

PERILAKU PRESIPITAT $TiNi_3$ PADUAN NITINOL AKIBAT PERLAKUAN PANAS PENUAAN

Elman Panjaitan

P3IB – BATAN, Kawasan PUSPIPTEK Serpong 15314

ABSTRAK

PERILAKU PRESIPITAT $TiNi_3$ PADUAN NITINOL AKIBAT PERLAKUAN PANAS PENUAAN. Paduan nitinol merupakan salah satu paduan ingat bentuk yang banyak digunakan dalam berbagai industri. Penelitian perilaku presipitat $TiNi_3$ paduan nitinol sebagai akibat perlakuan panas penuaan ini, dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh presipitat $TiNi_3$ terhadap transformasi martensit – austenit. Adapun metodologi penelitian meliputi pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope* (SEM), pengamatan presipitat menggunakan *Transmission Electron Microscope* (TEM), sedangkan temperatur transformasi diamati menggunakan metode resistivitas empat titik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa presipitat $TiNi_3$ yang berstruktur heksagonal tumbuh membesar dengan penambahan waktu penuaan dan mengakibatkan temperatur transformasi fasa stabil.

ABSTRACT

THE $TiNi_3$ PRECIPITATE BEHAVIOR OF NITINOL ALLOY EFFECTED BY AGING TREATMENT. Nitinol alloy as one of shape memory alloys is the most common alloys applied on industries. The investigation of $TiNi_3$ precipitates on nitinol alloy effected by aging treatment is the aim of study of the effects of $TiNi_3$ precipitation on martensit – austenit transformation. The investigation included microstructure observation using optical microscope and SEM, precipitate observation using TEM and transformation temperature by resistance measurement four probe method. The investigation results showed that $TiNi_3$ precipitate grow with increasing aging temperature, and stabilizes transformation temperature.

1. PENDAHULUAN

Paduan NITINOL (Ni Ti Naval Ordnance Laboratory) dikenal secara luas sebagai paduan ingat bentuk yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi diantaranya sebagai; aktuator sensor, penyambungan dua metal tanpa lasan, perata gerigi, dan lain-lain, yang hingga saat tahun 80-an telah dicapai 4000 lebih paten. Pemakaian paduan ini lebih banyak digunakan karena paduan NITINOL mempunyai sifat mekanik yang lebih baik, tahan korosi, sifat ingat bentuk dan super elastisitas yang lebih baik dibandingkan dengan paduan ingat bentuk lainnya [1].

Penelitian terdahulu menyatakan bahwa, transformasi fasa, yang mencirikan sifat ingat bentuk, dari paduan $TiNi$ dapat dimodifikasi sesuai dengan kegunaannya yaitu dengan cara penambahan kandungan Ni, penambahan elemen ke-3, siklus termal, aniling setelah pengerjaan dingin dan perlakuan penuaan setelah perlakuan pelarutan [2].

Perlakuan panas penuaan mengakibatkan terbentuknya presipitat, dimana dengan temperatur dan waktu pemanasan tertentu akan mengakibatkan tumbuhnya presipitat Ti_2Ni_3 dan Ti_3Ni_4 yang berfasa metastabil. Dengan penambahan waktu dan atau temperatur penuaan presipitat akan tumbuh menjadi stabil, $TiNi_3$, [3]

Tumbuhnya presipitat, khususnya Ti_3Ni_4 , akan mengakibatkan paduan ingat bentuk $TiNi$ mampu bersifat ingat bentuk dua arah (*two-way shape memory effect*) [4,5]. Sedangkan presipitat $TiNi_3$ pengaruhnya terhadap temperatur transformasi, hingga saat ini belum banyak dipelajari. Bahkan penelitian terakhir menyatakan bahwa, presipitat $TiNi_3$ tidak memberikan pengaruh terhadap temperatur transformasi [6]. Dalam penelitian ini dipelajari perilaku presipitat $TiNi_3$ yang terbentuk pada salah satu paduan nitinol, yaitu Ti-50.04%at.Ni, sebagai akibat laku panas penuaan. Penumbuhan presipitat termaksud dipelajari pengaruhnya terhadap perubahan temperatur transformasi.

2. TATA KERJA

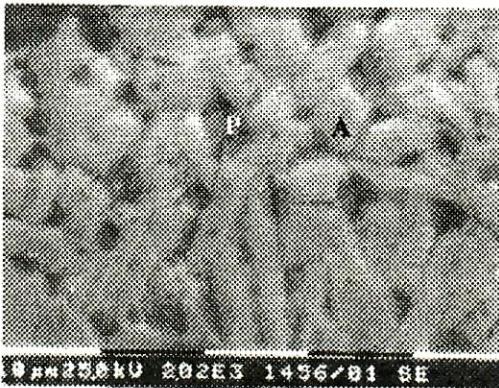
Paduan Nitinol yang digunakan berupa kawat $TiNi$ berdiameter 2 mm dengan komposisi 50.04 % atom Ni, dikenai perlakuan panas pelarutan, 1000°C selama 1 jam dengan pendinginan cepat pada media air, selanjutnya diikuti laku penuaan pada temperatur 550°C selama 1, 2, 5 dan 10 jam.

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope*, SEM 515 Philips, yang terlebih dahulu

cuplikan dietsa menggunakan larutan 44 ml HNO₃ + 12 ml HF + 44 ml H₂O. Sedangkan pengamatan struktur mikro dan kristal presipitat diamati menggunakan *Transmission Electron Microscope*, TEM CM 12 Philips, dengan preparasi cuplikan dilakukan menggunakan *jet electro polishing* pada media 20 %VH₂SO₄ + 80 %V. Methanol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan menggunakan SEM paduan Ti-50.04%at.Ni sebelum diberi perlakuan, Gambar 1, menunjukkan pola struktur yang umum dicirikan oleh suatu paduan logam hasil proses pengecoran yaitu, terlihatnya pori (P) diantara aglomerat (A). Hal ini menunjukkan bahwa paduan hasil proses cor belum mengalami perlakuan panas apapun, karenanya paduan ini mempunyai sifat getas dan tidak mencirikan struktur mikro yang baik sebagai mana paduan ingat bentuk yang mempunyai karakteristik unik, yaitu yang mampu kembali ke bentuk semula.

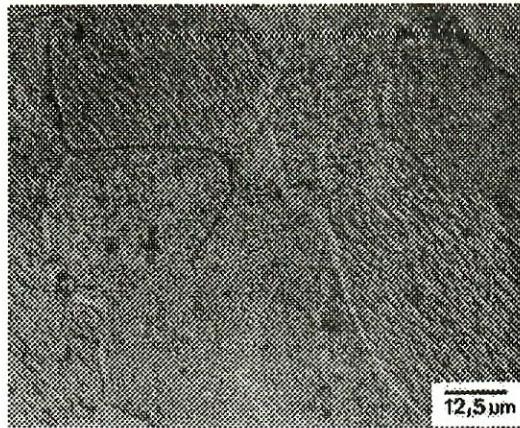


Gambar 1. Struktur mikro paduan Ti-50.04%at.Ni sebelum diberi perlakuan panas, dimana P menyatakan poros dan A menyatakan aglomerat.

Struktur mikro paduan ingat bentuk, dicirikan dengan adanya pola struktur mikro yang rapat, tidak terlihat adanya pori, dan tersusun oleh adanya pola fasa martensit. Fasa martensit ini merupakan ciri awal dimungkinkannya proses transformasi fasa.

Hasil perlakuan pelarutan (1000°C, 1 jam) diikuti pendinginan cepat pada media air, menunjukkan struktur mikro martensit, Gambar 2, yang ditunjukkan dengan pola pelat lamelar. Struktur pelat yang tumbuh secara acak ini, menyatakan bahwa paduan Ti-50.04%at.Ni pada temperatur kamar sebagai akibat perlakuan panas pelarutan adalah berfasa martensit.

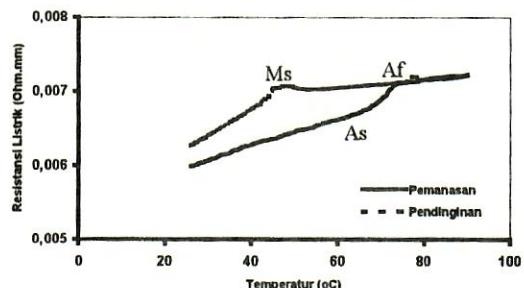
Fenomena ini didukung pula dengan hasil pengamatan temperatur terhadap resistivitas listrik, Gambar 3, yang memperlihatkan bahwa : pada temperatur kamar (≈ 27 °C) hingga temperatur 66°C paduan Ti-50.04%at.Ni berfasa martensit dan pada akhirnya, temperatur 72°C, fasa paduan seluruhnya berfasa austenit. Temperatur awal saat terjadi perubahan fasa



Gambar 2. Struktur mikro martensit dari paduan Ti-50.04%at. Ni, hasil laku panas pelarutan (1000°C, 1 jam).

martensit ke fasa austenit dikenal sebagai *austenit start* (As) dan temperatur saat seluruhnya menjadi fasa austenit dikenal sebagai *austenit finish* (Af).

Gambar 3, menunjukan pula bahwa paduan Ti-50.04%at.Ni hasil laku panas pelarutan telah mempunyai sifat ingat bentuk, hal ini terlihat bahwa pada proses pemanasan terjadi transformasi fasa dari fasa martensit ke fasa austenit dan sebaliknya, pada pendinginan terjadi transformasi fasa dari fasa ke fasa martensit mulai dari temperatur 45°C dan temperatur transformasi ini dikenal sebagai temperatur transformasi *martensit start* (Ms).

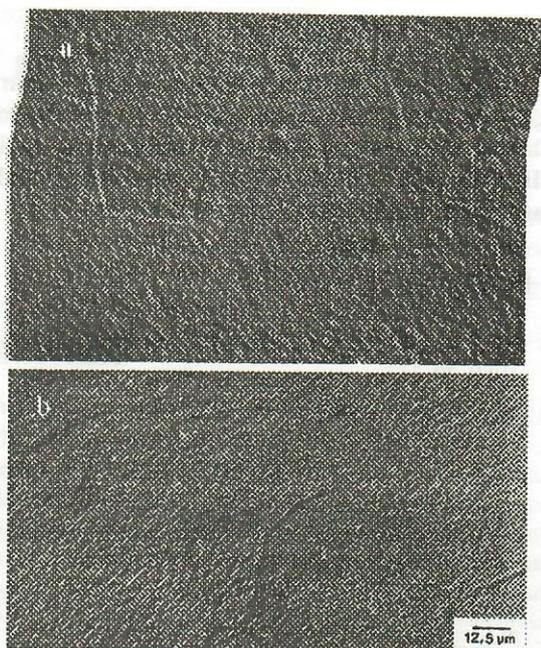


Gambar 3. Kurva resistivitas listrik terhadap temperatur paduan Ti-50.04%at.Ni hasil laku panas pelarutan(1000°C,1 jam).

Struktur mikro akibat penuaan 550°C ditunjukkan pada Gambar 4. Dimana Gambar 4.a. menunjukkan struktur pelat dari paduan yang dituakan selama 1 jam dan Gambar 4.b. menunjukkan struktur pelat dari laku panas selama 10 jam, keduanya menunjukkan pola distribusi pelat lamelar halus yang sangat acak.

Pola pelat hasil penuaan (Gambar 4) relatif lebih teratur dibandingkan pola pelat hasil laku panas pelarutan (Gambar 3) hal ini disebabkan, perlakuan penuaan memberi kesempatan kepada vakansi dan interstisi yang terjadi pada pelarutan untuk bergerak menyusun dirinya sehingga terbentuk tatanan atom yang lebih teratur [2], karenanya pola pelat hasil laku penuaan relatif lebih teratur dibandingkan hasil laku pelarutan.

Akibat penuaan menumbuhkan pula presipitat



Gambar 4. Struktur mikro paduan Ti-50.04%at.Ni hasil penuaan 550°C (a) selama 1 jam (b) selama 10 jam.

yang berbentuk pelat, Gambar 5, dimana dengan pertambahan waktu penuaan, dimensi panjang presipitat semakin besar pula, Tabel 1. Fenomena ini dimungkinkan sebab, dengan pertambahan waktu penuaan terjadi pengkayaan atom Ni pada daerah-daerah tertentu, karenanya dimensi panjang presipitat akan bertambah dengan semakin lamanya waktu penuaan [3,6].

Tabel 1. Dimensi panjang presipitat untuk tiap waktu penuaan

Waktu penuaan (jam)	Panjang relatif Presipitat (μm)
1	0,036-0,428
2	0,057-0,571
5	0,178-0,714
10	0,357-1,536

Gambar 5.c merupakan pola difraksi dari struktur mikro hasil penuaan 2 jam, yang menunjukkan adanya dua kelompok spot difraksi yaitu spot difraksi untuk matrik (ditandai dengan nomor angka pada spot difraksi) dan kelompok spot untuk difraksi presipitat (ditandai dengan abjad pada tiap spot difraksinya). Hasil analisa menunjukkan bahwa presipitat yang terbentuk adalah TiNi_3 yang berstruktur kristal heksagonal ($a=0,51028$ nm, $c = 0,82719$ nm) yang tumbuh pada matriks yang berstruktur monoklinik ($a = 0,4622$ nm, $b = 0,421$ nm, $c = 0,2885$ nm dan $\beta = 96,8^\circ$).

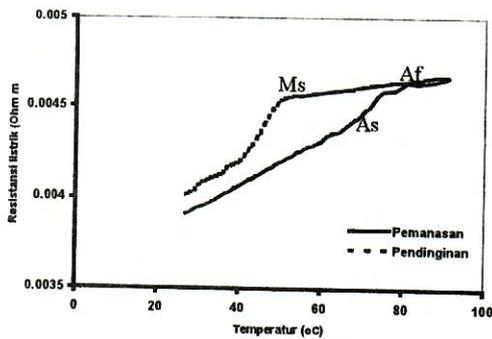
Pola difraksi tersebut tidak menunjukkan adanya presipitat Ti_2Ni_3 yang merupakan ciri adanya fasa antara dari transformasi martensit – austenit, sehingga transformasi fasa yang terjadi pada paduan ingat bentuk Ti-50.04%at.Ni yang diberi perlakuan panas penuaan 550°C adalah transformasi fasa martensit – austenit saat



Gambar 5. Struktur mikro presipitat dari paduan Ti-50.04%at.Ni sebagai akibat penuaan (a) selama 2 jam (b) selama 10 jam (c) pola difraksi presipiat.

pemanasan dan transformasi fasa austenit – martensit ketika paduan didinginkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Karakteristik transformasi dua arah antara fasa martensit dan austenit tanpa disertai adanya transformasi pertengahan, sangat baik digunakan dalam



Gambar 6. Kurva resistivitas terhadap temperatur dari paduan Ti-50.04%at.Ni yang mengalami laku panas penuaan 550°C, 10 jam.

pemanfaatannya sebagai penyambung pipa tanpa lasan [6]. Sebab transformasi berlangsung dalam satu arah dengan range temperatur transformasi antara martensit star dan austenit start cukup baik, yaitu 20 °C, serta transformasi ini berlangsung diatas temperatur kamar.

Akan tetapi tumbuhnya presipitat $TiNi_3$ berfasa stabil, memberi konsekuensi tidak dimungkinkannya tumbuh presipitat meta stabil lainnya, yaitu Ti_2Ni_3 dan Ti_3Ni_4 , hal ini mengakibatkan sukarnya merubah temperatur transformasi sebab tumbuhnya presipitat metastabil memberi konsekuensi timbulnya fasa antara dari transformasi martensit – austenit.

4. KESIMPULAN

1. Paduan nitinol, Ti-50.04%at.Ni, akibat laku panas pelarutan 1000°C selama 1 jam yang diikuti pendinginan cepat berfasa martensit pada temperatur kamar.
2. Akibat laku panas penuaan 550°C selama 1, 2, 5 dan 10 jam menumbuhkan presipitat $TiNi_3$ yang tumbuh membesar dengan semakin lamanya waktu penuaan.
3. Presipitat $TiNi_3$ mengakibatkan transformasi fasa martensit - austenit yang terjadi tidak disertai adanya fasa antara.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat P3IB, Kepala Bidang Bahan Industri (BBI) dan rekan-rekan peneliti di BBI – P3IB yang telah mendorong dan menolong penulis hingga terselesaikannya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. MIYAZAKI, S., OTSUKA, K., *ISIJ International*, 1989, **29**, 353.
- [2]. TADAKI, T., Shape Memory Alloys, *Ann. Rev. Mater. Sci.*, 1988, **18**, 25.
- [3]. XIE, C.Y., ZHAO, L. C., LEI, T. C., *Scripta Metallurgica*, 1989, **23**, 2131.
- [4]. OTSUKA, K., SHIMIZU, K., *International Metals Reviews*, 1986, **31**, (3), 93.
- [5]. CHAN, Q., WU, X. F., KO., T., *Scripta Metallurgica et Materialia*, 1993, **29**, 49.
- [6]. SABURI, T., *Trans. Mat. Res. Soc. Jpn.*, 1994, 997.