A 438

A 438

DPP/BPPIP/BISB/267/99

NO : 301 / 9 / BALAI RISET
DAN STANDARISASI INDUSTRI

PENGGUNAAN SPECTRALYTE 360 NITRASI DAN KHROMATASI UNTUK PERBAIKAN PROSES PELAPISAN SENG SECARA LAPIS LISTRIK

DISPERPUSIP JATIM

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI DAN PERDAGANGAN
PROYEK PENGEMBANGAN DAN PELAYANAN TEKNOLOGI INDUSTRI JAWA TIMUR
BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA
Jl. Jagir Wonokromo 360 Telp. 8416612 - 8410054 Surabaya
1999

438

A 438

PENGGUNAAN SPECTRALYTE 360 NITRASI DAN KHROMATASI UNTUK PERBAIKAN PROSES PELAPISAN SENG SECARA LAPIS LISTRIK

Oleh :
Ir. R. Satrijo Bawono T.J.
Ir. Darmono Hariadi
S u r i j a d i

DISPERINDUSIP JATIM

BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA

1999

KATA PENGANTAR

Dalam rangka usaha peningkatan mutu pelapisan Seng (Zn) secara lapis listrik dan penanggulangan pencemaran oleh Sianida yang selama ini disebabkan karena proses lapis listrik Seng dengan menggunakan larutan elektrolit Sianida. Oleh sebab itu digunakan suatu proses pengganti Sianida dan dengan produk pelapisan yang lebih baik.

Dengan menggunakan larutan elektrolit Spctralyte 360 yang bebas Sianida, serta proses Nitrasi dan Khromatasi yang menyebabkan produk lebih kilap, lebih tahan korosi dan mempunyai daya lekat lapisan yang lebih baik pula.

Penelitian Penggunaan Spectralyte 360, Nitrasi dan Khromatasi Untuk Perbaikan Proses Pelapisan Seng Secara Lapis Listrik ini adalah salah satu kegiatan Proyek Pengembangan dan Pelayanan Teknologi Industri Jawa Timur, tahun anggaran 1997/1998.

Semoga laporan teknis penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Maret 1999

Mengetahui,
Pemimpin Proyek PPTI Jawa Timur

Drs. IG.N. Nirawan
NIP. 090007831

Penyusun

DISPERPUSIP JATIM

RINGKASAN

Industri kecil lapis listrik Seng di Jawa Timur berkapasitas sekitar 40.000 dm^2 / hari dengan proses yang menggunakan larutan elektrolit Sianida mempunyai mutu lapisan kurang baik dan menimbulkan cemaran Sianida.

Dengan mengganti proses yang menggunakan larutan elektrolit Spectralyte 360, Nitrasi dan Khromatasi (bebas Sianida) akan dipeloleh produk pelapisan yang bermutu lebih baik antara lain : permukaan lebih kilap, lebih tahan korosi, dan mempunyai daya lekat lapisan lebih baik.

Dari beberapa variabel yang digunakan pada penelitian ini, diperoleh mutu produk yang optimum pada kondisi operasi proses sebagai berikut :

- Rapat arus : 2 Ampere/ dm^2
- Waktu proses : 10 menit dengan menggunakan proses akhir Nitrasi dan Khromatasi.

Dari perhitungan nilai ekonomis untuk melapisi benda kerja dengan lapisan logam Seng dengan proses tersebut di atas yang mempunyai luas permukaan 1 dm^2 dengan ketebalan lapisan 4 - 5 mikron diperlukan biaya Rp. 134,50,- (Seratus Tiga Puluh Empat Rupiah Lima Puluh Sen).

DISPERINDUSIP JATIM

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	i
Ringkasan	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	iv
Daftar Gambar	v
Daftar Lampiran	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	2
BAB III. PERCOBAAN DAN HASIL PERCOBAAN	9
BAB IV. PENGUJIAN PRODUK DAN PEMBAHASAN	12
BAB V. PENERAPAN DI LAPANGAN	17
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	18
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DISPERPUSIP JATIM

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Berat Lapisan Seng Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi (Gram) 11
Tabel 2. Berat Lapisan Seng Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi (Gram) ... 11
Tabel 3. Hasil Pengujian Tebal Lapisan (Mikron). 12
(Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 4. Hasil Pengujian Rata Lapisan (%). 13
(Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 5. Hasil Pengujian Kilap Permukaan (Angka 1 - 5) 13
(Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 6. Hasil Pengujian Daya Tahan Korosi. 13
(Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 7. Hasil Pengujian Daya Lekat Lapisan. 14
(Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 8. Hasil Pengujian Tebal Lapisan (mikron) 14
(Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 9. Hasil Pengujian Rata Lapisan (%) 14
(Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tebel 10. Hasil Pengujian Kilap Lapisan (angka 1 - 5) 15
(Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 11. Hasil Pengujian Daya Tahan Korosi (% Kerusakan) 15
(Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi)
Tabel 12. Hasil Pengujian Daya Lekat Lapisan 15
(Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi)

DISPERINDUSIP JATIM

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Bak Proses (Reaktor) 2

DISPERPUSIP JATIM

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Perhitungan Ekonomis 20

DISPERPUSIP JATIM

BAB I
PENDAHULUAN

Industri kecil lapis listrik Seng di Jawa Timur masih menggunakan proses Sianida dengan produk berupa komponen kendaraan bermotor / pengganti komponen import. Kapasitas produksinya sekitar 40.000 dm^2/hari berupa produksi tetap atau berupa jasa pelapisan dengan jumlah tidak menentu tergantung dari permintaan konsumen / peminta jasa.

Proses Sianida tersebut menghasilkan produk yang kurang baik mutunya, antara lain:

- Mudah terkorosi
- Kilap permukaan yang rendah (pudar)
- Lapisan mudah mengelupas (daya lekat lapisan kurang)

Dengan menggunakan larutan elektrolit Spectralyte 360, Nitrasi, dan Khromatasi, diharapkan akan diperoleh kelebihan-kelebihan sebagai berikut :

1. Bebas pencemaran oleh Sianida (Limbah B3) pada lingkungan serta mendukung program Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
2. Produk yang dihasilkan mempunyai Daya Tahan Korosi yang lebih baik.
3. Mempunyai Daya Lekat lapisan lebih tinggi
4. Mempunyai Tampak Rupa lebih baik / lebih kilap.
5. Lapisan Seng dapat menembus celah-celah sempit.

DISPERPUSIP JATIM

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Lapis Listrik

Lapis listrik adalah proses pelapisan logam di atas logam lain dengan menggunakan proses elektrolisa.

Terjadinya proses pelapisan tersebut diperlukan beberapa syarat utama antara lain :

a. Bak proses (reaktor) yang tidak menghantarkan arus listrik, tahan panas, tahan asam dan tahan basa.
b. Arus listrik DC stabil.
c. Ada kutub positif (anoda) yang terdiri dari logam pelapis.
d. Ada kutub negatif (katoda) adalah benda kerja yang akan dilapis.
e. Larutan elektrolit yaitu larutan yang mengandung unsur logam pelapis.
f. Alat-alat pembantu lainya, yaitu rectifier (penyearah arus), pengaduk, pemanas / pendingin, thermometer, pH meter dan sebagainya.

Bak proses (reaktor) tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 1. Bak Proses (Reaktor)

DISPERINDUSP JATIM

Keterangan :
R = Rektifier
V = Voltmeter
A = Ampermeter

E = Larutan Elektrolit
A = Kutub Anoda
K = Kutub Katoda

II.2. Lapis Listrik Seng

Lapis Listrik Seng adalah proses pelapisan logam Seng (Zn) di atas permukaan benda kerja dari besi (Fe) secara lapis listrik. Pelapisan tersebut bertujuan untuk melindungi benda kerja dari korosi (tujuan teknis). Disamping itu juga untuk memberikan keindahan (warna, kilap) pada permukaan benda kerja (tujuan dekoratif).

Pelapisan logam di atas logam lain dibagi 2 (dua) macam :

a. Lapis Lindung

Yaitu pelapisan yang bertujuan untuk melindungi benda yang dilapisi oleh kerusakan dari luar antara lain : korosi, gesekan, goresan dan sebagainya. Dalam hal ini logam pelapisannya lebih mulia dari pada logam yang dilapisi (dalam deret volta). Contoh: logam besi (Fe) yang dilapisi dengan logam Cu, Ni, Ag, Au, dan sebagainya.

b. Lapis Kurban

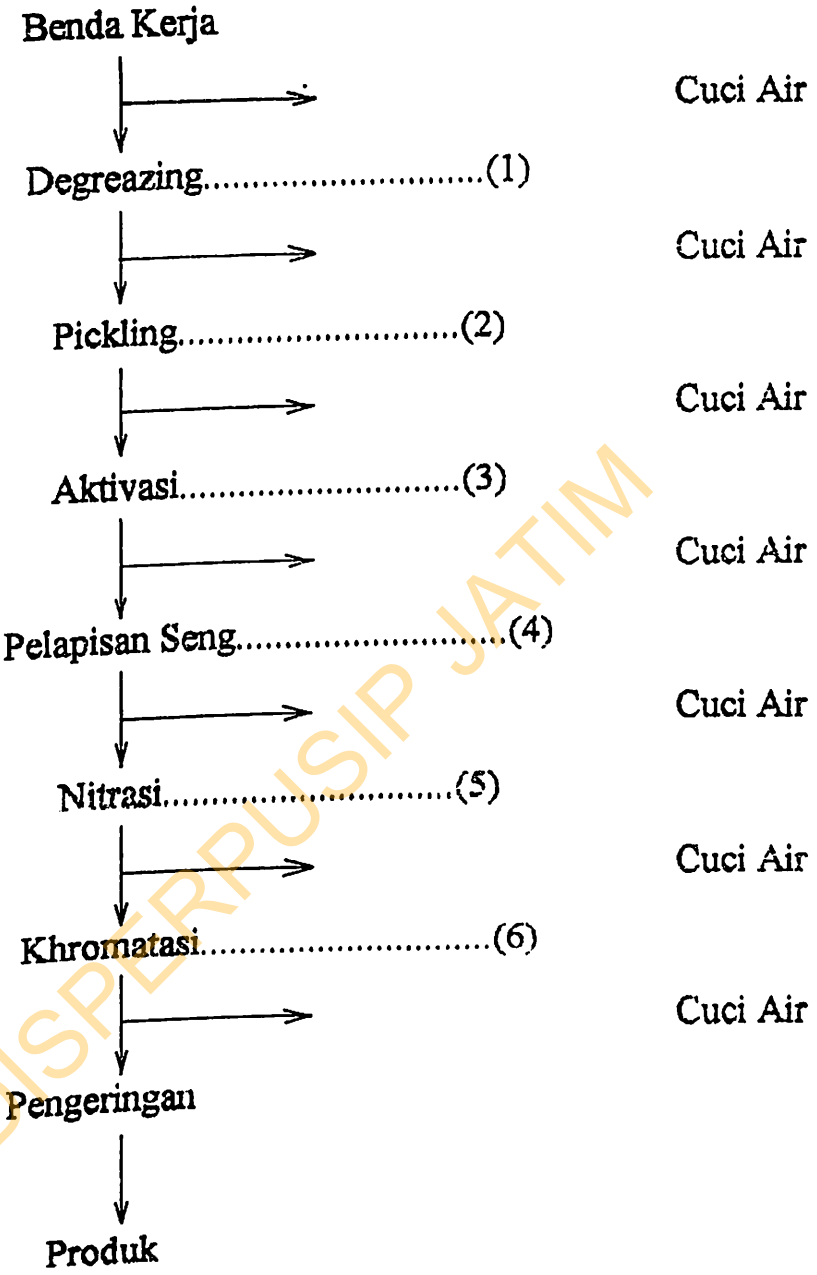
Yaitu logam pelapisan kurang mulia dari pada logam yang dilapisi (deret volta). Dalam hal ini logam pelapis dikorbankan sebagai penahan korosi sebelum menyerang benda kerjanya (memperpanjang usia benda kerja). Contoh: logam besi (Fe) yang dilapisi dengan logam Seng (Zn).

II.3. Proses Pelapisan Seng

Proses pelapisan Seng secara lapis listrik dapat digambarkan sebagai berikut:

DISPERPUSIP JATIM

Bagan Alir Proses Pelapisan Seng Secara Lapis Listrik



DISPERPUSIP JATIM

Keterangan :

1. Degreazing

Adalah proses pencucian benda kerja dengan menggunakan bahan pencuci yang bersifat basa, yaitu UP-101.

- Konsentrasi UP-101 : 100 gr/liter
- Suhu Proses : 60 - 70°C
- Waktu proses : 5 - 10 menit

Proses ini untuk menghilangkan minyak, lemak, dan bahan organik lain yang masih melekat pada permukaan benda kerja.

2. Pickling

Adalah proses pencucian benda kerja dengan menggunakan bahan pencuci yang bersifat asam yaitu HCl dengan kondisi operasi proses sebagai berikut :

- Konsentrasi HCl : 10 %
- Suhu proses : 30°C (suhu kamar)
- Waktu proses : 5 - 10 menit

Proses ini untuk menghilangkan sisa-sisa karat yang masih melekat pada permukaan benda kerja.

3. Aktivasi

Adalah proses pengaktifan kembali permukaan benda kerja yang menjadi pasif akibat proses-proses sebelumnya. Proses ini menggunakan bahan aktivator UV-345 dengan kondisi operasi proses sebagai berikut :

- Konsentrasi UV-345 : 90 gr/liter
- Suhu proses : 30°C (suhu kamar)
- Waktu proses : 1-2 menit

4. Pelapisan Seng (Zn)

Pelapisan Seng ini menggunakan larutan elektrolit Spectralyte 360, dengan kondisi operasi proses sebagai berikut :

DISPERPUSIP JATIM

a. Konsentrasi Elektrolit

- Boric Acid : 30 gr/liter
- Potassium Chloride : 192 gr/liter
- Spectralyte 360 liquid : 90 ml/liter
- Spectralyte 360 A : 40 ml/liter
- Spectralyte 360 B : 2,5 ml/liter

b. Anoda : logam Seng (Zn)

c. Suhu Proses : 30°C (suhu kamar)

d. Rapat Arus : (1-3) A / dm^2 *)

e. pH : 4,8 - 5,0

f. Waktu : (5 - 15) menit *)

5. Nitrasi

Adalah suatu proses untuk mendapatkan hasil pelapisan yang lebih mengkilap, setelah benda kerja mengalami pelapisan Seng.

Digunakan larutan HNO_3, dengan kondisi operasi proses sebagai berikut :

- Konsentrasi HNO_3 : 1,2 %
- Suhu proses : 30°C (suhu kamar)
- Waktu proses : 3 - 7 detik

6. Khromatasi

Adalah suatu proses pembentukan lapisan Khrom (Cr) secara kimia pada logam Seng guna menghasilkan daya tahan korosi dengan menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$, dengan kondisi operasi proses senagai berikut :

- Konsentrasi $K_2Cr_2O_7$: 90 gr/liter
- Suhu proses : 30°C (suhu kamar)
- Waktu proses : 2 - 10 menit

DISPERPUSIP JATIM

II.4. Pengujian Produk

a. Pengujian Tebal Lapisan

Digunakan metoda "Gravimetri", yaitu dengan menimbang benda kerja sebelum dan sesudah pelapisan. Selisih berat tersebut dibagi dengan luas permukaan benda kerja, akan diperoleh tebal lapisan.

Perhitungannya dengan menggunakan hukum Faraday dengan rumus senagai berikut :

$$W = \frac{I \cdot t \cdot A.}{Z \cdot F}$$

Dimana W = berat logam yang diendapkan (gram)
I = arus listrik yang digunakan (Amphere)
t = waktu (detik)
A = berat atom (BA) logam pelapis
F = bilangan Faraday = 96.500 Coulomb
Z = Valensi logam pelapis

b. Pengujian Tampak Rupa

Yang diamati adalah :

- Rata lapisan
- Kilap permukaan

c. Pengujian Daya Tahan Korosi

Dengan menggunakan motoda "Exceleration Test" yaitu dengan merendam produk di dalam larutan :

- NaCl : 25 gram / liter
- CH_3COOH : 15 gram /liter
- H_2O_2 : 3.3 ml/liter

Pengamatan dilakukan setiap 24 jam sebanyak 3 kali.

DISPERPUSIP JATIM

d. Pengujian Daya Lekat Lapisan

Pengujian ini dilakukan dengan cara melipat kedua ujung benda kerja/benda uji sampai bertemu. Kerusakan yang terjadi diamati. Hasil pengujian tersebut di atas dibandingkan dengan produk dari proses Sianida.

DISPERPUSIP JATIM

BAB III
PERCOBAAN DAN HASIL PERCOBAAN

III.1. Percobaan

Percobaan dibagi menjadi 2 (dua) variabel utama yaitu :

1. Pelapisan Seng Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi

Langkah-langkah prosesnya sebagai berikut :

Benda Kerja

↓

Degreasing

↓

Pickling

↓

Ditimbang *

↓

Pelapisan Seng

↓

Produk (Ditimbang)

DISPERPUSIP JATIM

Variabel percobaan yang diterapkan antara lain :

- Rapat Arus Proses Pelapisan : 1 A / dm^2, 2 A / dm^2, 3 A / dm^2
- Waktu Proses Pelapisan : 5 menit, 10 menit, 15 menit.

2. Pelapisan Seng Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi

DISPERPUSIP JATIM

Variabel percobaan yang diterapkan antara lain :

- Rapat Arus Proses Pelapisan : 1 A / dm^2, 2 A / dm^2, 3 A / dm^2
- Waktu Proses Pelapisan : 5 menit, 10 menit, 15 menit.

- Waktu proses Nitrasi : 30 detik
- Waktu proses Khromatasi : 30 detik

III.2. Hasil Percobaan

III.2.1. Berat Lapisan Seng Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi (gram)

Tabel 1. Berat Lapisan Seng Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi (gram)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A / dm^2	2 A / dm^2	3 A / dm^2
5 menit	0.1359	0.1338	0.3862
10 menit	0.3074	0.4628	0.6132
15 menit	0.4014	0.8395	0.8702

III.2.2. Berat Lapisan Seng Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi (gram)

Tabel 2. Berat Lapisan Seng Dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi (gram)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A / dm^2	2 A / dm^2	3 A / dm^2
5 menit	0.0812	0.2348	0.2787
10 menit	0.2294	0.3405	0.7269
15 menit	0.2857	0.6486	0.9964

DISPERPUSIP JATIM

BAB IV
PENGUJIAN PRODUK DAN PEMBAHASAN

IV.1. Pengujian Produk

Produk yang dihasilkan dilakukan pengujian-pengujian, antara lain :

- Pengujian Tebal Lapisan
- Pengujian Tampak Rupa
- Pengujian Daya Tahan Korosi
- Pengujian Daya Lekat Lapisan

IV.2. Hasil Pengujian Produk

IV.2.1. Hasil Pengujian Produk Pelapisan Seng Tanpa Proses Nitrasi dan Khromatasi

a. Pengujian Tebal Lapisan

Tabel 3. Hasil Pengujian Tebal lapisan (Mikron)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	1.91	4.42	5.44
10 menit	4.33	6.52	8.64
15 menit	5.65	11.82	12.26

DISPERPUSIP JATIM

b. Pengujian Tampak Rupa

Tabel 4. Hasil Pengujian Rata Lapisan (%)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	100	100	100
10 menit	100	100	100
15 menit	100	100	100

Tabel 5. Hasil Pengujian Kilap Permukaan (1 - 5)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	1	2	1
10 menit	2	1	1
15 menit	2	1	1

DISPERPUSIP UKTIM

c. Pengujian Daya Tahan Korosi

Tabel 6. Hasil Pengujian Daya Tahan Korosi (% Kerusakan)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	90	80	60
10 menit	75	65	55
15 menit	70	60	50

d. Pengujian Daya Lekat Lapisan

Tabel 7. Hasil Pengujian Daya Lekat Lapisan

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	0	0	0
10 menit	0	0	0
15 menit	0	0	0

Keterangan : 0 = baik
X = rusak
XX = rusak berat

IV.2.2. Hasil Pengujian Produk Pelapisan Seng dengan Proses Nitrasi dan Khromatasi

a. Pengujian Tebal Lapisan

Tabel 8. Hasil Pengujian Tebal Lapisan (mikron)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	1.14	3.31	3.39
10 menit	3.23	4.80	10.28
15 menit	5.43	9.14	14.03

b. Pengujian Tampak Rupa

Tabel 9. Hasil Pengujian Rata lapisan (%)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	100	100	100
10 menit	100	100	100
15 menit	100	100	100

DISPERPUSIP JATIM

Tabel 10. Hasil Pengujian Kilap Permukaan (1 - 5)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	2	4	3
10 menit	3	5	5
15 menit	3	4	5

c. Pengujian Daya Tahan Korosi

Tabel 11. Hasil Pengujian Daya Tahan Korosi (% Kerusakan)

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	50	40	30
10 menit	35	25	20
15 menit	25	15	10

d. Pengujian Daya Lekat Lapisan

Tabel 12. Hasil Pengujian Daya Lekat Lapisan

Waktu Proses	Rapat Arus		
	1 A/dm^2	2 A/dm^2	3 A/dm^2
5 menit	0	0	0
10 menit	0	0	0
15 menit	0	0	0

Keterangan : 0 = baik
X = rusak
XX = rusak berat

IV.3. Pembahasan

Pada Pengujian tebal lapisan, produk dengan proses Nitrasi dan Khromatasi mempunyai produk tanpa proses Nitrasi dan Khromatasi. Hal ini

DISPERPUSIP JATIM

disebabkan pada proses Nitrasi terjadi pengikisan / korosi pada lapisan Seng (Zn) oleh Asam Nitrat (HNO_3).

Pada pengujian rata lapisan, produk kedua jenis proses memiliki kerataan lapisan yang baik. Hal ini disebabkan karena pelapisan Seng ini mempunyai efisiensi katoda yang tinggi yaitu 95 - 100 %.

Pada pengujian kilap lapisan, produk pelapisan tanpa proses Nitrasi dan Khromatasi memiliki kilap lapisan yang buruk, karena proses Nitrasi adalah proses mengkilapkan lapisan.

Pada pengujian daya tahan korosi, produk pelapisan tanpa proses Nitrasi dan Khromatasi, mengalami kerusakan yang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena pada proses Khromatasi, permukaan produk dilapisi logam Khrom (Cr) yang tahan korosi.

Pada pengujian daya lekat lapisan, produk kedua macam proses (tanpa dan dengan proses Nitrasi dan Khromatasi) tidak terjadi pengelupasan permukaan (lapisan). Hal ini terjadi karena Seng (Zn) sebagai logam pelapis memiliki kelenturan yang tinggi.

DISPERINDUSIP JATIM

BAB V
PENERAPAN DI LAPANGAN

Tahap akhir dari kegiatan penelitian ini dilakukan penerapan di lapangan dengan mengadakan pelatihan. Pelatihan di laksanakan dengan bekerjasama dengan Dinas Perindustrian Kabupaten Dati II Tulungagung.

Tempat pelatihan di Desa Kaliwungu, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung. Dari tanggal 24 Desember sampai dengan 31 Desember 1998. Jumlah peserta 10 orang perajin logam.

Materi pelatihan adalah Teori Lapis Listrik Seng dan praktek pelapisan.

DISPERPUSIP JATIM

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

1. Penggunaan Proses Nitrasi pada pelapisan Seng mempertinggi kilap (Bright) permukaan lapisan.

2. Penggunaan proses Khromatasi pada pelapisan Seng memperbesar daya tahan korosi.

3. Rapat arus 2 Ampere / dm^2 dan waktu proses 10 menit adalah kondisi operasi proses optimum.

4. Pelapisan Seng secara lapis listrik dengan menggunakan larutan elektrolit Spectralyte 360 memiliki daya lekat lapisan yang baik dan dapat menembus celah-celah yang sempit.

5. Proses pelapisan Seng secara lapis listrik dengan menggunakan larutan elektrolit Spectralyte 360 adalah proses yang bebas pencemaran Sianida.

6. Biaya pelapisan Rp. 134.50 / 1 dm^2 luas permukaan benda kerja.

VI.2. S a r a n

Disarankan kepada industri lapis listrik Seng, khususnya industri kecil untuk mengalihkan penggunaan larutan elektrolit Sianida ke larutan elektrolit Spectralyte 360 yang bebas oleh cemaran Sianida.

DISPERPUSIP JATIM

DAFTAR PUSTAKA

A. Kenneth Graham. 1971. ***"Electroplating Engineering Handbook"***. Van Nostrand Reinhold Company. Third Edition.

Diktat. 1983. ***"Diklat Teknisi Lapis Listrik"***. Lembaga Metallurgi Nasional - LIPI.

Diktat. 1985. ***"Diklat Masalah Korosi Pelapisan dan Metallografi"***. Lembaga Metallurgi Nasional - LIPI.

Mars Garment. Fontana. 1986. ***"Corrosion Engineering"***. Mc. Graw Hill Book Company. Third Edition.

Motoo Kawasaki, Prof. D. Eng. 1986. ***"Practical Electroplating"***. Japan International Cooperation Agency.

Takeo Oki, Prof. D. Eng. 1986. ***"Microphotograph Of Plating Defects"***. Japan International Cooperation Agency.

DISPERPUSIP JATIM

LAMPIRAN

Lampiran. Perhitungan Nilai Ekonomis

Biaya pelapisan Seng untuk sebuah benda kerja dengan luas permukaan 1 dm^2 adalah sebagai berikut :

1. Pemakaian Logam Seng :
   - Harga logam Seng Rp. 30.000,- per kg.
   - Diperlukan 0,50 gram logam Seng dengan harga = 0,50 : 1000 x Rp. 30.000,- = Rp. 15,-
2. Penggunaan Listrik
   - Biaya listrik : Rp. 900,- per KWH
   - Untuk pemakaian listrik sebesar 2A, 220 Volt selama 10 menit :
     {(2A x 220 V x (10 : 60)) : 1000 watt. jam } x Rp. 900,- = Rp. 66,-
3. Penggunaan Bahan Pembantu
   - Berupa Detergen, Degreadazing, Pickling, Aktivasi, Air PAM, dengan biaya Rp. 45.000,- untuk benda kerja sejumlah 300 buah.
   - Biaya Bahan Pembantu = (Rp. 45.000,- : 300) = Rp.15,-
4. Biaya Tenaga Kerja di Tulungagung
   - Upah seorang tenaga kerja perhari (8 jam) Rp. 15.000,-
   - Untuk mengerjakan sebuah benda kerja dengan 2 (dua) orang dalam waktu 10 menit, diperlukan biaya :
     (2 x Rp. 15.000,-) : (8 x 60 x 10) = Rp. 6,25,-
5. Perhitungan Penyusutan Alat
   - Harga 1 (satu) unit alat lengkap = Rp. 5.000.000,-
   - Diperkirakan umur alat 3 (tiga) tahun
   - Maka untuk 10 menit waktu proses diperlukan biaya
     10 : (3 x 360 x 24 x 60) x Rp. 5.000.000,- = Rp. 32,25,-

DISPERPUSIP JATIM

6. Jadi biaya total untuk Pelapisan Seng dengan luas permukaan 1 dm^2 adalah :

Rp. 15,- + Rp. 66,- + Rp. 15,- + Rp. 6,25,- + Rp. 32,25,- = Rp. 134,50,-

(Seratus Tiga Puluh Empat Rupiah Lima Puluh Sen)

DISPERPUSIP JATIM