya dan apa yang dialami berikutnya, serta akhir apa yang harus dimiliki.

Penggunaan material didunia industri yang terdiri dari berbagai jenis material sangat dipengaruhi dan ditentukan oleh sifat, kinerja dan biaya yang digunakan. Untuk itu pemilihan bahan atau material sangat penting dan dapat disesuaikan dengan pengaplikasiannya. Sifat yang perlu dipertimbangkan dari suatu material

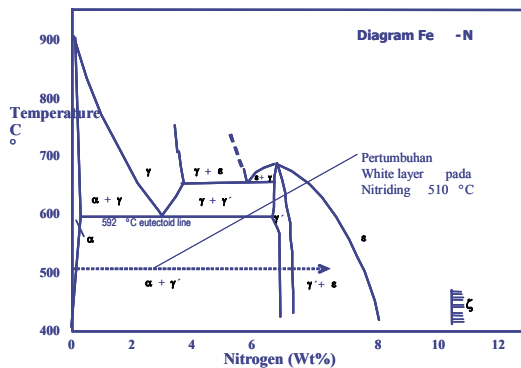
adalah mempunyai beban yang ringan, modulus rendah, kekuatan tinggi dan tahan terhadap korosi. selain itu memiliki sifat ketahanan aus yang baik manakala bergesekan dengan material lain, ketahanan lelah serta ketahanan pelunakan pada temperatur meningkat. Suatu material atau logam yang digunakan sebagai cetakan lampu, pada saat pengecoran mengalami perubahan bentuk seperti melengkung, aus dan mudah korosi sebagai akibat panas (berkisar 1000°C – 1300°C), dan waktu penggunaan dari cetakan tersebut adalah 1000 Jam. Sifat – sifat material terutama sifat mekanik sangat berpengaruh terhadap kualitas dari material itu sendiri, seperti kekerasan yang tinggi tidak menjamin ketahanan terhadap kekuatan, korosi dan keausan. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh sifat yang diinginkan dari material atau logam seperti perlakuan panas permukaan (*Surface Heat Treatment*) diantaranya adalah pengerasan permukaan dengan teknik difusi yakni, *carburizing*, *Nitriding*, *Carbonitriding*, *nitrocarburizing*, *ferritic* dan *boronizing*. Proses ini ditandai dengan menghamburkan atau menyerapkan suatu unsur atom yang pada umumnya kecil seperti: karbon, nitrogen, sulfur, boron, dan oksigen ke dalam permukaan material yang diperlakukan sesuai aplikasi dari jumlah panas, waktu, dan reaksi permukaan logam tersebut. (sumber: *Froes, F. H., Allen, P. G., & Niinomi, M., 1998*). Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian proses perlakuan panas permukaan pada logam *Dies* lampu (tanpa mengubah sifat mekanik bagian intinya) sebagai salah satu alternatif memperbaiki atau meningkatkan

sifat mekanik permukaan logam tersebut sehingga dapat menambah umur pakai. Proses perlakuan panas permukaan (*surface heat treatment*) yang dilakukan adalah proses perlakuan panas permukaan termokimia yaitu *proses nitriding* dengan metode gas didalam *Fluidised Bed Furnace* dengan tujuan untuk mengetahui sifat ketahanan aus, tingkat kekerasan dari logam *dies* lampu, mengetahui karakteristik permukaan dari logam *dies* lampu.

Nitridisasi (Nitriding)

Proses Nitridisasi (*Nitriding*) adalah proses perlakuan panas termokimia (*thermochemical treatment*) dengan tujuan mendifusikan Nitrida kedalam permukaan baja pada temperatur $450\sim 580^{\circ}\text{C}$ sehingga membentuk lapisan ferrite dengan kadar nitrogen mencapai 6%. pada sekitar 6%, fasa gamma membentuk komposisi Fe_4N , pada kadar nitrogen lebih dari 8% hasil reaksi kimia yang terbentuk adalah Fe_{2-3}N serta zona difusi nitrogen dibawah lapisan nitride. Dengan ketentuan baja harus memiliki elemen paduan seperti Al, Ti, Cr, Mo, V, Cr, W, Mo, V, Ti, Nb, Zr (elemen karbida) agar dapat membentuk kulit keras berupa endapan paduan nitrida (TiN , CrN , VN dan lain-lain) untuk meningkatkan ketahanan aus adhesive dan abrasive, ketahanan lelah, dan ketahanan pelunakan pada temperatur meningkat. Proses nitriding sangat baik untuk baja dengan komposisi kimia : C, 0.2 - 0.3 %; Mn, 0.04 - 0.6% ; Al, 0.9 - 1.4 %; Cr, 0.9 to 1.4 %; dan Mo, 0.15 - 0.25 %.

Gambar 1. Diagram Fe- N



Sumber : Anil Kumar Sinha, (2003). Physical Metallurgy Handbook. H.16.82.

Tabel 1 Kriteria Pemilihan Perlakuan Panas Termokimia

	Carburising	Carbonitriding	Nitrocarburising	Nitriding
Ketahanan lelah	✓	✓	✓	✓
Ketahanan abrasi	✓			✓
Ketahanan oksidasi	✓	✓	✓	✓
Aplikasi temperatur tinggi				✓
Risikodosis rendah			✓	✓
Baik kualitas umum	✓	✓	✓	
Aplikasi komponen besar	✓			✓
Ketahanan korosi	✓		✓	✓

Sumber: Ir. Esa Haruman, MSc.Eng, Ph.D." Diktat Perlakuan Panas dan Rekayasa permukaan".

Proses Nitriding dalam Fluidised Bed Furnace

Keunggulan dari Fluidised Bed Furnace yaitu :

- ◆ Dapat digunakan untuk memproses material ferrous maupun nonferrous.
- ◆ Kecepatan perpindahan panas yang tinggi dapat tercapai.
- ◆ Waktu awal perlakuan panas lebih singkat dan dapur dapat ditutup sepanjang malam tanpa mengurangi waktu produksi berikutnya.

◆ Efisiensi thermal yang dihasilkan tinggi dengan konsumsi listrik yang rendah.

◆ Dapat digunakan untuk berbagai jenis pengerasan permukaan kimia (*Thermochemical treatment*).

Suplay Gas dalam Fluidised Bed Furnace

Proses perlakuan panas yang dilakukan pada Fluidised Bed Furnace menggunakan beberapa jenis gas tergantung jenis proses yang dilakukan. Jenis gas tersebut antara lain :

a. Oksigen (O_2)

Gas oksigen berfungsi sebagai fluidising pada waktu *heating* sampai temperatur 500 °C dan cooling dari temperatur 500 °C sampai temperatur kamar.

b. Nitrogen (N_2)

Nitrogen berfungsi sebagai fluidising untuk heating dari temperatur 500°C sampai temperatur proses perlakuan untuk mencegah terjadinya oksidasi terhadap material atau logam yang dipanaskan karena pada temperatur tersebut getaran atom sangat tinggi sehingga udara luar masuk kedalam system. Fungsi utama dari nitrogen adalah memberikan tekanan yang besar dalam system untuk membantu proses reaksi kimia pada gas proses.

c. Natural Gas (LPG dan Metana)

Berfungsi sebagai gas pembentuk carbon akibat reaksi kimia dengan Fe dan nitrogen untuk membentuk karbida dalam karbon rendah. Gas ini digunakan dalam proses carburising, carbonitriding dan Nitrocarburising.

d. Ammonia (NH_3)

Digunakan pada proses Nitriding, carbonitriding dan Nitrocarburising. Dimana unsur N dari ammonia (NH_3)

membentuk reaksi kimia dengan Fe, Al, Cr, Mo, V untuk membentuk lapisan nitrida pada permukaan logam.

Fluidising Medium

Serbuk Aluminium Oxide (Al_2O_3) berfungsi sebagai partikel pengantar panas ke permukaan logam yang diproses. (Mesh 120). Serbuk aluminium oxide terdiri dari : Coarse grit (berwarna hitam dan kasar), sebagai partikel dasar atau sebelum fine grit dengan ukuran yaitu 64 mm dari dasar tungku.

- Fine grit (berwarna putih dan halus) sebagai partikel pengantar panas, dengan posisi setelah coarse grit. Diukur 10 mm dari permukaan retort.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan dalam penelitian ini adalah menggunakan beberapa metodologi yaitu metodologi literatur atau pustaka yakni mengaplikasikan bidang ilmu yang berhubungan dengan bidang ilmu metalurgi, yaitu mengenai pengaruh proses nitriding terhadap spesimen yang mengakibatkan perubahan sifat dan karakteristiknya dan metodologi kasus dalam laboratorium yaitu metode dengan melakukan serangkaian pengujian terhadap spesimen yang diteliti, metode ini dilakukan dengan beberapa kali pengujian di Laboratorium Pengujian Material / Metallografi ITN Malang Jalan Karanglo Km. 2 Malang. Sehingga diperoleh data – data yang kemudian dianalisis secara statistik, sehingga didapat suatu kesimpulan akhir, sedangkan kajian yang diteliti meliputi: analisa kekerasan, analisa mikro struktur dan analisa keausan.

Bahan – Bahan yang Digunakan

♦ **Bahan yang digunakan**

Spesimen yang digunakan pada proses nitriding adalah baja paduan dengan komposisi: C: 0,24%, Mn: 0,61%, P: 0,011%, S: 0,029%, Si: 0,29%, Sn: 0,009%, Al: 0,018%, Cr: 3,44%, Cu: 0,20%, Ni: 0,19%, Nb: 0,0047%, Mo: 0,49%, V: 0,01%.

♦ **Larutan Etcha (Chemical Etching)**

Komposisi Larutan yang digunakan adalah 50% HCl + 25% HNO_3 + 25% H_2O .

♦ **Bentuk Spesimen**

Bentuk spesimen yang digunakan untuk pengujian kekerasan, ketebalan lapisan serta struktur mikro sebagai berikut:

Gambar 2. Cetakan Lampu (sebelum dan setelah dibentuk spesimen)



Hasil Potongan

Ukuran Spesimen:

Ukuran Pin: Diameter 3 mm, 5 mm
Tinggi 20 mm

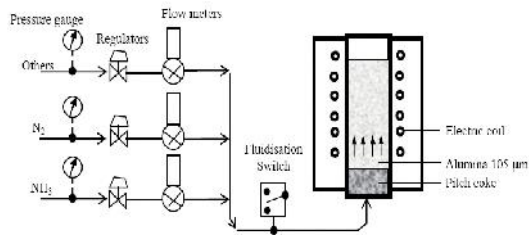
Ukuran disk: Diameter 60 mm
Tinggi 10 mm

Instrumen Penelitian

1. Dapur Fluidized Bed

Dapur yang digunakan dalam proses nitriding adalah Furnace Fluidised Bed.

Gambar 3. Skematik fluidised bed furnace.



2. Mikroskop Optik

Mikroskop optik digunakan untuk mengamati lebih jelas struktur lapisan yang diproses nitriding.

3. Pengujian Keausan Metode Pin On Disk (*Standar ASTM G 99*)

Pengujian menggunakan prosedur dengan mendeterminasi keausan melalui *sliding* dengan menggunakan peralatan *pin on disk*. Juga dapat ditentukan koefisien gesek yang diperoleh berdasarkan pengujian. Prinsip penggunaan dan pengujian dengan tipe ini adalah pada pengujian ini diperlukan 2 buah spesimen. Sebuah pin dengan ujung berbentuk radius (*radius stip*) diletakkan tegak lurus terhadap lingkaran disk dengan permukaan rata. Ujung pin dapat berupa bola yang *rigid*. Selama pengujian berlangsung disk berputar atau sebaliknya pin berputar terhadap titik pusat disk. Sehingga, lintasan lurus (*sliding path*) berbentuk lingkaran pada permukaan disk. Posisi peletakan disk dapat horizontal atau vertikal. Spesimen pin ditekan pada disk dengan beban tertentu yang diatur oleh beban lengan atau pemberat. Metode pembebanannya dapat dapat ditentukan sendiri. Hasil pengujian dicatat sebagai hilangnya volume dalam mm^3 dari pin dan disk secara terpisah. Bila pengujian menggunakan dua jenis material yang

berbeda, disarankan tiap material diuji dengan posisi pin maupun sebagai disk.

Besarnya keausan ditentukan dengan mengukur dimensi secara linear pada spesimen baik sebelum maupun setelah pengujian, ataupun dengan mengukur berat pada kedua spesimen sebelum maupun setelah pengujian

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi Umum

Dalam *Pin-on-Disk Tribometer*, bentuk kontak pin yang berbentuk datar (*flat*) atau bola (*sphere*) akan memberikan beban pada *sample test* ("disk") dengan gaya presisi yang diketahui. Saat disk berputar, gaya normal akan terjadi antara pin dan disk. Laju keausan pada kedua material pin dan disk dihitung sebagai hilangnya volume selama friksi berlangsung.

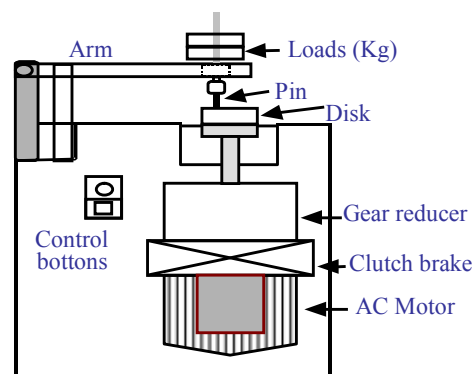
Parameter Kontrol Operasi:

Kecepatan rotasi (RPM), maksimum 500 RPM. Beban normal (Kgf), 1–15 Kgf dengan kenaikan per 1 Kgf. Jumlah putaran sesuai dengan setting

Parameter Pengukuran:

Kehilangan berat dari spesimen disk atau pin. Timbangan Analitis : Merk AND ex Japan Tipe EK-400H, Maksimum Pengukuran 400 gram Akurasi 0.01 gram

Gambar 4. Skematis sistem pengujian keausan pin-on-disk



Perhitungan

Perhitungan volume keausan berdasarkan pengukuran kehilangan berat.

$$\text{Volume Keausan (mm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat yang hilang (g)}}{\text{Berat Jenis (g/mm}^3\text{)}} \times 1000$$

4. Micro Vickers Hardness Tester

Dalam penelitian ini jenis pengujian kekerasan yang digunakan adalah dengan menggunakan metode Vickers (*Mikro Vickers Hardness Tester*). Dengan Spesifikasi : Merk: Mitutoyo, Akashi corporation- Made In Japan; Model: MVK – E3; Serial No.: 555186; Objectif Lens: 55X. Dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{HV} &= 0,102 \text{ F/S} = 0,102 \cdot \text{F} \cdot \sin(\theta/2) / d^2 \\ &= 0,1891 \cdot \text{F} / d^2 \\ &= 1,854[0,1854(0,102 \cdot \text{F})] / d^2 \end{aligned}$$

Dimana :

HV = Satuan kekerasan vickers

F = Beban penekanan (N)

S = Luas permukaan identasi (mm²)

d = Panjang diagonal identasi (mm)
(d_x + d_y) / 2

θ = Sudut permukaan Identor (136°)

Jika menggunakan objective lens 55 X
maka :

$$d = a / 5,44 / 1000 \text{ (d = mm)}$$

Jadi :

$$\text{HV} = 0,1891 \cdot \text{F} / (a / 5,44 / 1000)^2.$$

(sumber : Mitutoyo, *Tabel for Vickers Hardness Number for MVK - E3*)

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Data Hasil Pengujian

Dari seluruh rangkaian kegiatan proses Nitriding pada spesimen didalam dapur *Fluidized Bed*, maka evaluasi terhadap hasil proses yang diperlukan meliputi kekerasan permukaan, distribusi kekerasan, ketebalan lapisan dan struktur mikro.

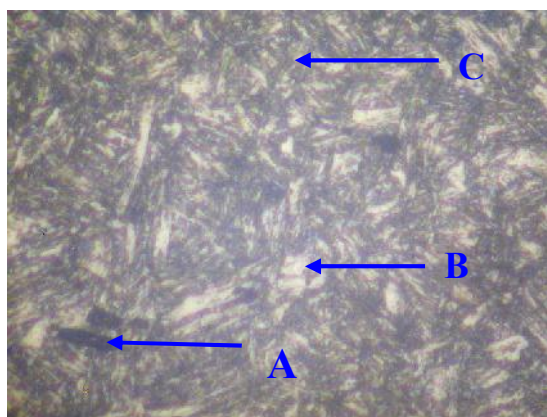
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan kedalaman Lapisan

No.	Posisi Titik (μm)	Nitriding 8 Jam		Nitriding 10 Jam		Nitriding 12 Jam	
		a: Diagonal (μm)	HV (N/mm ²)	a: Diagonal (μm)	HV (N/mm ²)	a: Diagonal (μm)	HV (N/mm ²)
1	62,5	90,0	677,55	87,0	725,08	85,0	759,60
2	125,0	82,8	801,47	78,0	902,06	77,0	925,64
3	187,5	83,0	796,65	82,5	806,34	79,0	879,37
4	250,0	84,0	777,80	83,5	787,14	81,0	836,48
5	312,5	84,5	768,62	84,5	768,62	85,0	759,60
6	375,0	86,0	742,04	85,0	759,60	86,0	742,04
7	437,5	87,0	725,08	86,5	733,49	87,0	725,08
8	500,0	88,5	700,71	87,5	716,82	89,5	685,14
9	562,5	102,0	527,50	99,5	554,34	93,0	634,54
10	625,0	121,5	371,77	100,5	543,37	96,5	589,35
11	687,5	126,0	345,69	118,0	394,15	98,5	565,66
12	750,0	133,0	310,26	126,0	345,69	124,5	354,07
13	812,5	134,5	303,38	130,5	322,26	131,5	317,38
14	875,0	134,0	305,64	133,5	307,94	134,5	303,38

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Keausan

No.	Waktu Nitriding (Jam)	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Berat yang hilang (Gram)	Volume Keausan (mm ³)	Volume Keausan Rata-Rata (mm ³)
1	0	102,7623	102,6716	0,0907	11,67677	11,976
2		102,6716	102,5865	0,0851	10,95035	
3		102,5865	102,4832	0,1033	13,29982	
4	8	103,6723	103,6298	0,0425	5,47348	6,809
5		103,6298	103,5597	0,0700	9,01300	
6		103,5597	103,5135	0,0462	5,94174	
7	10	109,1011	109,0728	0,0283	3,64899	4,865
8		109,0728	109,0274	0,0454	5,83838	
9		109,0274	108,9877	0,0397	5,10859	
10	12	108,9452	108,9254	0,0198	2,55429	2,798
11		108,9254	108,9084	0,0170	2,18939	
12		108,9084	108,8800	0,0283	3,64899	

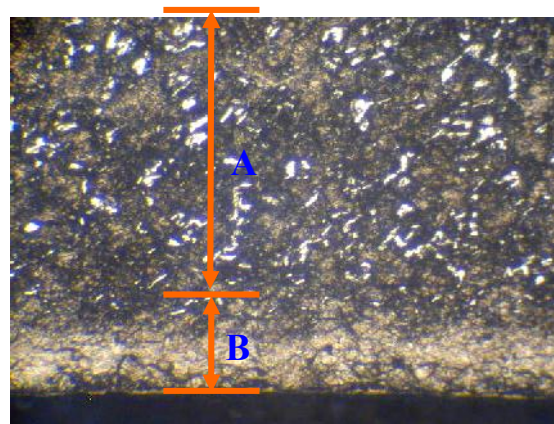
Gambar 5. Photo Strukturmikro sebelum Proses Nitriding



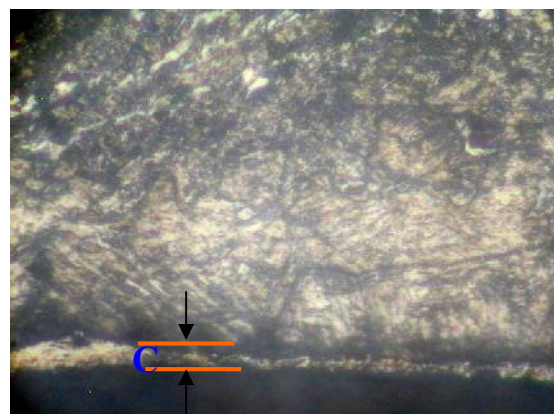
Keterangan:

- Pembesaran 315X A : Porositas
- B : Struktur Ferrit C : Struktur Pearlit

Gambar 6. Photo Strukturmikro setelah Proses Nitriding 8 Jam

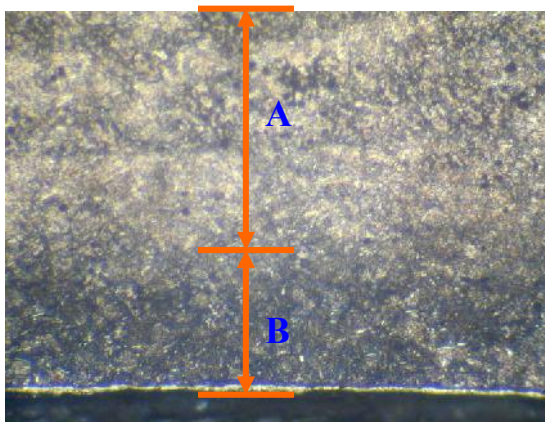


6a. Pembesaran 100X

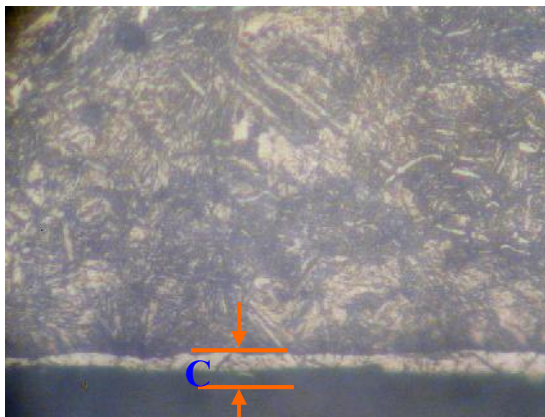


6.b. Pembesaran 315X

Gambar 7. Photo Strukturmikro setelah proses Nitriding 10 Jam

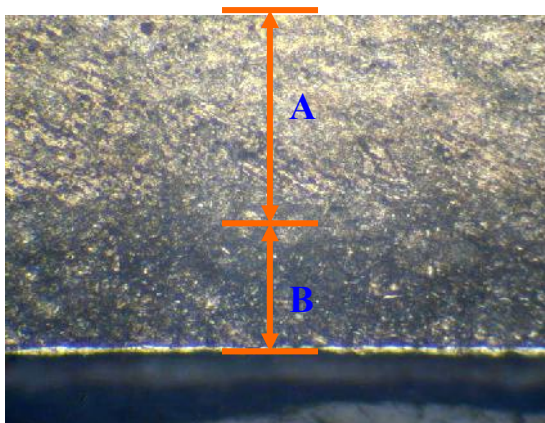


7.a. Pembesaran 100X

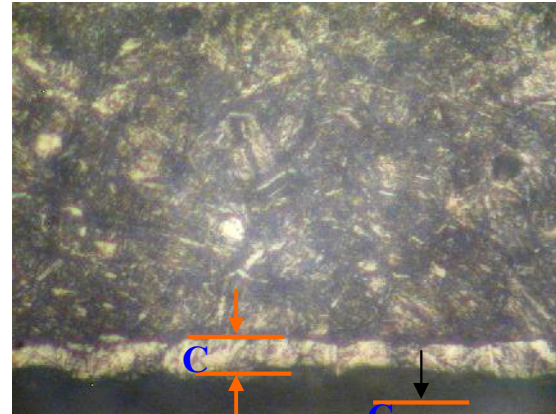


7.b. Pembesaran 315X

Gambar 13. Photo Strukturmikro setelah proses Nitriding 12 Jam



8.a. Pembesaran 100X

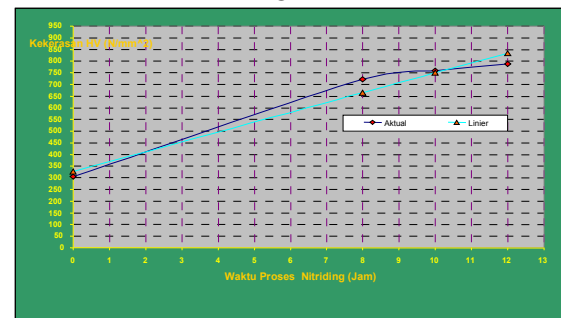


8.b. Pembesaran 315X

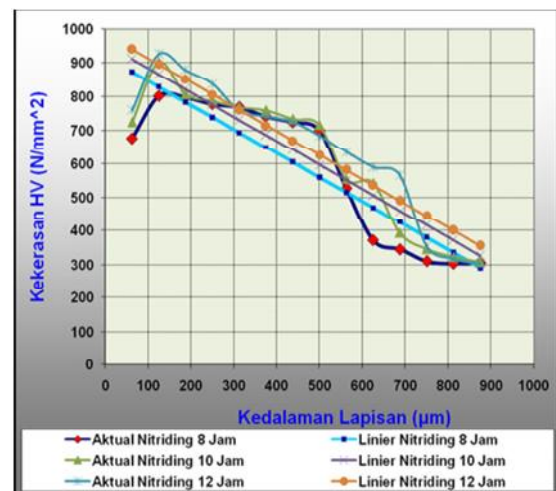
Keterangan gambar 12; 13; 14 :

- A = Bagian inti material
- B = Kedalaman Lapisan
- C = Lapisan Nitrida.

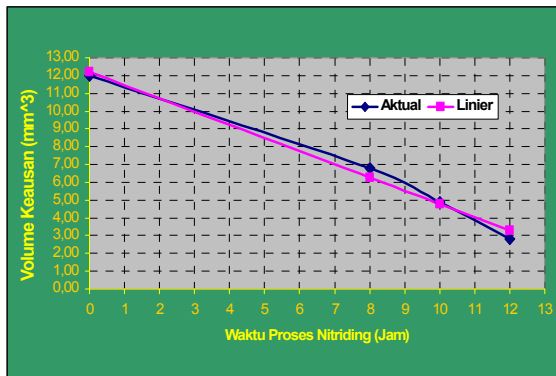
Grafik 4. Hubungan antara Kekerasan dengan Waktu Proses Nitriding



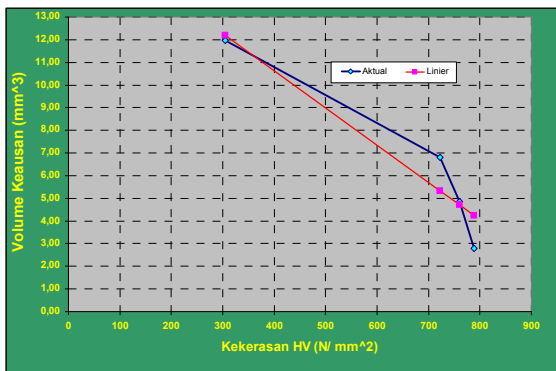
Grafik 2. Hubungan antara Kekerasan dengan Ketebalan Lapisan setelah Proses Nitriding selama 8 Jam, 10 Jam dan 12 Jam



Grafik 3. Hubungan Volume Keausan terhadap waktu Proses Nitriding



Grafik 4. Hubungan antara Volume Keausan dengan Kekerasan



Gambar 9. Ilustrasi Permukaan specimen setelah proses Nitriding

Compound Layer	Kedalaman Lapisan
Nitriding 8 Jam	25 μm 562,5 μm
Nitriding 10 Jam	32 μm 625,5 μm
Nitriding 12 Jam	38 μm 687,5 μm

PEMBAHASAN

Proses Nitriding yang dilakukan pada material lampu dalam bentuk specimen ini, dimana perbandingan gasnya adalah 86 % Nitrogen (N_2) dan 14 % Amonia (NH_3) pada temperatur 550 °C diperoleh hasil kekerasan permukaan,

volume keausan dan kedalaman lapisan yang berbeda-beda dari waktu proses yang bervariasi.

Dari hasil pengujian kekerasan permukaan sebelum dan sesudah proses nitriding yang kemudian diolah dalam bentuk grafik (grafik 4), terlihat bahwa kekerasan permukaan meningkat akibat dampak dari proses nitriding. Pada spesimen sebelum pperlakuan diperoleh nilai kekerasan rata – rata : 305,16 HV (N/mm^2), dan setelah diproses nitriding selama 8 jam diperoleh nilai kekerasan rata – rata : 722,21 HV (N/mm^2); 758,80 HV (N/mm^2) selama 10 Jam (tabel 4) dan 788,34 HV (N/mm^2) selama 12 Jam (tabel 4).

Pada pengujian kekerasan lapisan atau distribusi kekerasan (grafik 5) yang hanya dilakukan pada specimen setelah proses nitriding. Titik pertama dilakukan pada posisi paling tengah dari permukaan specimen yang telah dipotong kemudian titik kedua dan titik selanjutnya sampai diperoleh nilai kekerasan mendekati atau sama dengan nilai kekerasan pada posisi titik pertama, dilakukan mulai dari pinggir mengarah ke bagian tengah permukaan specimen. Pada specimen yang diproses selama 8 Jam, titik kedua dimulai dari pinggir dengan jarak 62,5 μm dengan kekerasan 677, 55 HV (N/mm^2), titik ketiga pada jarak 125 dari pinggir dengan kekerasan 800,47 HV (N/mm^2). uji kekerasan pada titik selanjutnya dengan jarak yang sama antara titik kedua dan ketiga sampai 14 titik. Sehingga dari distribusi kekerasan pada specimen nitriding 8 jam diperoleh kedalaman lapisan 562,5 μm dan compound layer 25 μm . Dengan cara yang sama dilakukan pada specimen Nitriding 10 Jam dan 12

Jam. Untuk spesimen nitriding 10 Jam tebal compound layer yang terbentuk adalah 32 μm dan kedalaman lapisannya adalah 625 μm , dari ketebalan lapisan tersebut posisi yang paling keras adalah 125 μm dari pinggir yaitu 902,06 HV (N/mm^2). Sedangkan untuk nitriding 12 jam, tebal compound layer yang terbentuk adalah 38 μm dan kedalaman lapisannya adalah 687,5 μm dan kekerasan yang paling tinggi pada lapisan adalah 925,64 (N/mm^2) pada posisi 125 μm dari pinggir.

Pada pengujian keausan yang dilakukan pada spesimen seperti pada grafik 6, dimana volume keausan semakin menurun sebagai dampak dari proses nitriding. Proses nitriding dengan variasi waktu diperoleh volume keausan yang menurun mulai dari 8 Jam, 10 Jam dan 12 Jam. Volume keausan yang paling besar adalah spesimen sebelum proses nitriding dengan rata-rata 11, 976 mm^3 tetapi setelah diproses nitriding 8 Jam volume keausan menurun menjadi 6,809 mm^3 , pada nitriding 10 jam 4,865 mm^3 dan yang paling rendah adalah nitriding 12 jam yaitu 2,798 mm^3 . Penurunan volume keausan disebabkan semakin kerasnya permukaan akibat lapisan nitrida menpadat waktu yang cukup untuk menambah kedalaman atau ketebalan (seperti pada grafik 7).

Dari hasil pengamatan strukturmikro spesimen sebelum proses nitriding, struktur yang terlihat adalah ferrite dan pearlit dan martensit. Pada spesimen setelah proses nitriding terbentuk kulit keras berupa endapan paduan nitrida (*compound layer*) yang mengandung Fe_4N pada permukaan spesimen sebagai hasil dari ikatan kimia

antara atom nitrogen dengan unsur paduan dalam baja. Difusi ini terjadi dibawah temperatur transformasi ferit/ austenit.

Kekerasan permukaan dan kedalaman lapisan terbentuk akibat dari difusi nitrogen yang membentuk ikatan dengan unsur dalam material yaitu : Al, Mg, Si, Ti, V, Cr, Mo, dan Fe untuk menghasilkan suatu lapisan nitrida. Dimana unsur N masuk kepermukaan dan bereaksi dengan unsur Fe membentuk Fe_4N dan pada akhir reaksi membentuk nitrida (senyawa $\epsilon \text{ Fe}_2\text{-}_3\text{N}$). Selain itu kedalaman atau ketebalan lapisan yang terbentuk juga dipengaruhi oleh lamanya waktu proses nitriding sehingga membuat unsur N semakin berdifusi ke dalam inti material.

PENUTUP

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa:

- Terdapat dampak dari proses nitriding yang dilakukan pada material cetakan lampu yang dibentuk berupa sepsimen yaitu dapat meningkatkan kekerasan permukaan dari variasi waktu proses dilakukan. Nilai kekerasan awal atau sebelum proses adalah 305,16 HV (N/mm^2) meningkat menjadi 722,21 HV (N/mm^2) dengan waktu selama 8 Jam kemudian meningkat menjadi 758,80 HV (N/mm^2) dengan penambahan waktu 2 Jam (10 Jam). Dan yang terakhir sekaligus kekerasan permukaan yang paling tinggi dari ketiga variasi waktu yang dilakukan adalah 788,34 HV (N/mm^2) selama 12 Jam. Dengan demikian peningkatan kekerasan tersebut dapat mengurangi

volume keausan terbukti dari hasil pengujian yang dilakukan yaitu dari 11,976 mm³ sebelum proses nitriding turun menjadi 6,809 mm³ kemudian turun lagi masing – masing menjadi 4,865 mm³ dan 2,798 mm³ dengan waktu proses 10 Jam dan 12 Jam.

- b. Karakteristik permukaan setelah proses nitriding adalah terbentuknya kulit atau lapisan nitrida (Fe₄N). Kulit atau lapisan tersebut memiliki sifat tahan korosi, ketahanan leleh, ketahanan aus abrasive dan adhesive, kekuatan menahan beban, menaikkan tingkat kekerasan dan aplikasi temperatur tinggi yang baik.
- c. Material cetakan lampu dapat diproses nitriding karena mengandung element / unsur paduan: C=0,24 (%), Mn=0,61%, P=0,011%, Al=0,018%, V=0,01%, Cr=3,44% , dan Mo=0,49%. Berdasarkan kedua hal tersebut diatas, maka disimpulkan bahwa kualitas dari material cetakan lampu yang diproses nitriding lebih baik jika dibandingkan dengan sebelum proses nitriding.

SARAN

- a. Pada penelitian ini tidak melakukan metode Single Stage dan Double Stage Nitriding, sehingga white layer kemungkinan bisa terbentuk. Terbentuknya white layer ini tidak diinginkan karena bersifat rapuh. Untuk itu disarankan untuk melakukan metode tersebut.
- b. Dalam penelitian ini, batasan masalah hanya mencakup pengujian Kekerasan pada permukaan dan lapisan, pengujian keausan serta pengamatan struktur mikro, untuk

mengetahui transformasi fasa yang terjadi dan laju korosi maka disarankan untuk pengujian TEM atau XRD dan pengujian korosi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alan Cottrell. 1975. *An Introduction To Metallurgy* (2nd ed.) Cambridge: Edward Arnold (Publishers) Ltd.
2. Albert G. Guy, John J. Hren. 1974. *Elements Of Physical Metallurgy* (3^{ed} ed.). Florida: Oxford & IBH Publisher Co.
3. Anil Kumar Sinha. (2003). *Physical Metllurgy Handbook*. Mc Graw Hill Book Companies, Inc. United States of America.
4. ASM HANDBOOK. Volume 4. *Heat Treatment*.
5. Cao, Y. (2003). “*Surface hardening of austenitic stainless steels via low-temperature colossal supersaturation*”. Unpublished Ph. D. Dissertation, Case Western Reserve University, Cleveland.
6. CH. Knerr, TC. Rose, and J.H. Filkowski, (1991). Gas Nitriding, *Heat Treating*, Vol 4, *ASM Handbook*, ASM International. H. 387- 409.
7. Hutchings, I.M., (1992). *Tribology :Friction and Wear of Engineering of Materials*. Edward Arnold,.London.
8. K.G. Budinski, (1988). *Diffusion Processes, Chapter 4, Surface Engineering for Wear Resistance*, Prentice-Hall, H 78-119.
9. Lawrence H. Van Vlack. (1992). *Elemen – Elemen Ilmu dan Rekayasa Material (Edisi KeEnam)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

10. Riduwan , (2007). *Metode dan Teknik Menyusun Tesis*. Cetakan Ke-5, Alfabeta, Bandung.
11. Smallman, R. E. dan Bishop, R. J., 2000, "*Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*", Erlangga, Jakarta.