

INTISARI

Implan pelat lurus dibuat menggunakan proses EDM (*electrical discharge machining*). Proses EDM memiliki beberapa kelemahan diantaranya proses pemotongan membutuhkan arus listrik yang besar, waktu pemotongan lama, dan menurunkan kekerasan material. Oleh karena itu, proses tambahan diperlukan untuk meningkatkan kembali kekerasan material setelah proses EDM sehingga biaya pembuatan menjadi relatif mahal. Alternatif lain untuk mengatasi masalah ini adalah membuat implan pelat lurus menggunakan proses *punching*. Proses *punching* memiliki keuntungan diantaranya arus listrik yang kecil, waktu pemotongan cepat, dan meningkatkan kekerasan material. Proses *punching* harus mampu membuat lubang lingkaran dan *non-symmetric* pada material CP-Ti dengan ketebalan 0,4 mm agar dapat diterapkan dalam pembuatan implan pelat lurus. Namun, penelitian proses *punching* sebelumnya belum mampu untuk membuat lubang lingkaran dan *non-symmetric* pada material CP-Ti dengan ketebalan 0,4 mm. Ketidakberhasilan ini disebabkan karena gaya *punch* yang dihasilkan oleh mesin *punch* yang ada tidak cukup besar. Selain itu, proses *punching* juga harus menghasilkan permukaan geser sesuai kriteria dalam pembuatan implan pelat lurus. Pemilihan parameter proses *punching* seperti kecepatan *punch*, bentuk *punch*, dan temperatur material dapat digunakan sebagai solusi untuk mengatasi gaya *punch* besar dan mendapatkan permukaan geser yang sesuai kriteria dalam pembuatan implan pelat lurus. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter proses *punching* yang optimal agar dapat membuat lubang berbentuk lingkaran dan *non-symmetric* dengan hasil permukaan geser yang memenuhi kriteria dalam pembuatan implan pelat lurus.

Proses pembuatan lubang dilakukan dengan mesin *punch* pneumatik menggunakan dua variasi kecepatan *punch*, yaitu 35 dan 70 mm/detik. Variasi temperatur pada material yang digunakan adalah 30 (tanpa pemanasan awal), 100, dan 150 °C (dengan pemanasan awal). Pembuatan lubang dilakukan menggunakan tiga bentuk *punch* yang berbeda yaitu FLAT (datar), (SSA) (*single shear angle*), dan DSA (*double shear angle*). Pengukuran gaya *punch* dilakukan menggunakan sensor beban (*load cell*). Pengamatan pada sisi potong dilakukan dengan menggunakan *digital microscope* (Dino-lite AM2111) untuk melihat permukaan geser pada lubang lingkaran dan *non-symmetric*. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui peningkatan kekerasan di dekat area *burnish*. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan *Vickers microhardness tester* (BUEHLER).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *punching* melingkar dan *non-symmetric* dengan kecepatan *punch* 70 mm/detik memiliki gaya *punch* yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan *punch* 35 mm/detik. Pemanasan awal sebelum proses *punching* dapat menurunkan gaya *punch* dan meningkatkan ketinggian *rollover* dan *burnish*. Namun, pemanasan awal dapat menurunkan pengerasan kerja. Sudut geser pada *punch* (SSA dan DSA) dapat mengurangi gaya *punch*. Pada lubang melingkar, ketinggian *rollover* bertambah dan *burnish* berkurang ketika menggunakan bentuk *punch* SSA dan DSA. Di sisi lain, penggunaan bentuk *punch* SSA dan DSA pada lubang melingkar dapat meningkatkan pengerasan kerja. Komposisi parameter optimal untuk membuat lubang lingkaran dengan permukaan geser sesuai kriteria pembuatan implan pelat lurus adalah menggunakan bentuk *punch* FLAT dengan kecepatan *punch* 70 mm/detik dan temperatur pemanasan awal 150 °C. Pada lubang *non-symmetric*, komposisi parameter optimal adalah menggunakan bentuk *punch* SSA dengan kecepatan *punch* 70 mm/detik dan temperatur pemanasan 150 °C.

Kata kunci: proses *punching*, kecepatan *punch*, bentuk *punch*, pemanasan material

ABSTRACT

The manufacturing of the straight plate implant used the EDM (electrical discharge machining) process. The EDM process has several disadvantages, including the cutting process requiring large electric currents, long cutting times, and reducing the material hardness. Therefore, an additional process to increasing the material hardness is needed after the EDM process so that the manufacturing costs are relatively expensive. Another alternative to solve this problem is to make straight plate implants using the punching process. The punching process has the advantages of low electric current, fast cutting time, and increased material hardness. The punching process should be able to make circular and non-symmetric holes in CP-Ti material with a thickness of 0.4 mm so that it can be applied in making straight plate implant. Previous research on the punching process has not been able to make circular and non-symmetric holes on CP-Ti material with a thickness of 0.4 mm. This failure was caused by the insufficient punch force generated by the existing punch machine. Besides, the punching process must also produce a sheared surface according to the criteria for making straight plate implant. Selection of punching process parameters such as punch speed, punch shape, and material temperature can be used as a solution to overcome the required large punch forces and to obtain a sheared surface that matches the criteria for making straight plate implant. This study aims to obtain the appropriate or optimal punching process parameters to make circular and non-symmetric holes with the results of the sheared surfaces that meet the criteria in making straight plate implant.

The process of making holes is carried out with a pneumatic punch machine using two variations of punch speed, namely 35 and 70 mm/sec. The variations of temperature in the material used are 30 (without preheating), 100, and 150 °C (with preheating). Hole making is done using three different shapes of punch, namely flat (FLAT), single shear angle (SSA), and double shear angle (DSA). Punch force measurement is done using a load sensor (load cell). Observations on the cutting side were carried out using a digital microscope (Dino-lite AM2111) to see the sheared surface in circular and non-symmetric holes. Hardness testing is carried out to determine the increase in hardness near the burnish area. Hardness testing was performed using a Vickers microhardness tester (BUEHLER).

The results showed that the circular and non-symmetric punching process with a punch speed of 70 mm/sec had a greater punch force than a punch speed of 35 mm/sec. Preheating prior to the punching process can reduce the punch force and increase the rollover and burnish height. However, preheating can reduce the work hardening that occurs in the area near the cutting surface. The shear angle of the punch (SSA and DSA) can reduce the circular and non-symmetric punch forces. In the circular hole, the rollover height increases, and the burnish is reduced when using the SSA and DSA punch shapes. On the other hand, the use of SSA and DSA punch shapes in the circular hole can increase work hardening. Based on the test results, the optimal parameter composition for making a circular hole with a shear surface in accordance with the criteria for making a straight plate implant is to use a FLAT punch shape with a punch speed of 70 mm/sec and a preheating temperature of 150 °C. In non-symmetric holes, the optimal parameter composition is to use SSA punch shape with a punch speed of 70 mm/sec and a preheating temperature of 150 °C.

Key word: punching process, punch velocity, punch geometry, preheating of material