

NASKAH PUBLIKASI

STUDI PELAPISAN DAN KETAHANAN PANAS COATING Ni/AI PADA BAJA KARBON HASIL PROSES ELEKTROPLATING



Naskah publikasi ini disusun sebagai syarat
untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir
pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

AHMAD SONY SETIAWAN
NIM : D 200 11 0014

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

HALAMAN PENGESAHAN

Naskah publikasi yang berjudul " **STUDI PELAPISAN DAN KETAHANAN PANAS COATING Ni/AI PADA BAJA KARBON HASIL PROSES ELEKTROPLATING** ", telah disetujui pembimbing dan disahkan koordinator sebagai syarat untuk Seminar Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Ahmad Sony Setiawan

NIM : D 200 11 0014

Disetujui pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 4 - 2 - 2016

Pembimbing Utama



Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D.

Pembimbing Pendamping



Ir. Agus Hariyanto, MT.

Ketua Jurusan



(Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D.)

STUDI PELAPISAN DAN KETAHANAN PANAS COATING Ni/Al PADA BAJA KARBON HASIL PROSES ELEKTROPLATING

Ahmad Sony Setiawan, Tri Widodo Besar Riyadi, Agus Hariyanto

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : Sonysetiawan78@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Baja karbon banyak dijumpai sebagai bahan konstruksi teknik, tetapi penggunaan pada temperatur tinggi seperti pada pipa gas alam, *heat exchanger*, komponen turbin masih belum banyak ditemukan. Hal ini dikarenakan ketahanan panas baja karbon yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan lapisan intermetalik Ni-Al pada baja karbon dengan proses elektroplating, serta mengetahui struktur mikro, sifat mekanik kekerasan dan kekuatan rekat antara coating dan substrate.

Penelitian ini menggunakan baja karbon rendah ST 40 sebagai substrate dengan diameter 16 mm pada ketebalan 3 mm dan larutan Ni-Al sebagai bahan lapisan. Untuk proses elektroplating Ni menggunakan tegangan 2,1 volt dengan lama celup 2 jam sedangkan pada proses elektroplating Al menggunakan tegangan 2,8 volt dengan lama celup 2 jam. Lapisan Ni-Al dibuat dua variasi yaitu satu dan dua lapis. Untuk mengetahui ketahanan panas produk coating maka setelah proses elektroplating, spesimen dimasukkan dalam oven pemanas dengan temperatur 700 °C selama 30 menit. Karakterisasi produk dilakukan dengan pengujian foto mikro dan pengujian sifat mekanik dilakukan dengan microVickers untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan dan kekuatan rekat coating.

Hasil penelitian proses electroplating Ni/Al hanya berhasil melakukan pelapisan baja dengan lapisan Ni. Hasil uji foto mikro ketebalan Ni satu lapis dan dua lapis, baik yang belum dibakar maupun yang telah dibakar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketebalan lapisan elektroplating satu kali pelapisan dengan waktu 7200 detik pada arus 0.016 Ampere memiliki ketebalan 19,78 µm kemudian pada arus 0,022 Ampere memiliki ketebalan 25,71 µm, sedangkan hasil elektroplating dengan dua kali pelapisan (2 x 7200 detik) dengan arus 0,019 Ampere menghasilkan ketebalan 24,98 µm kemudian pada arus 0,025 Ampere menghasilkan ketebalan 27,24 µm. Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen dua lapisan Ni dan telah dibakar Pada hasil pengujian kekerasan pertama dihasilkan 128,5 HV, kedua dihasilkan 142,3 HV, ketiga dihasilkan 160,2 HV dan keempat dihasilkan 163,5 HV sedangkan pada proses uji kekuatan rekat material baja dengan gaya tekan 200 gf dan waktu 10 s menghasilkan kekerasan 184,4 HV.

Kata kunci : elektroplating, lapisan Ni/Al, baja karbon, ketahanan panas.

The Study of Precipitate and Endurance of Warm Coating Ni/Al at Carbon Steel the Result of Electroplating Process

Ahmad Sony Setiawan, Tri Widodo Besar Riyadi, Agus Hariyanto
Engineering of Surakarta Muslim Movement University (UMS)
A Yani Tromol Pos 1 Pabelan Street, Kartasura
Email: Sonysetiawan78@yahoo.co.id

ABSTRACTION

Carbon steel can find as a material of technique construction, but the using of this material in high temperature into natural gas pipe, heat exchanger, it is really rare using this material in turbine component. Because the warm endurance of this carbon is really low. The purpose of this research is to develop intermetallic Ni-Al layer to carbon steel by electroplating process, then knowing the micro structure, the glue of hardness mechanic and strength between coating and substrate.

This research is using the low carbon steel ST 40 as a substrate with 16 mm diameter into 3 mm thickness and Ni-Al chem as a layer material. It used 2.1 Volt for electroplating process during 2 hours immerse. The Ni-Al layer is made into two variations namely 1 layer and two layers. Knowing the endurance of coating product, after electroplating specimen will be entered into pemenas oven by 700°C temperature during 30 minutes. The characteristic of this product is doing by micro photo and the experiment of mechanic characteristic is doing by microvikers. It is for knowing the stern distribute and the glue strengthen coating.

The research process result of electroplating Ni/Al is only success for doing stell precipitate with Ni layer. The result of thickness micro photo research Ni for one layer and two layers, although it has been burned or it has contrarily. The result of this research shows that the electroplating thickness layer in the first precipitate during 7200 seconds, 0.016 Ampere with 19,78 µm thickness, meanwhile the electroplating result by using twice precipitate (2x7200 seconds) 0.019 Ampere has a result 24.98 µm. next 0.025 Ampere has a result 27.24 µm. the hard research has done into the first result 128.5 HV, second 14.,3 HV, the third 160.2 HV, and fourth 163.5 HV, meanwhile in the research strengthen process into steel material with pressure energy 200 gf and it's during 10s, the result is 184.4 HV.

Keyword : electroplating, Ni/Al layer, carbon steel, warm endurance.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Baja karbon banyak digunakan sebagai bahan konstruksi teknik pada kondisi temperatur kamar karena harganya yang relatif murah. Tetapi, penggunaan baja karbon pada lingkungan dengan temperatur tinggi seperti pada pipa gas alam, *heat exchanger*, komponen turbin, *hot-work tool steels* dan *extruder* sangat rentan terhadap bahaya oksidasi. Jika reaksi oksidasi terjadi maka oksida yang terbentuk akan menyebabkan degradasi kekuatan bahan. Dengan demikian maka perlindungan terhadap terjadinya reaksi oksidasi pada kondisi temperatur tinggi sangat diperlukan (C. Pascal, 2003).

Bahan intermetalik menawarkan solusi yang menjanjikan untuk penggunaan lapisan pelindung pada temperatur tinggi. Intermetalik merupakan senyawa yang terbentuk melalui reaksi kimia dari dua elemen logam dan mempunyai struktur kristal yang berbeda dari elemen penyusunnya (Sauthoff, 2008).

Di antara senyawa intermetalik, NiAl merupakan salah satu senyawa yang cukup menjanjikan sebagai coating pada temperatur tinggi karena bahan ini mempunyai titik leleh yang tinggi (1911 K), kerapatan massa yang relatif rendah (5.86 g/cm^3), kekerasan yang cukup tinggi ($\pm 350 \text{ HV}$), dan tahan terhadap oksidasi (N. S. Stolo, 2000) (C. Sánchez Bautista, 2006).

Proses elektroplating adalah proses untuk melapisi sebuah benda kerja dengan menggunakan bantuan dari elektrolit dan arus listrik/tegangan DC untuk menghantarkan ion-ion dari anoda (kutub positif) menuju katoda

(kutub negatif). Proses elektroplating telah lama dikenal untuk proses pelapisan logam seperti aluminium, nikel, emas dan perak. Di antara pelapisan logam tersebut, pelapisan logam nikel dan aluminium memegang peranan yang cukup penting terutama di sektor industri. Beberapa sektor industri yang menggunakan nikel/aluminium antara lain dapat dijumpai pada industri barang elektronik, instalasi minyak dan gas, industri otomotif, industri manufaktur, industri pertanian dan industri dirgantara.

BATASAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

1. Penelitian difokuskan untuk keberhasilan membuat reaktan multilapis Ni atau Al yang direkatkan pada substrate baja karbon.
2. Proses pemanasan reaktan multilapis Ni/Al sistem pemanasan untuk mengawali reaksi yaitu pemanasan menggunakan oven.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui ketebalan lapisan Ni/Al coating dan substrate pada proses elektroplating secara teoritis serta polarisasi Ni/Al antara arus dan voltage..
2. Mengetahui struktur mikro lapisan coating hasil proses elektroplating dengan standar pengujian ASTM E3.
3. Mengetahui kekerasan dan kekuatan rekat melalui proses ketahanan panas produk coating pada temperatur ($700 \text{ }^\circ\text{C}$) dengan standar pengujian ASTM E384.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengaruh tegangan listrik dan waktu proses electroplating terhadap ketebalan dan juga kekerasan pada baja karbon ST 40 yang dilapisi krom. Ketebalan lapisan dan juga nilai kekerasan meningkat seiring dengan naiknya tegangan listrik dan juga lamanya waktu proses electroplating selama 15 menit. Ketebalan maksimal yang dicapai yaitu 37,79 μm pada tegangan 12 volt selama 15 menit, sedangkan kekerasan maksimal yang dicapai adalah 351,29 HV pada tegangan 12 volt selama 15 menit (Raharjo, 2010).

Pengaruh waktu ketahanan terhadap ketebalan lapisan menggunakan pelapisan nikel pada baja karbon rendah (10cmx7,5cmx1,2cm) dengan arus 3 ampere dan waktu tahan 20, 25 dan 30 menit menyimpulkan bahwa ketebalan bertambah pada waktu 20 menit menjadi 15,38 μm kemudian waktu 25 menit menjadi 23,07 μm dan 30 menit ketebalan bertambah 38,48 μm (Firmantika, 2000).

Pelapisan permukaan yang mengutamakan keindahan yang mengkilap, yaitu dengan memberikan Nikel-Krom. Nikel memang tidak peka terhadap proses kimiawi, akan tetapi akan memberikan perlindungan yang meyakinkan bagi suatu logam yang dipadu dengan Krom. Pemberian tipis pada baja dan aluminium sangat baik bila menggunakan krom, dikarenakan sifat krom itu sendiri pada hasil pelapisan menjadikan keras dan tahan aus serta tahan terhadap kimiawi (Alois schinmeetz, Karl Gruber (1985)).

Salah satu faktor yang paling penting pada pembentukan coating adalah kekuatan rekat atau ikatan antara coating dan substrate. Unjuk kerja coating ini sering dinyatakan dengan istilah *adhesion strength*, yang

merupakan kekuatan ikatan antara coating dan substrate. Dalam aplikasinya, coating lah yang pertama menerima beban eksternal baik beban fisik maupun beban panas yang kemudian diteruskan ke dalam substrate. Kekuatan rekat coating inilah yang menentukan apakah logam substrate dapat menahan beban dari luar atau tidak. Untuk itu, agar lapisan coating dapat melindungi substrate maka kekuatan rekat antara coating dan substrate minimal harus dapat menjamin jika coating tidak terlepas dari substrate. Secara umum, kekuatan rekat antara coating dan substrate dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain wettability coating, mekanisme kontak, teknik deposisi coating, sifat permukaan coating dan substrate yang mengalami kontak, parameter proses selama terjadi ikatan dan tegangan sisa (*residual stress*) pada coating dan substrate. Di antara faktor-faktor tersebut, mekanisme kontak antara coating dan substrate memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kekuatan rekat. Ada tiga jenis kontak ikatan antara coating dan substrate yaitu ikatan mekanik melalui *interlocking*, ikatan fisik melalui ikatan van der Waals, dan ikatan kimia melalui pembentukan *intermediate phase* di antara coating dan substrate (Weiss, 1995).

Pada ikatan kimia terjadi difusi antara coating dan substrate. Dari ketiga jenis ikatan tersebut, masing-masing mempunyai keunggulan sendiri. Tetapi untuk penggunaan beban panas dan fisik maka ikatan kimia mempunyai ikatan yang relatif lebih diinginkan karena pembentukan *intermediate phase* dapat mengurangi konsentrasi tegangan pada permukaan antar lapisan (*interphase*) (Schwartz, 1995).

MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang baik bagi penulis, masyarakat luas dan dunia pendidikan, antara lain:

1. Manfaat Industri

Penerapan hasil penelitian ini akan sangat berguna bagi industri minyak dan gas, eksplorasi gas alam, dan industri manufaktur.

2. Manfaat Individu

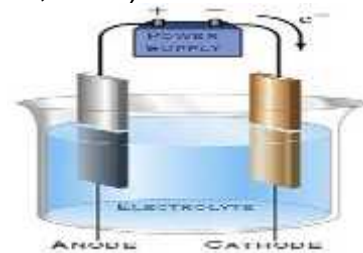
Keberhasilan metode baru ini juga akan mendukung terciptanya kemandirian untuk memproduksi bahan yang tahan panas seperti pipa gas dan pahat *insert* yang selama ini masih banyak bergantung pada produk impor.

LANDASAN TEORI

Pengertian Elektroplating

Elektroplating yaitu proses pelapisan logam dengan logam lain didalam suatu larutan elektrolit dengan pembiasan arus listrik. Konsep yang digunakan dalam proses electroplating adalah konsep reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan sel elektrolisa. Dalam sel elektrolisa arus yang akan dialirkan akan menimbulkan reaksi reduksi dan oksidasi dengan mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses pelapisan terjadi jika suatu benda yang akan dilapisi berfungsi sebagai katoda dan benda pelapis sebagai anoda dicelupkan kedalam larutan elektrolit dengan konsentrasi tertentu, kemudian arus dialirkan kedalam larutan tersebut maka ion-ion pada anoda akan terurai kedalam larutan dan akan melapisi benda yang akan berfungsi sebagai katoda. Banyaknya ion yang diuraikan tergantung dari besarnya arus yang dialirkan. Semakin besar arus yang dialirkan semakin banyak ion yang

diuraikan begitu pula sebaliknya (Andi Setiawan, 2014)



Gambar 2.1 Rangkaian Elektroplating (Andi Setiawan, 2014)

Hasil yang diperoleh dalam proses elektroplating dipengaruhi oleh banyak variabel diantaranya larutan yang digunakan, suhu larutan, durasi plating tegangan antara dua elektroda, keadaan elektroda yang digunakan dan sebagainya. Tujuan dari electroplating itu sendiri selain untuk mempertinggi nilai deduktif juga berfungsi sebagai proteksi terhadap korosi dan untuk menghasilkan benda atau logam yang mempunyai karakteristik fisik dan mekanik tertentu (Andi Setiawan, 2014).

Proses Elektroplating

(Andi Setiawan, 2014) menjelaskan bahwa pada prinsipnya pelapisan logam dengan cara Elektroplating merupakan rangkaian dari : arus listrik, anoda, katoda (benda kerja) dan larutan elektrolit. Rangkaian diatas disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu system electroplating dengan rangkaian sebagai berikut :

- Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber arus listrik.
- Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber arus listrik.
- Anoda dan katoda direndam dalam larutan elektrolit

Bila arus listrik (potensial) searah dialirkan antara kedua elektroda anoda dan katoda dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh elektroda katoda.

Sementara ion bermuatan negative berpindah kearah elektroda bermuatan positif. Ion-ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada elektroda katoda. Hasil yang terbentuk / terjadi lapisan logam gas hydrogen (Andi Setiawan, 2014).

Baja Karbon Rendah

Baja adalah besi karbon campuran logam yang dapat berisi konsentrasi dari element campuran lainnya, ada ribuan campuran lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi yang berbeda.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan untuk dilapisi adalah baja karbon ST 40 . Baja ST 40 termasuk baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,3 %. ST 40 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekakuan tarik $\leq 40 \text{ kg / mm}^2$. (diawali dengan ST dan diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm^2). Baja ST 40 ini secara teori mempunyai nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan besi cor (Amazine, 2012)

Bahan Pelapis Logam

a) Nikel

Nikel adalah unsure kimia metalik dalam table periodic yang memiliki symbol Ni, merupakan logam yang mempunyai sifat hantaran arus dan panas yang baik. Nikel digunakan sebagai pelapis dasar karena dapat menutup permukaan bahan yang dilapisi dengan baik. Nikel adalah yang memiliki symbol Ni pada table periodic ini terletak pada periode 4 Golongan VIII-B, dengan nomor atom 28 dan massa atom 58,71. Nikel memiliki massa jenis $8,902 \text{ g/cm}^3$, titik lebur

$1455 \text{ }^\circ\text{C}$, dan titik didih $2827 \text{ }^\circ\text{C}$. Struktur Kristal nikel adalah FCC (face centered cubic) , jari-jari atom $0,1246 \text{ nm}$, dan elektronegativitasnya 1,8. Nikel mempunyai sifat tahan karat, dalam keadaan murni nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras (Anonymous B, 2012).

b) Alumunium

Alumunium adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki symbol Al, alumunium digunakan sebagai pelapis kedua setelah lapisan nikel juga dapat menutupi permukaan yang sudah dilapisi dengan baik. Alumunium terletak pada periode 3 Golongan IIIA, dengan nomor atom 13 dan massa atom $26,9815$. Alumunium memiliki titik didih rendah yaitu $-61,8^\circ\text{C}$, massa jenis $2,7 \text{ g/cm}^3$ dan jari-jari atom $1,34 \text{ Angstrom}$. Alumunium menempati urutan ke-3 dari unsur-unsur dalam kerak bumi setelah oksigen dan silicon. Alumunium adalah salah satu logam ringan dan mempunyai sifat fisik dan mekanik yang baik, misalnya kuat, ringan, tahan korosi, formability yang baik dan sebagai penghantar panas/listrik yang baik sehingga banyak digunakan dibidang teknik (Prakoso, 2009).

Pengujian

Struktur mikro

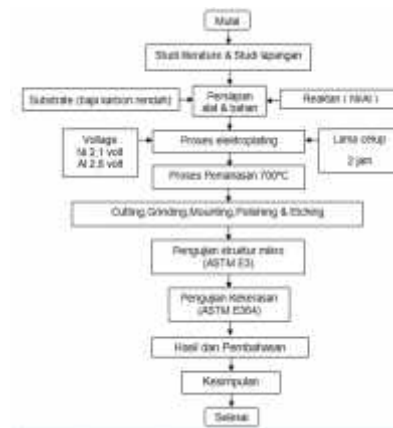
Pengamatan struktur mikro dengan memperbesar tampilan permukaan spesimen hingga $40x$. Pengamatan ini bekerja dengan cara menyinari permukaan spesimen yang telah mengalami pengetsaan lalu akan memantulkan sinar kembali ke arah lensa mikroskop elektron dengan warna

gelap terang yang berbeda pada tiap bagian permukaan spesimen. Selanjutnya dapat diambil gambar pada bagian yang diinginkan dari tampilan yang tampak pada layar. Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah standar persiapan sebelum uji struktur mikro (ASTM E3) dan pelaksanaan uji struktur mikro. ASTM E3 (*Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens*) berisi tentang persiapan sebelum pelaksanaan foto mikro seperti pemilihan permukaan pada specimen, pembuatan ukuran dan juga pemotongan pada specimen, pembersihan dan penghalusan permukaan specimen, pelapisan specimen(resin), proses gerinda, poles, dan proses pengetsaan (ASTM ,E 3-11).

Kekerasan Vickers

Pengujian Vickers ini didasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indentor berupa pyramid diamond terbalik yang memiliki sudut puncak keperpukaan logam yang diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah pengujian kekerasan vickers ASTM E384 (*Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*) kekerasan Vickers pengujian yang dilakukan menggunakan uji kekuatan dalam mikro (1 sampai 1000 gf) (ASTM, E 384-99a).

Diagram alir penelitian



Gambar 1. diagram alir penelitian

Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian *electroplating* untuk material baja karbon digunakan beberapa bahan khusus seperti halnya bahan untuk *plating*, *etching* dan *mounting*. Selain itu dipakai pula beberapa peralatan (*tool*) yang membantu bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bahan

1. Baja

Bahan atau material yang diuji adalah material baja ST 40 dengan bentuk silinder dimensi 16 mm dan tebal 5 mm.



Gambar 1. Baja Silinder

2. Bahan Cairan pelapisan (*coating*)

Dalam penelitian *electroplating* material baja digunakan sebagai specimen yang akan dilapisi nikel dan aluminium dan inilah komposisi cairan nikel dan aluminium guna untuk melapisi specimen baja.

Nikel

- Nickel (II) Sulfate (60g)

- Nickel (II) chloride (18,75g)
- Boric Acid (13g)



Gambar 3. Bahan Cairan Nikel Alumunium

- Choline Chloride (69,89g)
- Ethanediol (55,6g)
- Alumunium Chloride (8,0004g)



Gambar 4. Bahan Cairan Alumunium

1. Bahan Cairan Mounting
 - Resin
 - Katalis
2. Bahan Cairan Etching
 - HCl (20ml)
 - HNO₃ (10ml)
 - Aquades (10ml)

Alat

Untuk memperoleh hasil uji yang valid, digunakan alat - alat yang membatu dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Alat pengujian struktur mikro

Alat ini berfungsi untuk mengamati struktur mikro dengan memperbesar tampilan permukaan spesimen hingga 40x. Alat ini bekerja dengan cara menyinari permukaan spesimen yang telah mengalami pengetsaan lalu akan memantulkan sinar kembali ke arah lensa mikroskop elektron dengan warna gelap terang yang berbeda pada tiap bagian permukaan spesimen. Selanjutnya

dapat diambil gambar pada bagian yang diinginkan dari tampilan yang tampak pada layar



Gambar 5 Alat uji struktur mikro

3. Alat pengujian Kekerasan

Alat ini bekerja dengan cara menyinari spesimen yang sudah mengalami pengetsaan kemudian dipantulkan kembali ke arah lensa dengan tampilan pembesaran 40x untuk melihat tiap bagian spesimen yang akan ditekan dengan gaya penekanan 200 gf dengan waktu 10 s kalau sudah mengetahui tempat dimana akan mengalami penekanan tekan start. Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan pyramid diamond dikeluarkan dari bekas yang terjadi (permukaan bekas merupakan segi empat karena pyramid merupakan pyramid sama sisi), maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti untuk kemudian digunakan sebagai kekerasan logam yang diuji dapat diketahui kekerasan specimen pada layar yang ditampilkan.



Gambar 6 Alat uji kekerasan

Proses Elektroplating

A. Nikel

Pada proses elektroplating nikel dibutuhkan batang karbon sebagai anoda. Siapkan power supply dan cairan yang sudah dibuat, masukkan

cairan pada gelas ukur kemudian hubungkan power supply dengan digital multimeter yang dipasang secara seri pada kutub negatif. Masukkan batang karbon dan logam baja pada cairan, hubungkan logam baja pada kutub negatif (katoda) dan batang karbon pada kutub positif (anoda) yang ada pada power supply. Sebelum logam baja dimasukkan kedalam cairan logam baja dibersihkan terlebih dahulu dengan aseton dan aquades. Setelah batang karbon dan logam baja dicelupkan yang sudah dihubungkan pada kutubnya masing-masing kemudian nyalakan power supply dan atur voltage sebesar 2,1V dan Amperenya mengikuti besarnya voltage. Besarnya ampere akan dibaca pada digital multimeter yang sudah disusun secara seri. Lama waktu pencelupan 2 jam, setelah selesai matikan power supply kemudian angkat batang logam dan dibersihkan menggunakan aquades berguna untuk menghilangkan kotoran setelah plating dan dilap sampai kering. Catat hasil ampere yang dihasilkan, voltage dan waktu yang digunakan.

B. Alumunium

Pada proses elektroplating alumunium dibutuhkan batang alumunium sebagai anoda. Siapkan power supply dan cairan yang sudah dibuat, masukkan cairan pada gelas ukur kemudian hubungkan power supply pada digital multimeter yang disusun secara seri pada kutub negative. Bersihkan batang alumunium dan logam baja yang sudah dilapisi nikel pada aquades kemudian dilap sampai kering. Hubungkan batang alumunium pada kutub positif (anoda) dan hubungkan logam baja yang sudah dilapisi nikel pada kutub negatif (katoda). Nyalakan power supply dan atur voltage sebesar 2,8 volt dan

amperenya mengikuti besarnya voltage. Besarnya amperenya akan dibaca pada digital multimeter yang disusun secara seri. Lama waktu pencelupan 2 jam. Setelah selesai matikan power supply kemudian angkat batang logam yang sudah dilapisi NiAl kemudian bersihkan menggunakan aquades dan dilap sampai kering. Catat hasil ampere yang dihasilkan, voltage dan waktu yang digunakan.

Perhitungan teori ketebalan

Dalam melakukan proses electroplating, penting untuk mengetahui ketebalan dari lapisan yang kita buat. Untuk mengetahui ketebalan dapat dihitung secara teoritis menggunakan rumus.

$$m = \frac{e.i.t}{96500}$$

Dimana:

m = massa zat yang dihasilkan

t = Waktu (s)

e = Berat Ekuivalen

I = Kuat Arus (A)

Kemudian dihitung luas permukaan dari specimen tersebut dengan rumus luas lingkaran:

$$As = \pi.r^2$$

Dimana:

As = Luas Permukaan

r = Jari-jari lingkaran

π = 3,14

Setelah menghitung massa zat yang dihasilkan dan luas permukaan dapat dihitung tebal dari lapisan tersebut dengan rumus.

$$m_{teoritis} = As \times Tebal_{teoritis} \times \delta$$

Dimana:

$m_{teoritis}$ = Massa zat yang

dihasilkan

As

= Luas Permukaan

$Tebal_{teoritis}$ = Ketebalan yang dihasilkan
 δ = 8,92 gram/cm³

HASIL DAN PEMBAHASAN

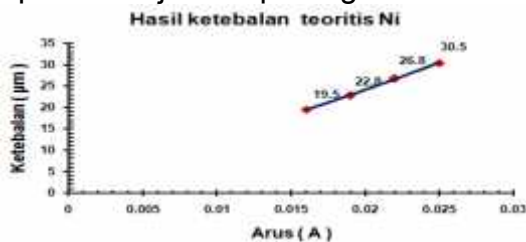
Hasil Perhitungan Teoritis Ni dan Al:

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketebalan nikel yang dihitung secara teoritis. Maka dapat diperoleh hasil ketebalan teoritis, dan selanjutnya dapat dihitung hasil ketebalan specimen yang lain seperti pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil perhitungan teori ketebalan Ni

| No | Arus (A) | Waktu (detik) | Luas Permukaan (cm ²) | Voltage (Volt) | Tebal (µm) |
|----|----------|---------------|-----------------------------------|----------------|------------|
| 1 | 0,016 | 7200 | 2,0056 | 2,1 | 19,5 |
| 2 | 0,019 | 7200 | 2,0056 | 2,1 | 22,8 |
| 3 | 0,022 | 7200 | 2,0056 | 2,1 | 26,8 |
| 4 | 0,025 | 7200 | 2,0056 | 2,1 | 30,5 |

Diperoleh grafik hubungan antara arus dengan ketebalan nikel seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 7. Grafik Ketebalan Ni

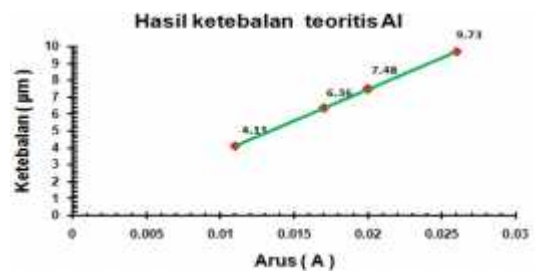
Dari uraian tabel diatas menunjukkan ketebalan baja yang dilapisi nikel secara teoritis baja pertama yang diplating dengan arus 0,016 A mempunyai ketebalan 19,5 µm, baja kedua dengan arus 0,019 A mempunyai ketebalan 22,8 µm, baja ketiga dengan arus 0,022 A mempunyai ketebalan 26,8 µm sedangkan pada baja keempat dengan arus 0,025 A mempunyai ketebalan 30,5 µm. Ketebalan lapisan Ni hasil plating akan naik seiring dengan kenaikan arus. Karena karbon merupakan bahan yang

semi konduktor jadi berpengaruh terhadap arus yang mengalir.

Tabel 2. Hasil perhitungan teori ketebalan Al

| No | Arus (A) | Waktu (det) | Luas Permukaan (cm ²) | Voltage (Volt) | Tebal (µm) |
|----|----------|-------------|-----------------------------------|----------------|------------|
| 1 | 0,011 | 7200 | 2,0056 | 2,8 | 4,11 |
| 2 | 0,017 | 7200 | 2,0056 | 2,8 | 6,36 |
| 3 | 0,020 | 7200 | 2,0056 | 2,8 | 7,48 |
| 4 | 0,026 | 7200 | 2,0056 | 2,8 | 9,73 |

Diperoleh grafik hubungan antara arus dengan ketebalan nikel seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 8. Grafik Ketebalan Al

Dari uraian grafik diatas menunjukkan ketebalan baja yang dilapisi alumunium secara teoritis baja pertama yang diplating dengan arus 0,011 A mempunyai ketebalan 4,11 µm, baja kedua dengan arus 0,017 A mempunyai ketebalan 6,36 µm, baja ketiga dengan arus 0,020 A mempunyai ketebalan 7,48 µm sedangkan pada baja keempat dengan arus 0,026 A mempunyai ketebalan 9,73 µm. Ketebalan lapisan Al hasil plating akan naik seiring dengan kenaikan arus. Karena karbon merupakan bahan yang semi konduktor jadi berpengaruh terhadap arus yang mengalir.

Polarisasi Proses Elektroplating Ni dan Al

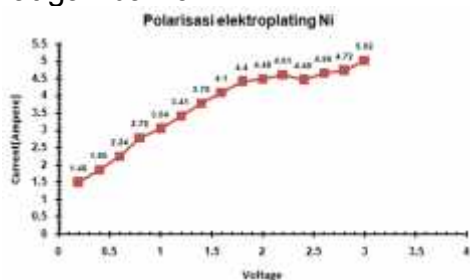
Dalam melakukan penelitian electroplating perlu adanya polarisasi antara voltage dan current berguna untuk mengetahui pengaturan voltage pada proses Elektroplating berlangsung berikut adalah data hasil percobaan

polarisasi proses electroplating Ni dan Al .

Tabel 3. Hasil polarisasi Ni dan Al

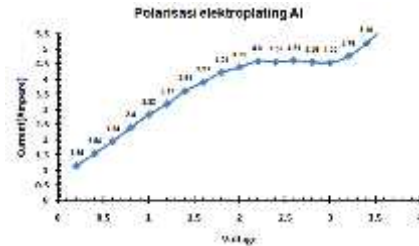
| No | Nikel | | Aluminium | |
|----|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | Voltage (Volt) | Current (A) | Voltage (Volt) | Current (A) |
| 1 | 0,2 | 1,48 | 0,2 | 1,14 |
| 2 | 0,4 | 1,86 | 0,4 | 1,54 |
| 3 | 0,6 | 2,24 | 0,6 | 1,94 |
| 4 | 0,8 | 2,78 | 0,8 | 2,4 |
| 5 | 1 | 3,04 | 1 | 2,83 |
| 6 | 1,2 | 3,41 | 1,2 | 3,17 |
| 7 | 1,4 | 3,78 | 1,4 | 3,61 |
| 8 | 1,6 | 4,1 | 1,6 | 3,91 |
| 9 | 1,8 | 4,4 | 1,8 | 4,21 |
| 10 | 2 | 4,48 | 2 | 4,39 |
| 11 | 2,2 | 4,61 | 2,2 | 4,6 |
| 12 | 2,4 | 4,45 | 2,4 | 4,57 |
| 13 | 2,6 | 4,66 | 2,6 | 4,61 |
| 14 | 2,8 | 4,72 | 2,8 | 4,56 |
| 15 | 3 | 5,02 | 3 | 4,55 |

Dari data di atas dapat diketahui bahwa standar polarisasi proses electroplating lapisan nikel adalah pada voltage 1,8 – 2,1 dapat dilihat gambar 8 sedangkan proses polarisasi proses electroplating lapisan aluminium adalah pada voltage 2,8 - 3,0 dapat dilihat gambar 9.



Gambar 8. Polarisasi proses elektroplating Ni pada baja karbon

Dari gambar diatas dapat dilihat secara jelas bahwa spesimen waktu berhenti plating atau melapisi pada saat voltage 1,8 - 2,1 itu ditandai current(ampere) yang stabil untuk beberapa saat. Jika voltage dinaikan akan merusak spesimen dan spesimen akan menjadi gosong atau berubah kehitaman.



Gambar 9. Polarisasi proses elektroplating Al pada baja karbon

Dari gambar di atas dapat dilihat secara jelas bahwa spesimen waktu berhenti plating atau melapisi pada saat voltage 2,8 - 3,0 itu ditandai current (ampere) yang stabil untuk beberapa saat. Jika voltage dinaikan akan sama seperti pelapisan nikel merusak spesimen dan spesimen akan menjadi gosong atau berubah kehitaman.

Hasil Foto Mikro

a. Coating Ni/Fe sebelum dibakar



Gambar 10. Non Bakar Lapis 1

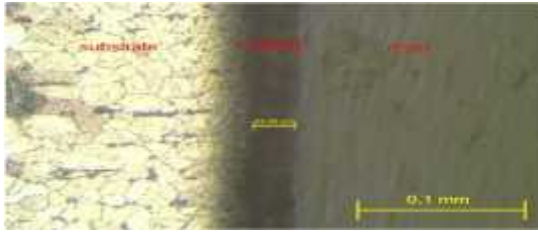


Gambar 11. Non Bakar Lapis 2

b. Coating Ni/Fe setelah dibakar



Gambar 12. Bakar Lapis 1



Gambar 13. Bakar Lapis 2

Hasil eksperimen elektroplating hanya berhasil melakukan pelapisan baja dengan lapisan Ni, sedangkan lapisan Al tidak berhasil menempel. Proses elektroplating Ni kemudian dilakukan dengan melakukan pelapisan satu kali dan dua kali pelapisan. Selanjutnya untuk mengetahui kekuatan rekat terhadap pemanasan maka produk yang telah diplating diuji dengan temperatur tinggi 700 °C selama 30 menit di dalam oven. Gambar 9 – 4.4 menunjukkan foto mikro profil hasil penelitian proses elektroplating material baja dengan coating Ni satu lapis dan dua lapis, baik yang belum dibakar maupun yang telah dibakar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketebalan lapisan elektroplating satu kali pelapisan dengan waktu 7200 detik pada arus 0.016 Ampere memiliki ketebalan sebesar 19,78 µm kemudian pada arus 0,022 Ampere memiliki ketebalan 25,71 µm, sedangkan hasil elektroplating dengan dua kali pelapisan (2 x 7200 detik) dengan arus 0,019 Ampere menghasilkan ketebalan 24,98 µm kemudian pada arus 0,025 Ampere menghasilkan ketebalan 27,24 µm. Terjadi perbedaan ketebalan antara ketebalan lapisan yang diuji menggunakan foto mikro dan secara teoritis. Dimana ketebalan menggunakan foto mikro memiliki ketebalan yang lebih rendah dibandingkan perhitungan secara teoritis dengan voltage dan waktu yang sama. Dikarenakan proses kurang

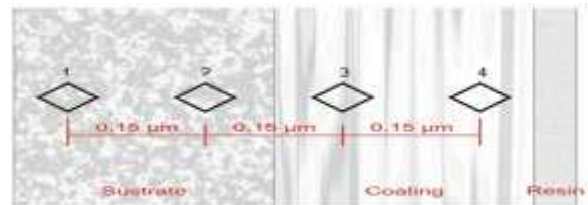
maksimal kondisi larutan yang masih belum bersih setelah proses pencelupan sebelumnya, baja karbon yang merupakan bahan semi konduktor, jadi berpengaruh terhadap arus yang mengalir saat proses plating.

Hasil pengujian setelah spesimen mengalami proses pemanasan dengan temperatur 700 C selama 30 menit menunjukkan bahwa terjadi perbedaan antara ketebalan lapisan yang dibakar dan yang tidak dibakar.

Pada spesimen yang belum dibakar, ketebalan Ni satu lapis sebesar 25,71 µm sedangkan ketebalan Ni dua lapis sebesar 27,24 µm. Sedangkan ketebalan lapisan Ni satu lapis yang telah dibakar 19,78 µm, ketebalan lapisan Ni dua lapis yang telah dibakar 24,98 µm. Hal ini kemungkinan terjadi karena pada saat proses pembakaran ketebalan lapisan akan berkurang dikarenakan suhu yang digunakan sangat tinggi sehingga terjadi pengikisan pada lapisan. serta baja karbon mengalami tegangan dalam yang disebabkan karena pengovenan mengakibatkan pemanasan yang tidak continue dan menimbulkan penyusutan pada lapisan coating.

Sifat Mekanik

A. Hasil Pengujian Kekerasan



Gambar 14. Profil Kekerasan Substrate dan Coating

Pada profil letak Gambar 14. pengujian kekerasan Vickers antara substrate dan coating diatas

menghasilkan data kekerasan sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Kekerasan Substrate dan Coating

| Letak | Gaya (gf) | Waktu (s) | Kekerasan (HV) |
|-------|-----------|-----------|----------------|
| 1 | 200 | 10 | 128,5 |
| 2 | 200 | 10 | 142,3 |
| 3 | 200 | 10 | 160,2 |
| 4 | 200 | 10 | 163,5 |

Dari data di atas bahwa tingkat kekerasan proses electroplating lapisan nikel dapat dilihat gambar 15.



Gambar 15.Kekerasan Substrate dan Coating

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen dengan dua lapisan Ni dan telah dibakar. Pada Gambar 14 dan Tabel 4. menunjukkan letak penekanan dilakukan dan hasil pengujian kekerasan material baja dengan variasi letak penekanan. Pada uji kekerasan kali ini menggunakan gaya tekan sebesar 200 gf dan waktu tekan sebesar 10 s. Pada kekerasan pertama dihasilkan 128,5 HV, kekerasan kedua dihasilkan 142,3, kekerasan ketiga dihasilkan 160,2 HV sedangkan kekerasan keempat dihasilkan 163,5. Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan menunjukkan perubahan kekerasan setelah melalui proses coating. Dikarenakan yang awalnya logam tingkat kekerasannya rendah setelah dilapisi logam tersebut mempunyai karakteristik fisik dan mekanik yang baik.

B. Pengujian Kekuatan Rekat



Gambar 16. Kekuatan rekat di antara substrate dan coating

Pengujian kekuatan rekat dilakukan pada spesimen dengan dua lapisan Ni dan telah dibakar. Pada proses uji kekuatan rekat material baja dengan gaya tekan 200 gf dan waktu 10 s menghasilkan kekerasan 184,4 HV. Proses penekanan dilakukan pada titik tengah antara substrate dan coating yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kekuatannya. Dari hasil pengujian menghasilkan kekuatan rekat yang cukup baik yang ditandai pada tidak ada keretakan pada dinding tengah antara substrate dan coating. Tampilan hasil gambar kekuatan rekat antara substrate dan coating dibawah sebagai berikut:

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian proses electroplating Ni/Al pada bahan baja karbon ST 40 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan teoritis ketebalan lapisan Ni dan Al pada substrate baja karbon bahwa ketebalan lapisan Ni pada baja ke empat dengan arus 0,025 A mempunyai ketebalan yang paling besar yaitu 30,5 µm. Sedangkan pada ketebalan lapisan Al pada baja karbon keempat dengan arus 0,026 A mempunyai ketebalan yang paling besar juga yaitu 9,73 µm. Jadi ketebalan lapisan akan semakin besar seiring bertambahnya arus. Sedangkan

polarisasi Ni dan Al didapatkan untuk Ni sebesar 2,1 volt dan Al sebesar 2,8 volt.

Dari hasil eksperimen elektroplating hanya berhasil melakukan pelapisan baja dengan lapisan Ni, sedangkan lapisan Al tidak berhasil menempel. Proses elektroplating Ni dilakukan dengan melakukan pelapisan satu kali dan dua kali pelapisan.

2. Hasil foto mikro penelitian proses elektroplating baja karbon yang dilapisi Ni satu lapis dan dua lapis antara bakar dan non bakar didapatkan lapisan Ni satu lapis dan dua lapis non bakar lebih tinggi dan yang lapisan Ni satu lapis dan dua lapis bakar lebih rendah disebabkan karena lapisan Ni bakar pada saat proses pembakaran mengakibatkan pemanasan yang tidak continue sehingga menimbulkan penyusutan pada lapisan.

3. Dari pengujian kekerasan dilakukan pada lapisan Ni bakar dua lapis didapatkan kekerasan pada letak keempat lebih keras dengan hasil kekerasan 163,5 HV. Sedangkan pada uji kekuatan rekat

antara baja karbon dengan lapisan didapatkan kekerasan 184,5 HV. Setelah melalui pengujian kekerasan dan kekuatan rekat, baja karbon yang sudah dilapisi sifat mekaniknya akan berubah jauh lebih baik dilihat dari kekerasan dan kekuatan rekatnya yang tidak mengalami keretakan antara substrate dan coating.

Daftar Pustaka

- Amazine, 2012, Sifat Fisis Dan Kegunaan Baja Karbon ,Online Popular Knowledge
- Andi Setiawan, 2014 ,“Pengaruh Prosentase Karbon Pada Baja Karbon Proses Elektroplating Tembaga”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anonymous B, 2012, Karakteristik Sifat Fisis Nikel, Online popular Knowledge.
- Alois schinmetz, Kart Gruber, 1985, Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjan Logam, Angkasa, Bandung
- ASTM, E 3-11, *Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*, American Society for Testing and Materials, Consohocken, Philadelphia
- ASTM, E 384-99a, *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*, American Society for Testing and Materials, Consohocken, Philadelphia
- C.Pascal, C. M. (2003). Combustion synthesis: a new route for repair of gas turbine components - achievements and perspectives for development of SHS rebuilding. *Journal of Materials Processing technology* , 135, 2–11.
- C. Sánchez Bautista, A. F.-A. (2006). “NiAl intermetallic coatings elaborated by a solar assisted SHS process. *Intermetallics* , 14 (10-11), 1270–1275.
- Firmantika, 2000 “Pengaruh waktu tahanan terhadap ketebalan lapisan menggunakan pelapisan nikel pada baja karbon rendah (10cm x7,5cm x1,2cm) dengan arus 3 ampere dan waktu tahan 20, 25, dan 30 menit”,Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ghanie, 2011, Fakta Sifat Fisis dan Kegunaan Nikel, Online Popular Knowledge.
- <http://adiburhan17.blogspot.co.id/2014/04/pengertian-ph-potential-of-hydrogen.html>
- <http://mineritysriwijaya.blogspot.co.id/2014/03/metode-geolistrik.html>

N. S. Stolo, C. T. (2000). Emerging applications of intermetallics. *Intermetallics* , 8, 1313–1320.

Prakoso, Catur. 2009 “Analisa Sifat Fisis Dan Mekanis Alumunium Paduan Al,Si,Cu Terhadap Perlakuan Solution Treatment 450°C,Quenching Dengan Air, Dan Angin 150°C”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Raharjo, 2010,”Pengaruh tegangan listrik dan engaruh waktu proses electroplating terhadap ketebalan dan juga kekerasan pada baja ST 40 yang dilapisi Krom” ,Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sauthoff, G. (2008). Basics of Thermodynamics and Phase Transitions in Complex Intermetallics. *World Sceintific* , 147.

Schwartz, M. (1995). *Brazing for the engineering technologist Manufactur.* London: Chapman & Hall.

Weiss, H. (1995). Adhesion of advanced overlay coatings: mechanisms and quantitative assessment. *Surface and Coatings Technology* , 71, 201–207.