

PENGARUH VARIASI WAKTU NITROCARBURIZING PADA BAJA ASSAB XW-42 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK

Oleh
R. Henny Mulyani

Perlakuan permukaan dalam hal ini proses pack nitrocarburing merupakan salah satu proses yang sangat sering dilakukan untuk memenuhi kebutuhan akan suatu material dengan kondisi dan sifat tertentu. Selain itu dihasilkannya suatu permukaan dengan kekerasan yang tinggi, sedangkan bagian dalam mempunyai sifat lunak (ulet) serta memiliki ketahanan aus yang baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dengan semakin lamanya waktu penahanan, maka kekerasan dan ketebalan lapisan coating yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena pada proses nitrocarburing dengan menggunakan penahanan yang lebih rendah maka kelarutan difusi Nitrogen (N) dan karbon (C) pada permukaan semakin sedikit.

1. Latar Belakang

Kemajuan industri manufaktur yang memproduksi komponen kendaraan bermotor, pemesinan dan alat perkakas tidak lepas dari proses perlakuan termokimia (*Thermochemical Treatment*), untuk meningkatkan ketahanan aus material baja sudah umum dikenal. Komponen-komponen seperti roda gigi, bantalan dan katup dimana faktor utama kerusakannya disebabkan oleh keausan adhesi dengan kombinasi kelelahan, proses nitrocarburing yang merupakan bagian dari proses termokimia sangat bermanfaat untuk meningkatkan umur pakainya. Nitrocarburing yaitu suatu proses pengerasan permukaan yang mengkombinasikan terbentuknya senyawa nitrida dan karbida yang mempunyai kekerasan sangat tinggi.

Pada umumnya material yang digunakan untuk pengerasan permukaan tersebut adalah baja kualitas sederhana seperti baja karbon dan baja paduan rendah, sehingga kualitas mekanis permukaannya dapat ditingkatkan setara dengan baja perkakas.

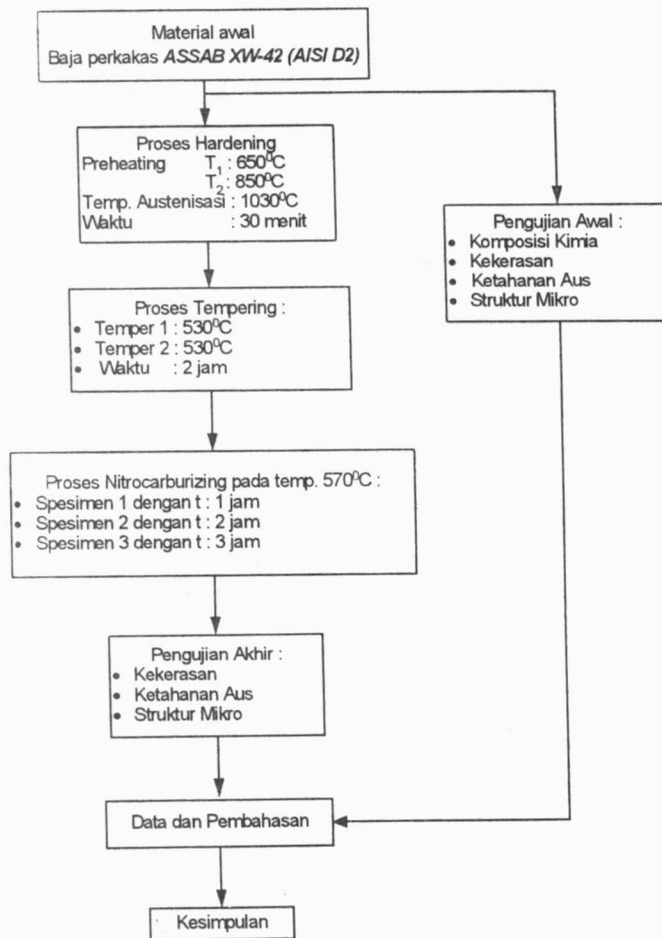
Baja perkakas dapat dikatakan baik bila baja tersebut memiliki sifat yang dibutuhkan sesuai

dengan persyaratan dan fungsinya, misalkan : kekerasan, kekuatan, ketahanan aus, ketangguhan, keuletan, dimensi dan sebagainya.

Baja perkakas ASSAB XW-42 merupakan baja perkakas yang memiliki kadar karbon dan kadar krom yang cukup tinggi dan sesuai dengan standar AISI D2. Baja perkakas ini sering digunakan sebagai dies dan perkakas potong sehingga baja perkakas jenis ini harus mempunyai ketangguhan dan ketahanan aus yang cukup tinggi.

R. Henny Mulyani merupakan salah satu staf pengajar di jurusan Teknik Metalurgi UNJANI.

2. Skema Proses



3. Data dan Pembahasan

3.1. Data Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dengan menggunakan alat SHIMADZU type GVN 1012 P. Dari hasil pengujian komposisi kimia yang telah dilakukan pada baja perkakas ASSAB XW-42, diketahui bahwa spesimen tersebut mempunyai kandungan unsur sebagai berikut:

Tabel. 1. Kandungan unsur terhadap material berdasarkan standar acuan

Unsur	Standar AISI (D2) (% berat)	Standar ASSAB XW-42 (% berat)	Hasil Pengujian (% berat)
C	1,4 – 1,6	1,42	1,49
Si	0,1 – 0,4	0,30	0,32
Mn	0,3 – 0,5	0,40	0,43
P	0,02 – 0,04	-	0,038

S	0,02 – 0,04	-	0,014
Cr	11 – 13	11,20	11,24
Mo	0,7 – 1,2	0,80	0,90
Ni	0,4 – 0,7	-	0,39
Cu	-	-	0,19
V	0,7 – 1,4	0,20	0,32
Co	-	-	0,12
Fe	Sisa	Sisa	Sisa

Dari hasil pengujian komposisi kimia dengan cara spektrometri dapat ditarik kesimpulan bahwa material awal tersebut telah sesuai dengan standar material ASSAB XW-42 (AISI D2).

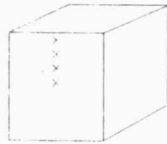
3.2. Data Kekerasan Proses Nitrocarburizing

Adapun data kekerasan awal yang diuji dengan menggunakan Alat Uji Rockwel, dengan nilai kekerasan seperti terlihat pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 2 Data kekerasan material awal

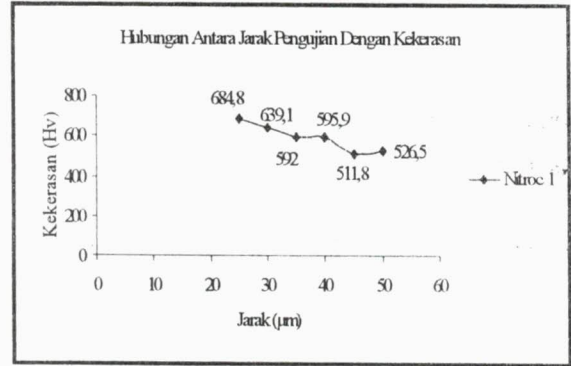
No. Spesimen	Kekerasan HRC						
	1	2	3	4	5	Rata-rata	Total
Materia l Awal	42	42.5	42	43	42	42	42

Sedangkan peneliti mencoba membandingkan nilai kekerasan material awal dengan material hasil proses nitrocarburizing, dimana pengujian kekerasan yang dilakukan pada proses nitrocarburizing dengan menggunakan metode *Mickro Hardness Vickers (VHN)*. Adapun hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat dibawah ini :



Tabel 3 Data kekerasan proses nitrocarburizing pada temperatur 570°C selama 1 Jam

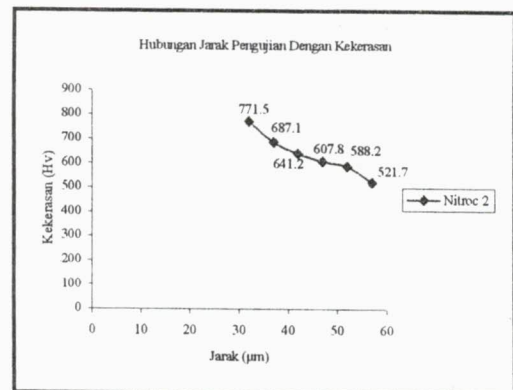
Jarak Pengujian (μ)	Kekerasan (Hv)	Kedalaman Difusi (μm)
25	684,8	45
30	639,1	
35	592	
40	595,9	
45	511,8	
50	526,5	



Gambar 1 Grafik hubungan antara jarak pengujian dengan kekerasan pada proses nitrocarburizing 1

Tabel 4 Data kekerasan proses nitrocarburizing pada temperatur 570°C selama 2 jam

Titik Pengujian (μ)	Kekerasan (Hv)	Kedalaman Difusi (μm)
32	771,5	57
37	687,1	
42	641,2	
47	607,8	
52	588,2	
57	521,7	



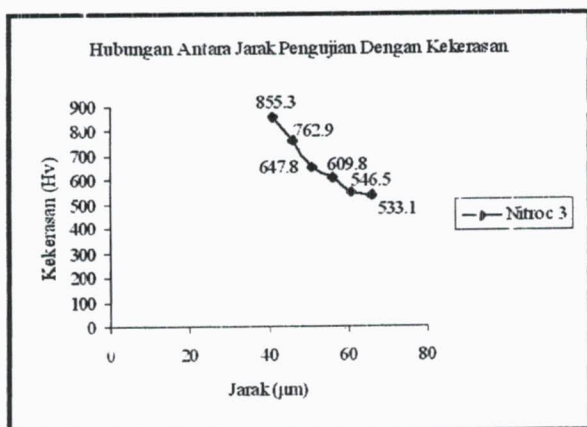
Gambar 2 Grafik hubungan antara jarak pengujian dengan kekerasan pada proses nitrocarburizing 2

Tabel 5 Data kekerasan proses nitrocarburizing pada temperatur 570°C selama 3 jam

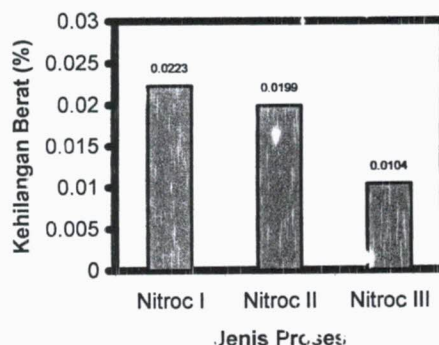
Titik Pengujian (μ)	Kekerasan (Hv)	Kedalaman Difusi (μ m)
14,5	855,3	61
19,5	762,9	
24,5	647,8	
29,5	609,8	
34,5	546,5	
39,5	533,1	

	Waktu (menit)	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)	Kehilangan Berat (%)
Nitro carburizing I	60	25,0256	25,0200	0,0056	0,0223
Nitro carburizing II	120	18,5635	18,5598	0,0037	0,0199
Nitro carburizing III	180	23,9480	23,9455	0,0025	0,0104

Dari data hasil pengujian kekerasan bila diplot ke dalam grafik, maka akan menghasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar 3 Grafik hubungan antara jarak pengujian dengan kekerasan pada proses nitrocarburizing 3



Gambar 4 Grafik hasil pengujian keausan

3.3. Analisis Keausan

Dari hasil pengujian keausan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan data sebagai berikut:

Dari grafik maupun data hasil pengujian keausan diketahui bahwa pada material hasil proses nitrocarburizing III, dengan waktu proses 180 menit memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan material hasil proses nitrocarburizing I (waktu proses 60 menit) dan nitrocarburizing II (waktu proses 120 menit). Hal ini ditandai dengan persentase kehilangan berat pada material tersebut paling rendah.

3.4. Analisis Struktur Mikro

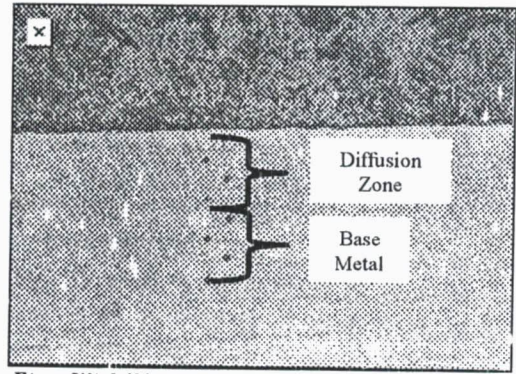
Foto struktur mikro hasil pemotretan spesimen uji baja perkakas ASSAB XW-42 yang belum mengalami proses maupun yang telah mengalami proses selama penelitian disajikan berdasarkan urutan prosesnya.

Tabel 6 Hasil pengujian keausan



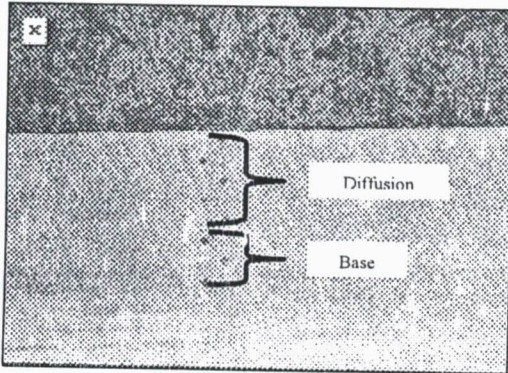
Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 400X

Gambar 5 Struktur mikro material awal, fasa yang terbentuk yaitu partikel karbida dan sebagian kecil partikel karbida berbentuk bulat pada matriks ferit dan perlit



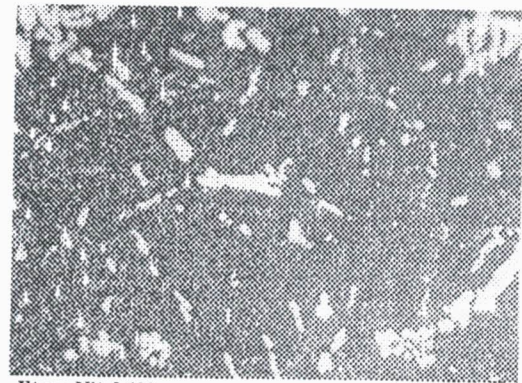
Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 100X

Gambar 8 Struktur mikro material proses nitrocarburizing I, selama 60 menit, pada temperatur 570°C, dimana compound layer belum terlihat



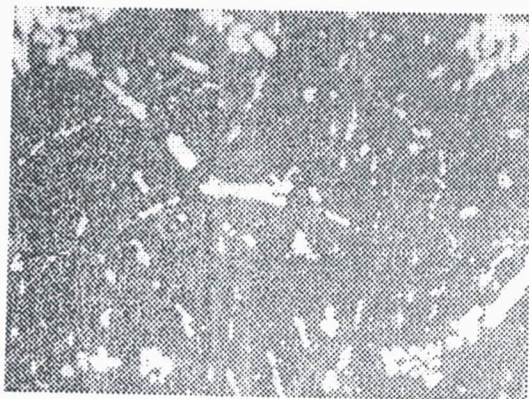
Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 100X

Gambar 6 Struktur mikro material proses Nitrocarburizing I, selama 60 menit, pada temperatur 570°C, dimana compound layer belum terlihat



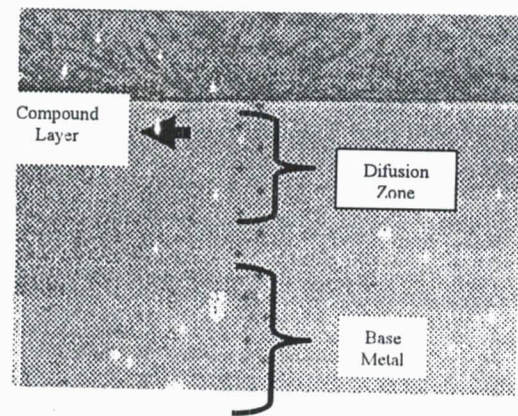
Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 400X

Gambar 9 Struktur mikro material proses nitrocarburizing I, fasa partikel karbida (putih) pada matriks martensit temper



Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 400X

Gambar 7 Struktur mikro material proses nitrocarburizing I, fasa partikel karbida (putih) pada matriks martensit temper



Etsa : Nital 4%
Pembesaran : 100X

Gambar 10 Struktur mikro material proses nitrocarburizing 2, selama 120 menit pada temperatur 570°C, dimana compound layer terlihat

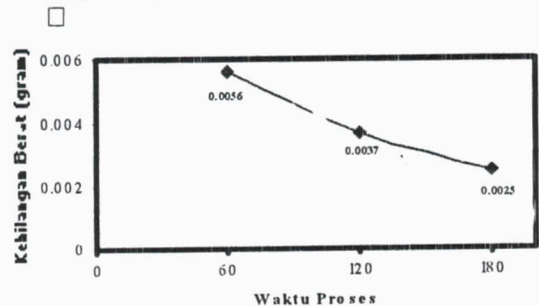
3.5 Pembahasan

Dari data hasil pengujian kekerasan (tabel 3.2 s.d tabel 3.5) maka dapat diketahui bahwa terjadi perubahan yang cukup signifikan dalam hal kenaikan nilai kekerasan material proses nitrocarburizing, dimana nilai kekerasan yang optimal terdapat pada proses nitrocarburizing dengan waktu 3 jam.

Pada proses nitrocarburizing kecenderungan peningkatan kekerasan seiring dengan bertambah lamanya proses nitrocarburizing (dengan waktu proses t sampai dengan 3 jam). derungan ini diakibatkan oleh terbentuknya fasa martensit temper (merupakan matriks dari material) hasil dari proses pengerasan serta lapisan difusi. Pada proses nitrocarburizing selama 3 jam dimana *Compound Layer* atau *White layer* terlihat dengan jelas dan lapisan nitrida yang dihasilkan lebih tebal dari pada material lainnya.

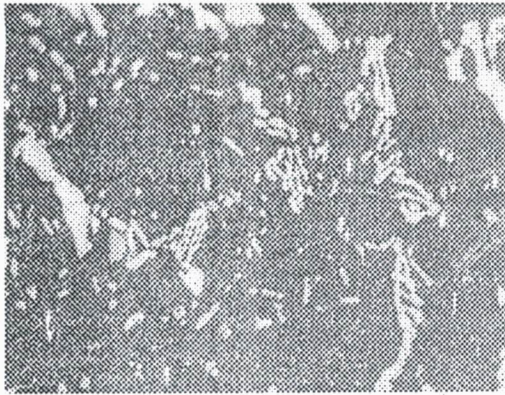
Seperti halnya kekerasan, perubahan ketahanan aus pun terjadi cukup jelas. Dalam hal ini material proses nitrocarburizing I mengalami kehilangan berat yang paling tinggi yaitu sebesar 0,0056 gram atau 0,0223 % dari berat awalnya, yang menandakan bahwa material tersebut memiliki ketahanan aus yang sangat rendah dibandingkan dengan material uji yang lainnya. Sedangkan material proses nitrocarburizing III mengalami kehilangan berat sebesar 0,0025 gram atau 0,0104 % dari berat awal. Hal ini berarti material proses nitrocarburizing III memiliki ketahanan aus yang paling baik.

Fenomena tersebut sangat signifikan bila dilihat pada gambar berikut :



Gambar 14 Grafik hasil pengujian keausan

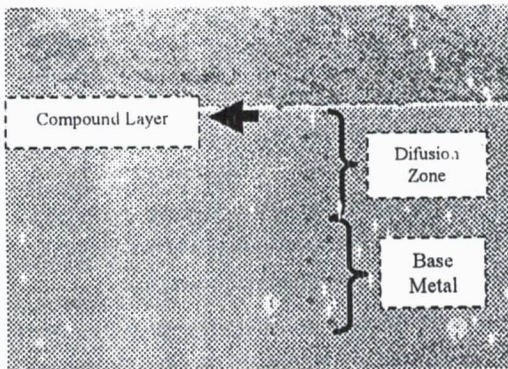
Gambar di atas membuktikan bahwa semakin lama waktu proses Nitrocarburizing maka semakin kecil kehilangan berat material akan semakin rendah, yang berarti bahwa material



Etsa : Nital 4%

Pembesaran : 400X

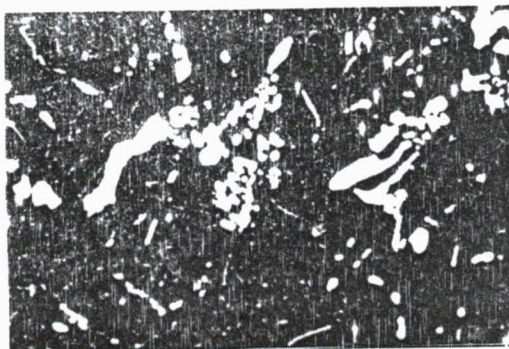
Gambar 11 Struktur mikro material proses nitrocarburizing 2, fasa partikel karbida (putih) ada matriks martensit temper



Etsa : Nital 4%

Pembesaran : 100X

Gambar 12 Struktur mikro material proses nitrocarburizing 3, selama 120 menit, pada temperatur 570°C, dimana compound layer terlihat dengan jelas



Etsa : Nital 4%

Pembesaran : 400X

Gambar 13 Struktur mikro material proses nitrocarburizing III, Fasa Karbida serta karbida bulat pada matrik martensit temper

tersebut memiliki ketahanan aus yang tinggi. Kecenderungan ini diakibatkan oleh terbentuknya fasa martensit temper (merupakan matriks dari material) hasil dari proses pengerasan serta lapisan difusi. Dimana pada material nitrocarburing III white layer sudah terbentuk dan lapisan senyawa nitrida besi lebih tebal dari pada material lainnya. Dengan tebalnya lapisan nitrida maka ketahanan terhadap keausan akan meningkat. Selain itu jika kekerasan suatu material meningkat (tinggi) maka ketahanan material tersebut terhadap keausan akan meningkat pula (tinggi).

Dari pengujian struktur mikro (gambar 3.5 s.d 3.11) dapat dilihat bahwa material awal memiliki struktur mikro berupa partikel karbida dan sebagian kecil karbida berbentuk bulat pada matriks ferit dan perlit. Keberadaan karbida, nitrida maupun white layer pada material menyebabkan material memiliki kekerasan yang terbilang tinggi serta ketahanan aus yang tinggi.

Pada material proses nitrocarburing I (gambar 3.6 dan 3.7) memiliki struktur mikro berupa fasa partikel karbida dalam pada matriks martensit temper.

Fasa martensit didapatkan dari hasil proses pendinginan yang sangat cepat, sedangkan karbida merupakan fasa awal yang terdapat pada material itu sendiri. Setelah mengalami proses nitrocarburing, maka akan terbentuk lapisan difusi. Pada bagian terluar dari material (permukaan) akan terbentuk lapisan nitrida-besi.

Seperti halnya pada proses nitrocarburing I, maka proses nitrocarburing II dan III terdapat fasa martensit yang merupakan transformasi dari fasa ferit dan perlit akibat pendinginan yang cepat. Pada material proses nitrocarburing II (gambar 3.8 dan 3.9) memiliki struktur mikro berupa fasa karbida serta sebagian kecil karbida bulat pada matrik martensit temper. Sedangkan pada bagian permukaan terdapat lapisan hitam dan mulai terbentuknya lapisan putih pada lapisan difusi. Pada material proses nitrocarburing III (gambar 3.10 dan 3.11) memiliki struktur mikro berupa fasa karbida serta karbida bulat pada matrik martensit temper. Karbida pada material awal terurai, dan mengalami pertumbuhan akibat adanya proses pengerasan yang diikuti proses temper. Proses pertumbuhan karbida semakin terlihat jelas akibat semakin lamanya waktu temper.

Lapisan difusi pada material semakin jelas terlihat seiring dengan semakin lamanya waktu proses nitrocarburing. Hal ini disebabkan waktu yang diperlukan oleh atom karbon maupun nitrogen untuk berdifusi ke dalam material dalam hal ini besi cukup terpenuhi. Sehingga menghasilkan ikatan yang cukup kuat yang membuat material tersebut (nitrocarburing III) mengalami peningkatan harga kekerasan serta ketahanan aus yang tinggi.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Material penelitian termasuk dalam ASSAB DF-3 atau baja perkakas seri O1.
- Kekerasan tertinggi terdapat pada material nitrocarburing III dengan nilai kekerasan rata-rata 605,9 Hv, sedangkan terendah pada material nitrocarburing I yaitu 560,6 Hv.
- Ketahanan aus tertinggi terdapat pada material nitrocarburing III, yang ditandai dengan kehilangan berat terendah yaitu sebesar 0,0025 gram (0,0104 %). Sedangkan ketahanan aus terendah yaitu nitrocarburing I dengan kehilangan berat terbanyak yaitu sebesar 0,0056 gram (0,0223 %).
- Pada proses nitrocarburing dengan temperatur 570 °C, semakin lama waktu proses kekuatan mekanik dalam hal ini kekerasan, dan ketahanan aus akan meningkat.
- Fasa yang terbentuk yaitu karbida serta karbida bulat pada matrik martensit temper, serta terbentuknya Compound Layer pada lapisan permukaan logam (pada material nitro II dan nitro III) yang merupakan daerah difusi (Diffusion Zone).

Daftar Pustaka

1. ASM Metal HandBook. Vol IV 10th Edition., 1991.

2. ASM Metal HandBook, "*Metallography Structures And Phase Diagrams*" , Vol 8, 8th Edition., Metal Park Ohio., 1972.
 3. Callister, "*Materials Science And Engineering*", John Wiley And Son., 1985.
 4. Carter, V.E., "*Metallic Coatings For Corrosion-Coating Control*", FI Coort, FIMF, New Nes Butterworths., 1977.
 5. Da, Costa Williams., "*Advanced Pack Cementation Coating For High Temperature Application*" , Thesis University New South Wales., 1992.
 6. "*Fundamental Of Coatings System*", The Commette On Coating National Materials Advisory Board., Washington DC., 1970.
 7. Guy Alberto, John., "*Element Of Physical Metallurgy*", IBH Publishing Co., 1980.
 8. Goward,G.W., "*Recent Development In High Temperature Coating For Gas Turbine Air Foils In High Temperature Corrosion*", Texas., 1943.
 9. Honeycombe, R.W.K., "*Steel : Microstructure And Properties* ", London 1984.
 10. Krauss, George., "*Heat Treatment And Processing Principles And Steel*", Ohio 1989.
 11. Mevrel, M. Duret, C And Pichoir, R., "*Pack Cementation Processes*", France 1986.
 12. Rhys, Jones T.N., "*Coating For Blade And Vane Application In Gas Turbines*".
 13. Siegle, L.L., "*Thermodynamic And Kinetics Of Pack Cementation Process In Surface Engineering*", Boston 1984.
 14. Thelning, Eric, Karl., "*Steel And Its Heat Treatment*", 2nd Edition Butterworths London 1984.
 15. Voort, G.F.V., "*Material Science and Engineering Series*", Mc Graw,Hill., 1984.
-
16. Watchel, R.L., "*The Basic of Diffusion Coating, Science and Technology of Surface Coating*", Chapman, B.N and Anderson, J.C., London., 1974.
 17. William, F.Smith, Prof., "*Structure and Properties of Engineering Alloy*", Mc Graw Hill, 1981.
 18. Walsh,P.N., "*Chemical Aspect of Pack Cementation*", Pennington., 1973.
 19. Zakarov,B., "*Heat Treatment of Metals*", Moscow., 1962.