

Intisari

Baja tahan karat austenit 316L dan 316LVM banyak digunakan untuk material implan karena memiliki sifat mekanis dan ketahanan korosi yang tinggi. Meskipun demikian pada keadaan pembebanan yang tinggi dan lingkungan yang rendah oksigen masih rentan terkena korosi. Produk korosi berakibat buruk bagi tubuh karena menyebabkan iritasi, inflamasi dan infeksi. Perbaikan ketahanan korosi baja tahan karat dapat dilakukan dengan perlakuan *thermo chemical* seperti perlakuan nitridasi. Meskipun demikian perlakuan nitridasi pada temperatur rendah menghasilkan lapisan nitrida yang bersifat magnetik lemah. Sifat tersebut harus dihilangkan terkait dengan keselamatan dan kompatibilitas pemeriksaan dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

Alternatif perlakuan *thermo chemical* yang mampu memperbaiki ketahanan korosi dan tanpa menghasilkan lapisan nitrida adalah *high temperature gas nitriding* (HTGN). Perlakuan HTGN pada 316L dan 316LVM telah berhasil dilakukan pada penelitian ini. Perlakuan HTGN dilakukan pada temperatur 1050, 1100 dan 1200 °C dengan durasi pemanasan 15 menit, 30 menit dan 60 menit dan dilanjutkan dengan proses *quenching* dengan menggunakan media air. Spesimen sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan pengujian kekerasan mikro, korosi, SEM/EDS, XRD dan VSM.

Ketahanan korosi, kekerasan, ukuran butir dan stabilitas sifat non-magnetik spesimen dapat diperbaiki dengan perlakuan HTGN. Meskipun demikian, peningkatan temperatur dan durasi pemanasan justru menurunkan ketahanan korosinya. Ukuran butir setelah perlakuan HTGN dapat dihitung dengan persamaan *grain growth exponential* dengan eksponen pertumbuhan butir (n) 1,66, konstanta laju pertumbuhan butir (K) = 99 $\mu\text{m/s}$ dan energi aktivasi (Q) = 55,209kJ/mol. Distribusi kekerasan $H(x,t)$ kadar nitrogen searah penampang spesimen dapat dihitung menggunakan persamaan difusi dengan koefisien difusi (D_N) masing-masing sebesar $9,96 \times 10^{-12}$, $2,66 \times 10^{-11}$ dan $2,72 \times 10^{-11}$ m^2/s untuk temperatur 1050, 1100 dan 1200°C. Laju korosi 316L dan 316LVM mengalami penurunan drastis pada perlakuan di temperatur 1050 °C dengan durasi pemanasan 15 menit. Penurunan laju korosi 316L mencapai 11 kali sedangkan 316LVM menurun separuhnya. Hasil uji korosi, sifat kemagnetan dan struktur mikro menunjukkan bahwa temperatur dan durasi pemanasan yang optimum diperoleh pada 1050 °C dan 15 menit. Spesimen 316L dan 316LVM yang mendapat perlakuan HTGN pada temperatur dan waktu pemanasan tersebut akan mempunyai umur pakai yang lebih lama.

Kata kunci: ketahanan korosi, pertumbuhan butir, kekerasan, sifat magnetik, 316L, 316LVM, *high temperature gas nitriding*.

Abstract

Austenitic stainless steel 316L and 316LVM are widely used as implant materials due to the high mechanical properties and corrosion resistance. However at highly stressed and oxygen-depleted environment, it is still susceptible to corrosion. The product of corrosion is detrimental to the body and leads to irritation, inflammation and infection. The corrosion resistance improvement of stainless steel can be performed by thermo chemical treatment such as nitriding. However, a low temperature nitriding process generates the weakly magnetic properties due to the formation of nitride layer at the surface. The weakly magnetic properties have to be eliminated due to the magnetic resonance imaging (MRI) safety and compatibility issues.

The alternative thermo chemical treatments which able to enhance the corrosion resistance and without formation of the nitride layer is high temperature gas nitriding (HTGN). High temperature gas nitriding for 316L and 316LVM has been successfully done. This process is conducted at temperature 1050, 1100 and 1200°C for 15, 30 and 60 minutes prior quenching in the water. Spesimen before and after treatments were examined using optical microscope, micro hardness test, polarization corrosion test, SEM/EDS, XRD and VSM test.

The corrosion resistance, hardness, grain size and non-magnetic stability are improved by HTGN process. However, increasing temperature and holding time decrease their corrosion resistance. The average of grain size after treatments is calculated by grain growth exponential formula with the grain growth exponential (n), rate of grain growth (K) and activation energy (Q) are 1.66, 99 $\mu\text{m/s}$ and $Q = 55.209 \text{ kJ/mol}$ respectively. The hardness and nitrogen distribution are calculated by Ficks II Law of diffusion with the magnitude of diffusion coefficients (D_N) at 1050, 1100 and 1200 °C are 9.96×10^{-12} , 2.66×10^{-11} and $2.72 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ respectively. The corrosion rate of 316L and 316LVM drastically decrease at treatments temperature 1050 °C and 15 minutes holding time. The decreasing of corrosion rate is 11 and 2 times for 316L and 316LVM respectively. The treatments temperature 1050 °C and 15 minutes holding time are the optimum treatments parameter for HTGN. The 316L and 316LVM treated at optimum HTGN parameter are predicted to have a longer life time in implants application.

Keywords: corrosion resistance, grain growth, hardness, magnetic properties, 316L,316LVM, high temperature gas nitriding