

Karakteristik Hasil Proses Nitridisasi Besi Tuang Nodular Temperatur 550⁰C pada Waktu Penahanan 2 Jam, 4 Jam, 6 Jam

W. G. S. Wardiana, W. Sujana

Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: iwayangedesuptrawardiana@gmail.com

ABSTRACT

Nitridisasi merupakan suatu proses perlakuan panas termokimia yang dimana nitrogen dan amonia didifusikan kepermukaan material (ferro and non-ferro) pada temperatur 500-600⁰C sehingga membentuk pengerasan kulit akibat terbentuknya lapisan nitrida paduan pada permukaan. Namun pengerasan permukaan ditentukan oleh paduan dari material yang dilakukan proses nitridisasi. Tujuan Nitridisasi adalah untuk memperbaiki ketahanan aus, meningkatkan ketahanan lelah, dan memperbaiki ketahanan terhadap korosi. Proses nitridisasi ini juga dapat mengganti jenis perlakuan panas lain yang menekankan performance yang baik. Pada penelitian ini akan memanfaatkan besi cor nodular yang akan diproses nitridisasi menggunakan fluidised bed furnace.

Pada penelitian ini menggunakan pengujian distribusi kekerasan (metode vickers) untuk mengamati sejauh mana nitrogen berdifusi pada permukaan spesimen, dan pengamatan struktur mikro dengan scanning electron microscope, energy dispersive X-Ray spectroscopy (SEM-EDS). Penelitian ini akan memberikan informasi fenomena proses nitridisasi pada besi cor nodular sehingga mendapatkan suatu analisis yang sesuai dengan metode sehingga menghasilkan kualitas kekerasan permukaan yang baik.

Keywords Nitridisasi, Kekerasan Permukaan, Besi Cor Nodular, SEM-EDS.

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Besi cor merupakan salah satu material tertua yang pernah ditemukan oleh manusia diantara semua jenis logam. Logam ini sangat banyak digunakan atau diaplikasikan untuk kendaraan dan mesin-mesin yang digunakan didalam pabrik. Besi cor juga memiliki temperatur yang sangat rendah yaitu sekitar 1200⁰C.²⁾ Dengan temperatur leleh yang sangat rendah dapat menguntungkan karena mudah dicairkan sehingga pemakaian bahan bakar bisa lebih hemat.

Kebutuhan besi cor didunia otomotif dari tahun ke tahun semakin meningkat sehingga kehandalan dari besi cor harus ditingkatkan dengan cara melalui berbagai penelitian sehingga dapat menemukan besi cor yang memiliki kualitas yang baik untuk dijadikan komponen-komponen pada mesin otomotif. selain mempunyai sifat keras besi cor nodular juga mampu bekerja pada temperatur yang tinggi. Untuk mendapatkan kualitas kekerasan pada permukaan besi cor maka harus dilakukan perlakuan panas termokimia (thermochemical treatment). Pada penelitian ini dilakukan perlakuan panas nitridisasi untuk mendapatkan material yang ulet dan keras pada permukaannya sehingga dapat diaplikasikan sebagai cam shafts, crankshafts, poros engkol, ring piston, dan komponen-komponen pada mesin diesel Method

TINJAUAN PUSTAKA

Nitridisasi

Nitridisasi adalah suatu proses perlakuan panas termokimia (thermochemical treatment) dimana nitrogen didifusikan ke permukaan material (ferro and non-ferro) pada temperatur 500-600⁰C sehingga terbentuk pengerasan kulit akibat terbentuknya lapisan nitrida paduan pada permukaan spesimen. Ketebalan lapisan yang terbentuk berkisaran 0,2-0,7 mm dengan kekerasan mencapai 900-1100 HV. Karena suhu prosesnya sangat rendah maka kemungkinan terjadinya distorsi geometri atau terjadinya retak yang sangat kecil. Beberapa sifat yang penting yang dihasilkan oleh proses nitridisasi adalah keausan abrasive, ketahanan aus adhesive dan ketahanan korosi.¹⁾ **Diagram FeN**

Pada kondisi tertentu, atom-atom nitrogen yang berdifusi akan bereaksi dengan atom-atom besi membentuk senyawa nitrida besi FeN seperti Fe₂N, Fe₃N, dan Fe₄N yang memiliki sifat yang keras dan stabil pada temperatur tinggi. Ketika

mencapai temperatur nitridisasi, nitrogen akan terlarut dalam besi dengan kelarutan maksimum 0,1% massa. Ketika lebih besar dari 0,1% maka akan membentuk senyawa nitrida γ' (Fe_4N). Jika kelarutan nitrogen pada besi melebihi 6%, maka nitrida γ' (Fe_4N) akan berubah menjadi ϵ ($\text{Fe}_{2,3}\text{N}$). Pada temperatur 500°C dengan kadar nitrogen lebih dari 11% maka nitrida ξ (Fe_2N) akan segera terbentuk dan diatas 650°C Fe_4N akan terurai.⁴⁾

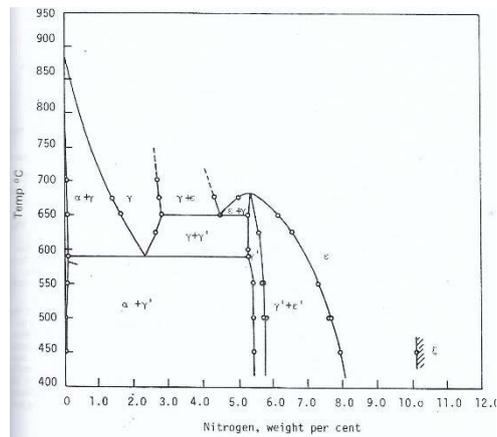


Fig. 1. Diagram Fasa Fe-N
Sumber : Arthur dkk, 1986

Macam-macam Nitridisasi

- Gas Nitridisasi
Gas nitridisasi dilakukan dengan pemanasan antara temperatur $500\text{-}600^\circ\text{C}$ dalam dapur pemanas dengan atmosfer yang banyak mengandung nitrogen⁶⁾
- Pack Nitriding
Pack atau serbuk (solid) mempunyai kesamaan pada proses pack carburising. Pack nitriding dilakukan dengan memanaskan benda kerja didalam kotak tertutup rapat yang berisi nitriding compound.
- Plasma Nitriding
Plasma nitriding biasanya juga dikenal sebagai ion nitriding. Plasma nitriding merupakan pengembangan dari konvensional gas nitriding dimana sumber gas diperoleh dari amonia atau campuran antara nitrogen dengan hidrogen.

Fluidised Bed Furnace

Teknologi fluidised bed saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja dan besi. serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media transfer panas dari dinding dapur menuju kespesimen dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas pengerasan permukaan. Namun kualitas pengerasan permukaan sangat ditentukan oleh paduan dari material yang akan diproses.⁶⁾

Keunggulan dari Fluidised Bed

Keunggulan dari fluidised bed³⁾ yaitu :

- Dapat digunakan untuk memproses material ferro maupun non-ferro.
- Kecepatan perpindahan panas yang tinggi dapat dicapai.
- Waktu awal perlakuan panas lebih singkat dan dapur dapat ditutup sepanjang malam.
- Efisiensi thermal yang dihasilkan tinggi dengan konsumsi listrik yang rendah
- Dapat digunakan untuk berbagai jenis pengerasan permukaan kimia (thermochemical treatment)

Kekurangan dari Fluidised Ben

Kekurangan dari fluidised bed yaitu :

- Sangat potensi terjadinya peledakan, bila terdapat kebocoran
- Aarah dari aksi fluidised bed pada permukaan benda kerja yang berorientasi secara berbeda-beda.
- Variasi ukuran komponen kerja yang diijinkan sulit diketahui.

RANCANGAN PENELITIAN

Dalam melakukan pengujian dilakukan beberapa metode dan rancangan penelitian sehingga pengujian dilakukan dengan cara jelas dan sistematis. Proses nitridisasi dilakukan di laboratorium metalurgi Institut Teknologi Nasional Malang. Untuk pengujian yang dilakukan yaitu pengujian distribusi kekerasan, pengamatan foto SEM (scanning electron microscope) dan pengujian komposisi kimia EDS (energi dispersive X-Ray spectroscoy). Adapun bahan yang digunakan adalah besi cor nodular.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Distribusi Kekerasan

TABEL 1. HASIL UJI DISTRIBUSI KEKERASAN PROSES NITRIDISASI SELAMA 2 JAM,4 JAM, 6 JAM

Kode Spesimen	Jarak (µm)	Kekerasan (HV)
FDC 550 ⁰ C 2 Jam	10µm	225,1
	20µm	197,7
	30µm	193,4
	40µm	193,3
	50µm	190,6
FCD 550 ⁰ C 4 Jam	10µm	294,1
	20µm	245,1
	30µm	236,3
	40µm	208,8
	50µm	194,3
FCD 550 ⁰ C 6 Jam	10µm	313,2
	20µm	295,0
	30µm	185,0
	40µm	181,9
	50µm	164,9

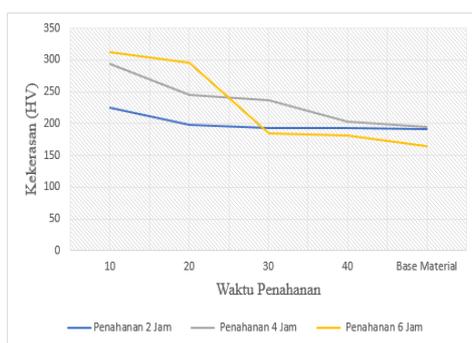


Fig. 2. Grafik Hubungan Antara Kekerasan (HV) Dengan Jarak (µm)

Pada grafik 1 waktu penahanan (holding time) 6 jam memiliki kekerasan permukaan paling tinggi yaitu sebesar 313,2 HV jarak 10µm, Dimana dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu holding maka kekerasan lapisan nitrida pada permukaan semakin tinggi. Pada grafik terlihat kekerasan paling tinggi berada pada permukaan spesimen dan menurun seiring dengan meningkatnya kedalaman pada lapisan nitridisasi. Hal ini disebabkan karena konsentrasi difusi dari atom nitrogen jauh lebih besar pada permukaan dibandingkan dengan difusi atom pada kedalaman tertentu.. Waktu penahanan (holding time) sangat berpengaruh pada nilai kekerasan dari difusi yang dihasilkan.

Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan (Rockwell Hardness Tester)

TABLE I. HASIL PENGUJIAN KEKERASAN PERMUKAAN

Kode Spesimen	Jumlah Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)
FCD Sebelum Perlakuan	Titik ke-1	185	195 HV
	Titik ke-2	200	
	Titik ke-3	190	
	Titik ke-4	200	
	Titik ke-5	200	
Kode Spesimen	Jumlah Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)
FCD 550 ⁰ C 2 Jam	Titik ke-1	210	218,6 HV
	Titik ke-2	216	
	Titik ke-3	222	
	Titik ke-4	222	
	Titik ke-5	222	
Kode Spesimen	Jumlah Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)
FCD 550 ⁰ C 4 Jam	Titik ke-1	200	210,6 HV
	Titik ke-2	205	
	Titik ke-3	216	
	Titik ke-4	216	
	Titik ke-5	216	
Kode Spesimen	Jumlah Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)
FCD 550 ⁰ C 6 Jam	Titik ke-1	216	216 HV
	Titik ke-2	216	
	Titik ke-3	222	
	Titik ke-4	216	
	Titik ke-5	210	



Fig. 3. Grafik Hubungan Antara Kekerasan dengan Waktu Penahanan

Dari grafik 4.5 terlihat hasil pengujian yang didapatkan sebesar 2253 HV pada spesimen sebelum perlakuan, 2930,8 HV pada waktu penahanan 2 jam, 2700,6 HV pada waktu penahanan 4 jam dan 2854,6 HV pada waktu penahanan 6 jam. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekerasan permukaan paling tinggi yaitu pada penahanan 2 jam dengan nilai kekerasan 2930,8 HV.

HASIL PENGAMATAN SEM

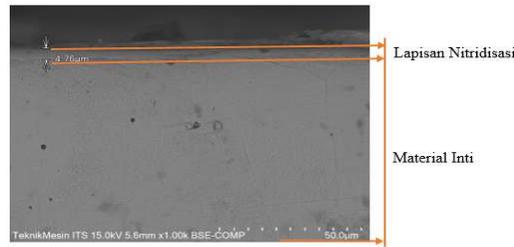


Fig. 4. Gambar Hasil pengamatan SEM pembesaran 1000x tampak depan dengan waku nitridisasi 2 Jam

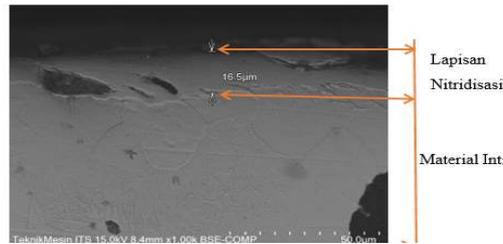


Fig. 5. Gambar Hasil pengamatan SEM pembesaran 1000x tampak depan dengan waktu nitridisasi 4 jam

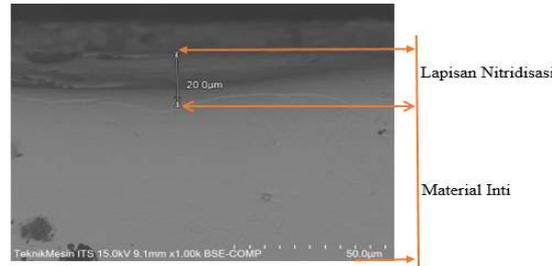


Fig. 6. Gambar Hasil pengamatan SEM pemesaran 1000x tampak depan dengan waktu nitridisasi 6 jam

Dari hasil pengamatan SEM terlihat pada gambar 2 lapisan nitrida sudah terbentuk dengan ketebalan 4,67μm. Pada gambar 3 ketebalan lapisan nitrida sebesar 16,5μm dan Pada Gambar 4 ketebalan lapisan nitrida sebesar 20,0μm. Dimana dari pengamatan SEM diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin lama waktu penahanan (holding time) maka ketebalan lapisan nitrida semakin tinggi.

HASIL PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA (EDS)

TABLE II. HASIL PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA (EDS) PADA PROSES NITRIDISASI DENGAN WAKTU 2 JAM

Smart Quant Results								
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	1.24	4.41	32.87	11.83	0.0038	1.3094	0.2219	1.0000
N K	6.87	20.89	295.78	8.71	0.0291	1.2765	0.3314	1.0000
O K	1.06	2.83	77.90	12.83	0.0054	1.2531	0.4054	1.0000
AlK	0.42	0.88	32.34	13.43	0.0021	1.1149	0.4443	1.0017
SiK	3.16	4.79	315.42	6.42	0.0208	1.1395	0.5712	1.0027
MnK	0.73	0.58	28.24	18.38	0.0078	0.9456	0.9988	1.1350
FeK	84.56	84.45	2298.92	2.43	0.8144	0.9902	1.0012	1.0018
CoK	1.85	1.41	42.53	12.29	0.0182	0.6376	0.9938	1.0034

TABLE III. TABEL HASIL PROSES PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA (EDS) PADA PROSES NITRIDISASI DENGAN WAKTU 4 JAM

Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	1.45	5.23	22.72	12.73	0.0042	1.3129	0.2204	1.0000
N K	5.60	17.36	143.23	9.05	0.0235	1.2829	0.3287	1.0000
O K	1.27	3.44	57.88	10.50	0.0087	1.2504	0.4181	1.0000
AlK	0.50	0.81	23.35	13.68	0.0025	1.1180	0.4423	1.0017
SiK	3.12	4.81	196.47	8.84	0.0203	1.1426	0.5687	1.0027
MnK	0.48	0.38	10.56	28.66	0.0052	0.9484	0.9984	1.1371
FeK	85.88	66.71	1406.70	2.50	0.8292	0.9631	1.0011	1.0016
CoK	1.71	1.28	22.52	16.47	0.0181	0.9405	0.9938	1.0033

TABLE IV. TABEL HASIL PROSES PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA (EDS) PADA PROSES NITRIDISASI DENGAN WAKTU 6 JAM

Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	2.54	7.19	79.25	10.60	0.0075	1.2837	0.2346	1.0000
N K	15.04	36.51	737.74	8.32	0.0824	1.2345	0.3381	1.0000
O K	2.16	4.59	142.01	10.87	0.0084	1.2089	0.3234	1.0000
AlK	0.61	0.76	58.38	11.38	0.0031	1.0747	0.4791	1.0018
SiK	4.06	4.92	479.38	6.04	0.0269	1.0662	0.6022	1.0027
MnK	0.48	0.30	19.49	15.74	0.0050	0.9088	1.0009	1.1384
FeK	76.12	45.74	2290.30	2.45	0.8983	0.9222	1.0031	1.0021

Dari hasil pengujian komposisi kimia (EDS) pada tabel 3 proses nitridisasi dengan waktu 2 jam didapatkan kandungan nitrogen sebesar 6,87% maka dari teori yang dijelaskan diatas diperoleh senyawa $Fe_{2,3}N$ dari kandungan nitrogen 6,87%. Pada tabel 4 diperoleh kandungan nitrogen sebesar 5,60% lebih kecil dibandingkan dengan tabel 2. Sehingga senyawa kimia yang diperoleh menjadi Fe_4N

Pada Tabel 5 diperoleh kandungan nitrogen sebesar 15,04%. Kandungan nitrogen pada tabel 6 naik sebesar 9,44% ini disebabkan karena waktu penahanan (holding time) meningkat sehingga atom nitrogen bisa berdifusi maksimal dengan atom besi dan bergerak jauh berdifusi sampai ke inti material dan kandungan nitrogen menjadi meningkat sehingga diperoleh senyawa Fe_2N

Dari hasil pembahasan diatas maka diperoleh senyawa $Fe_{2,3}N$ pada waktu penahanan 2 jam, Fe_4N pada waktu penahanan 4 jam dan Fe_2N pada waktu penahanan 6 jam

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Seiring bertambahnya waktu penahanan (holding time) maka nilai kekerasan difusi lapisan nitrida yang diperoleh semakin tinggi.
- Dari hasil pengamatan SEM semakin lama waktu penahanan (holding time) maka lapisan nitrida semakin meningkat.
- Dari hasil pengujian komposisi kimia (EDS) kandungan nitrogen paling tinggi terdapat pada spesimen yang diproses nitridisasi dengan waktu holding 6 jam
- Pembahasan diatas diatas maka proses nitridisasi belum mencapai optimal karena kandungan nitrogen belum mencapai 20%.

REFERENCES

- [1] Arthur G, Birh D, dkk. 1986. *wire Resistant Surfaces in Engineering*. London : Crown Copyright.
- [2] Lawrence H, Van Vlack. 1983. Ilmu dan Teknologi Bahan. Jakarta Pusat : Penerbit Erlangga.
- [3] Rahardjo, Teguh. 2008. Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Materialdies. Jurnal Flywheel. Volume 1, Nomor 2.
- [4] Rahayu ,Sri, dkk. 2017. *Effects of Powder Nitriding Process to Hardness and Diffision Layer Depth of High Speed Steel*. Journal homepage. Vol 38. Nomor 1. <http://www.jurnalmetal.or.id/index.php/jmi>.
- [5] Sujana, W, A.Widi. K. 2016. Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed. Jurnal Flywheel. Volume 7, Nomor 1.
- [6] Sujana, I Wayan. 1996. Karakterisasi Lapisan Nitrokarburisasi Dengan Menggunakan Reaktor Fluidised Bed. Tesis . UI.
- [7] Sujana, I Wayan, Astana Widi. I Komang. Diktat Metalurgi Fisik. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [8] Zamzami Putrayogi. 2017. Pengaruh Peran Gas Nitrogen Pada Proses Nitridadi Gas Menggunakan Dapur Fluidised Bed Pada Baja Karbon Rendah. Skripsi. FTI. Teknik Mesin. Institut Teknologi Nasional Malang.