

PERTUMBUHAN LAPISAN OKSIDA TERHADAP HASIL ANODIZING ALUMINIUM

Ike Widyastuti*

Abstraksi

Anodizing merupakan suatu usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki ketahanan korosi pada logam aluminium dengan cara menumbuhkan lapisan oksida sebagai lapisan pasif pada permukaan logam. Proses ini merupakan proses elektrokimia menggunakan arus listrik melalui media elektrolit. Dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu pada proses pewarnaan *anodizing* untuk mengamati perubahan struktur mikro, struktur makro dan kekerasan lapisan pewarnaan aluminium. Selanjutnya memilih waktu yang tepat sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil struktur mikro, makro dan kekerasan untuk mengetahui tingkat kekerasan terhadap lapisan. Logam yang digunakan adalah aluminium Al-Ag dilakukan proses *anodizing* dengan menggunakan variasi waktu yang digunakan 25, 45, 60 menit. Larutan elektrolit yang digunakan yaitu asam sulfat dan selanjutnya dilakukan proses pewarnaan menggunakan bahan anorganik. Pengujian yang dilakukan adalah uji keras menggunakan mesin Rockwell dengan skala F, pengamatan struktur mikro dan pengamatan permukaan (secara makro). Hasil pengujian diperoleh pada waktu 60 menit memiliki angka kekerasan paling tinggi sebesar 17,25 HR_F dibandingkan waktu 45 menit sebesar 15,33 HR_F dan 25 menit sebesar 14,59 HR_F.

Kata Kunci : Aluminium, *Anodizing*, Lapisan Oksida, Kekerasan

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki banyak keunggulan antara lain ringan, mudah menghantar panas dan tahan korosi. Untuk beberapa pemakaian aluminium juga digunakan untuk kebutuhan dekoratif dengan proses pewarnaan seperti untuk asesoris kendaraan bermotor. Untuk proses pewarnaan aluminium harus melalui tahap proses pelapisan logam dalam hal ini adalah proses *anodizing* pada logam yang juga dapat meningkatkan sifat tahan korosi.

Proses *anodizing* adalah suatu proses pelapisan menggunakan arus listrik (*electroplating*) dengan menumbuhkan lapisan oksida pada logam dasar (*base metal*). Permasalahan yang diangkat adalah pengaruh variasi lama *anodizing* terhadap

kekerasan dan struktur mikro dengan kondisi operasi proses *anodizing* sebagai berikut : temperatur larutan elektrolit 30⁰C, arus 60A, waktu pencelupan 25, 45 dan 60 menit dengan voltase sebesar 12V. Proses *degreasing* dilakukan pada temperatur 30⁰C menggunakan larutan H₂SO₄ + HNO₃ + air selama 10-15 detik. Sedangkan proses *anodizing* menggunakan larutan Phosfor selanjutnya dilakukan proses pewarnaan selama 30-45 menit. Jenis pengujian yang dilakukan pengamatan struktur mikro dan kekerasan menggunakan mesin uji Rockwell skala F.

KAJIAN PUSTAKA

Aluminium dapat digunakan secara luas, karena mempunyai sifat-sifat seperti ringan, daya hantar listrik tinggi, mudah dipadukan dengan unsur-unsur lain. Manfaat lain sebagai pelindung ialah mudah

* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

beroksidasi dengan oksigen pada udara terbuka dan membentuk lapisan oksida yang tipis yaitu $\pm 0,005 - 0,010$ micron. Proses *anodic oxidation* (proses *anodizing*) dilakukan untuk mendapatkan lapisan oksida (*anodic film*) yang lebih tebal dan berfungsi sebagai lapis pelindung yang tahan korosi sekaligus juga bersifat dekoratif dengan proses pewarnaan.

Sifat lapisan oksida hasil proses *anodizing* pada aluminium dan paduannya yang satu sama lain mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, sangat tergantung pada

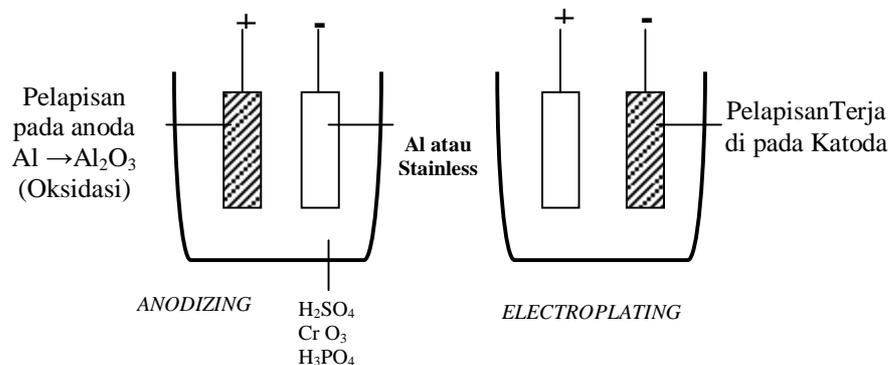
beberapa faktor utama yaitu proses *cleaning* serta parameter pada proses pelapisan yaitu rapat arus, jenis larutan elektrolit waktu pencelupan, pH, temperatur dan konsentrasi larutan.

Pengertian Proses *Anodizing*

Anodizing adalah suatu proses elektrolisa dalam larutan elektrolit yang reaksinya terjadi secara oksidasi pada anoda merupakan kebalikan dari *electroplating* seperti ditunjukkan tabel 1 dan gambar 1 berikut ini.

Tabel 1. Perbedaan Reaksi Proses *Anodizing* dan *Electroplating* (Saleh, Ashar, 1998)

<i>Anodizing</i> (Anoda)	<i>Electroplating</i> (Katoda)
Oksidasi	Reduksi
Dihasilkan O ₂	Dihasilkan H ₂
Logam larut	Logam diendapkan
$Cu \rightarrow Cu^{++} + 2e$	$Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$



Gambar 1. Proses *Anodizing* dan *Electroplating* (A. Saleh, 1998)

Pada proses *electroplating* benda kerja sebagai katoda dan ion-ion logam diendapkan pada permukaan benda kerja secara reduksi. Sedangkan pada *anodizing* benda kerja sebagai anoda berfungsi membantu ion-ion membentuk lapisan oksida dan katoda menggunakan timah hitam hanya

berfungsi pengantar listrik yang berarti tidak larut (*unsoluble cathode*) selama proses berlangsung

Larutan elektrolit untuk proses *anodizing*

Lapisan oksida type berpori (*porous*) dapat dihasilkan dengan menggunakan bermacam-macam jenis larutan. Lapisan

porous banyak dipakai karena absorpsinya baik sekali terhadap zat warna, jenis-jenis larutan elektrolit tersebut diantaranya adalah: larutan asam sulfat dan asam oxalic. Larutan asam sulfat baik untuk digunakan sebagai larutan elektrolit. Hal ini dikarenakan disamping biayanya rendah mempunyai sifat-sifat yang lebih unggul seperti: *throwing power*, voltase relatif rendah, lapisan oksidanya transparan dan keras, maka lapisan oksida akan lebih bersih. Sedangkan jenis larutan asam chromic banyak dipakai untuk menganodizing alat-alat/bagian-bagian pesawat terbang, lapisan oksida lebih tahan korosi dibandingkan dengan proses asam sulfat biasa.

Kondisi Operasi Proses Anodizing

a. Waktu pencelupan (*Dipping time*)

Waktu pencelupan ini berpengaruh terhadap hasil ketebalan lapisan oksida, dimana keadaan tersebut menunjukkan hubungan tebal lapisan dengan waktu dalam kondisi tertentu (rapat arus tetap) berjalan dengan sempurna. Waktu pencelupan pada proses *anodizing* berkisar antara 10 – 60 menit dengan ketebalan antara 5 – 28 mm.

b. Rapat arus (*Current density*)

Pengaruh waktu pencelupan memberikan reaksi antara lain peningkatan rapat arus. Besar kecilnya rapat arus juga akan berpengaruh pada ketebalan lapisan oksida yang terbentuk karena kemudahan reaksi elektrolit membentuk lapisan. Rapat arus proses *anodizing* berkisar 1,10 – 1,80 A/dm², tetapi kadang-kadang sampai 3,20 A/dm² tergantung dari larutan elektrolit,

jenis aluminium dan bentuk produknya. Untuk produk yang dikerjakan melalui proses *bright anodizing*, rapat arus digunakan berkisar 1,10 – 1,30 A/dm² agar tidak terpengaruh terhadap hasil permukaan lapisan.

c. Temperatur dan konsentrasi larutan

Temperatur yang tinggi dan konsentrasi larutan yang kurang tepat dapat menyebabkan kelarutan lapisan oksida, sehingga menghasilkan lapisan yang tipis, berbintik-bintik dan lunak. Keadaan ini akan mengurangi juga berat lapisan. Untuk itu temperatur larutan *anodizing* ditetapkan antara 20⁰C – 30⁰C. Kedua faktor ini terutama berpengaruh terhadap hasil kekerasan lapisan. Selain itu pengaruh *throwing power* pada proses *anodizing* yang cukup tinggi maka untuk menjaga keseragaman temperatur larutan perlu diadakan agitasi, terutama terhadap produk yang letaknya berdekatan.

d. Pewarnaan (*Coloring*)

Lapisan oksida pada aluminium dan paduannya mudah untuk dilakukan proses pewarnaan menggunakan bahan pewarna organik maupun anorganik atau larutan asam organik. Pewarnaan terjadi akibat adanya reaksi bahan pewarna dengan ion-ion aluminium dan sifat penyerapan serta sifat aktif dan permukaan lapisan oksida aluminium.

e. *Sealing*

Sealing bertujuan untuk mengurangi daya serap (absorpsi) lapisan oksida yang dapat menambah sifat proteksi hasil lapisan

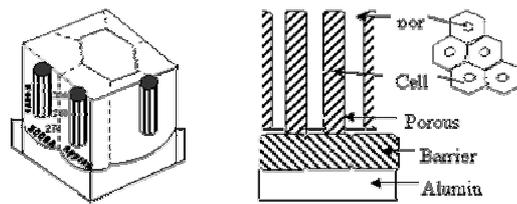
terhadap lingkungan (korosi), karena adanya perubahan struktur permukaan lapisan. Proses ini sangat efektif bila dilakukan pada pH air atau larutan metal salt yang sesuai dan temperatur tinggi (didih) tetapi tidak efektif bila lapisan oksida bersifat lunak, tidak rata dan banyak cacat.

Struktur lapisan oksida (*Anodic film*)

Terdapat dua jenis lapisan oksida (*anodic film*) aluminium dan paduannya *barrier* dan *porous*. Struktur lapisan oksida pada bahan dasar aluminium dan paduannya merupakan suatu kesatuan dari lapisan non *porous barrier (type barrier)* dan *porous type (porosity)* yang tersusun secara beraturan dalam suatu sel dan lobang (pori-pori) yang halus. Lapisan *barrier* terbentuk langsung pada permukaan logam dasar dan lebih tipis dibandingkan dengan lapisan *porous*. Lubang-lubang *porous* yang terjadi berdiri sendiri dengan dinding selnya membuat satu kesatuan dalam bentuk persegi enam (*hexagonal*).

Dengan tingginya daya serap lapisan oksida akan mempermudah proses pewarnaan. Dari gambar di atas jelas terlihat struktur lapisan oksida yaitu perpaduan antara lubang-lubang yang sangat halus (*porosity*) dengan garis-garis lurus (*barrier*) pada permukaan logam dasar (*base metal*). Oleh karena lapisan oksida yang terjadi bersifat *porous*, maka daya serapnya relatif tinggi sesuai dengan kondisi yang dilakukan pada waktu proses *anodizing*. Lapisan oksida yang mempunyai sifat lebih tahan korosi harus lebih tebal dan mempunyai pori-pori

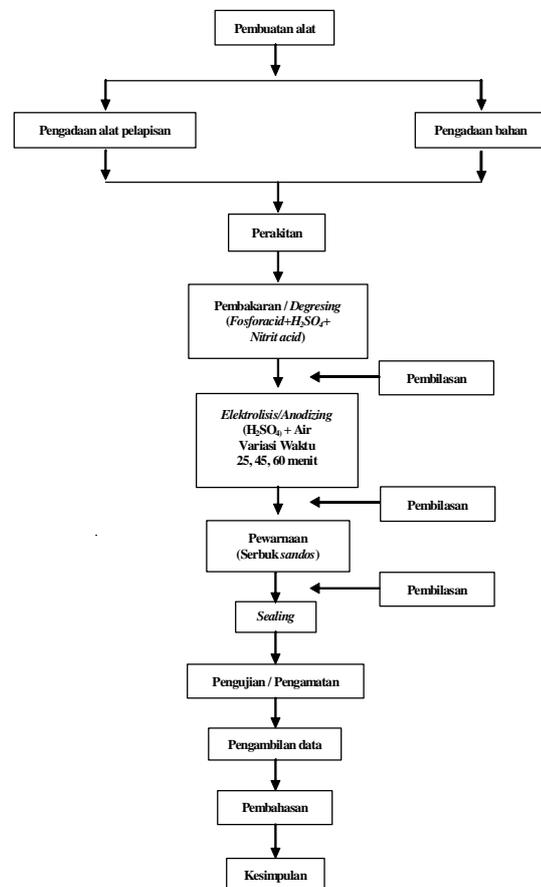
yang diameternya lebih kecil yang dapat diperoleh dengan kondisi rapat arus atau tegangan yang lebih besar.. Pengaruh zat (unsur-unsur) korosif akan berkurang pada lapisan yang berpori-pori lebih halus (diameter kecil), karena zat-zat tersebut lebih sulit untuk masuk kedalam lobang pori-pori tersebut.



Gambar 2. Bentuk Struktur Lapisan Oksida (*Anodic Film*) (A. Saleh, 1998)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Variabel dan Rancangan Penelitian

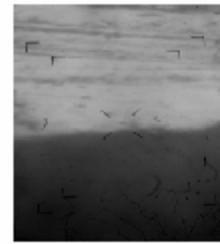
Adapun variabel serta rancangan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Spesimen logam dasar (*base metal*) Aluminium dengan komposisi
Al 97,2%, S 0,040%, Ca 0,006%, Ti 0,018%, V 0,004%, Cr 0,011%, Mn 0,19%, Fe 0,580%, Ni 0,009%, Cu 0,119%, Zn 0,216%, Ga 0,012%, Ag 1,47%, Te 0,055%, Ba 0,006%, Pr 0,007%, Ir 0,005%, Pb 0,033%.
- b. Dimensi spesimen logam dasar (*base metal*) 95 mm x 65 mm x 3 mm
- c. Larutan H₂SO₄+ Air, Phosphor
- d. Parameter pelapisan : arus 60 A, Voltase : 12 V dan waktu pelapisan 25, 45 dan 60 menit
- e. Bahan pewarna (Sandos, 2008)
- f. Pengujian :
 - Uji struktur mikro → etsa (HF : 10 ml, Air : 90 ml)
 - Uji struktur makro
 - Uji kekerasan Rockwell skala F (beban 60 kg, indentor bola baja 1/8 inch)

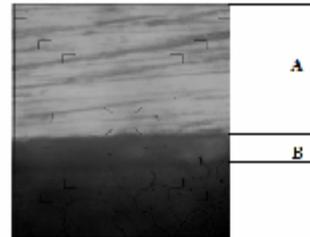
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

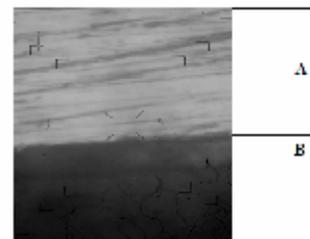
Berikut ini adalah hasil pengujian foto struktur hasil proses *anodizing* dengan potongan melintang untuk melihat ketebalan lapisan oksida yang terbentuk dengan beda waktu pelapisan.



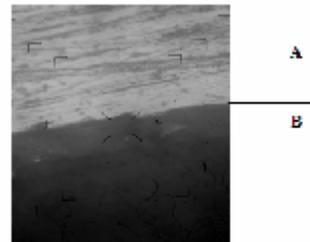
Struktur Mikro *Base Metal* Al



Anodizing Waktu 25 menit

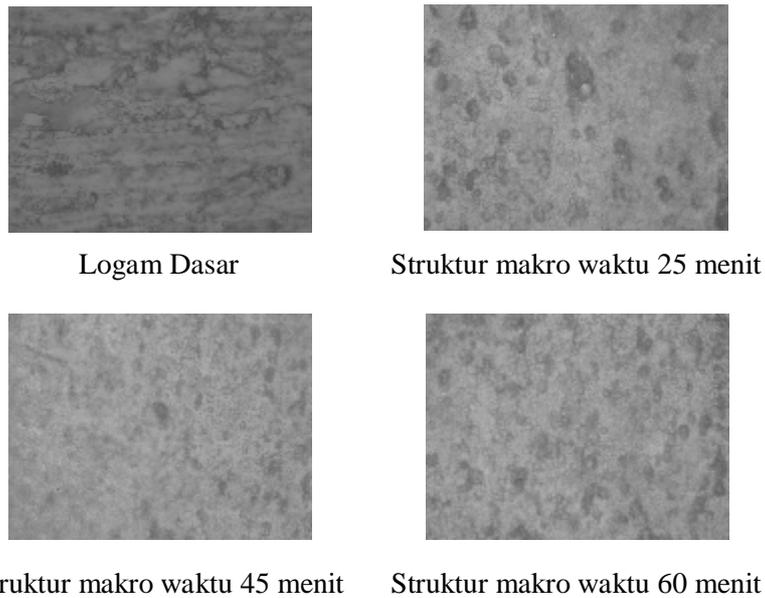


Anodizing Waktu 45 menit



Anodizing Waktu 60 menit

Gambar 4. Pengamatan Struktur Mikro Penampang Melintang Hasil Proses *Anodizing* (A : logam dasar, B : lapisan oksida)



Gambar 5. Foto Pengamatan Struktur Makro Permukaan Lapisan *Anodizing*

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan Rockwell skala F

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell Skala Jenis F

No	Waktu Pelapisan (menit)	HR _F			Kekerasan Rata-rata (HR _F)
		H _{R1}	H _{R2}	H _{R3}	
1	25	15	16	15	15,33
		16	16	15	15,66
		16	13	16	15,00
		14	14	13	13,66
	H _{RF} rata-rata	14,5	14,6	14,4	14,59
2	45	15	16	15	15,33
		15	15	15	15,00
		16	15	16	15,66
		16	16	15	15,66
	H _{RF} rata-rata	15,4	15,2	15,4	15,33
3	60	19	18	19	18,33
		16	18	17	17,00
		16	17	18	17,00
		17	17	16	16,66
	H _{RF} rata-rata	17	17,8	17,2	17,26

Bahan	HR _F
Aluminium (<i>base metal</i>)	15
	15
	12
	12
	13
H _{RF} rata-rata	13,5

Pembahasan

Proses *anodizing* merupakan proses pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam dasar Aluminium. Lapisan oksida terbentuk dari reaksi logam Al dengan oksigen (O_2) yang terdapat dalam larutan. Variasi waktu *anodizing* yang dilakukan adalah 25, 45, dan 60 menit dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan lapisan oksida yang terbentuk baik dari struktur mikro maupun kekerasan yang dihasilkan.

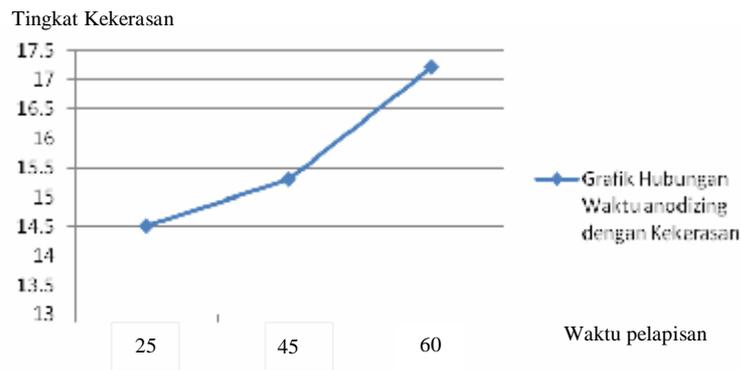
Struktur mikro hasil proses *anodizing* dengan potongan melintang dapat dilihat pada gambar 4. Perbedaan lama waktu *anodizing* mempengaruhi ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya waktu *anodizing* maka reaksi yang terjadi antara Al dan O_2 yang terdapat dalam larutan elektrolit asam sulfat untuk membentuk lapisan oksida juga akan semakin panjang, sehingga lapisan oksida yang terbentuk juga akan semakin banyak / tebal dan membentuk lapisan *barrier* pada logam dasar (*base metal*). Lapisan *barrier* yang terbentuk ini memiliki struktur yang bersifat porous. Lama waktu *anodizing* mempengaruhi terbentuknya struktur butir yang semakin rapat. Hal ini juga mempengaruhi semakin rapatnya porous yang terbentuk pada permukaan karena semakin lama waktu *anodizing* maka semakin banyak/rapat lapisan oksida yang terbentuk.

Lapisan oksida memiliki daya serap yang tinggi sehingga mudah untuk dilakukan

pewarnaan baik menggunakan bahan organik maupun non organik. Pada penelitian ini digunakan pewarnaan dengan bahan anorganik warna biru. Hasil pewarnaan aluminium hasil proses *anodizing* dapat dilihat pada gambar 5. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan pengamatan makro pada permukaan lapisan oksida yang telah diwarnai. Hasil yang diperoleh menunjukkan dengan bertambahnya waktu *anodizing* maka distribusi pewarnaan akan semakin seragam dimana butiran yang terbentuk juga semakin halus. Hal ini dipengaruhi bahwa atom-atom hasil reaksi *anodizing* yang menempel pada lapisan oksida juga semakin banyak. Dengan semakin tebalnya lapisan oksida dan semakin rapatnya butiran lapisan warna yang terbentuk hal ini dapat mengakibatkan meningkatnya angka kekerasan logam sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan.

Hasil uji kekerasan menggunakan mesin Rockwell skala F diperoleh bahwa semakin lama waktu *anodizing* 25, 45 dan 60 menit maka harga kekerasan juga meningkat 14,59 HR_F , 15,33 HR_F dan 17,26 HR_F (gambar 6). Harga kekerasan logam Aluminium awal sebelum *anodizing* adalah 13,5 HR_F .

Peningkatan nilai kekerasan yang terjadi terutama karena terbentuknya lapisan oksida yang semakin tebal. Dimana lapisan yang terbentuk merupakan persenyawaan antara Al (logam dasar) dengan O_2 (non logam) akan membentuk fasa keramik yang memiliki kekerasan tinggi.



Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu *Anodizing* Dengan Kekerasan

SIMPULAN

- Kerapatan struktur butir juga berbanding lurus dengan lama waktu *anodizing* sehingga *porous* yang terbentuk juga semakin rapat yang dapat mempermudah proses pewarnaan baik menggunakan bahan organik maupun non organik.
- Harga kekerasan hasil proses *anodizing* pada logam Aluminium berbanding lurus dengan lama waktu *anodizing* untuk waktu 25, 40, 60 menit
- Kekerasan hasil proses *anodizing* juga disebabkan karena lapisan oksida yang terbentuk merupakan senyawa antara Al (unsur logam) dengan O₂ (non logam) akan membentuk fasa keramik yang memiliki kekerasan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Saleh, Azhar. Ir., 1998, **Mengenal Teknik Pelapisan Logam**, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung
- An AESF Educational Course, 1999, **Training Course in Electroplating & Surface Finishing**, American & Electroplaters and Surface Finishers Society

ASM Hand Book, 1994, *Surface Engineering*, Vol. 5, ASM International

A. W. Brace, P. G. Sheasby, 1989, *The Technology of Anodizing Aluminium*, English

JICA, 2000, *Surface Treatment of Aluminium and Its Alloy*, Manual Book

Lowenheim, 1974, *Modern Electroplating*, J Wiley and Sons

Metal Handbook, 1984, *Heat Treating, Cleaning and Finishing*, Vol. 2, 8th Edition

Sandoz, 2008, *The Dyeing of Anodized Aluminium*, www.freepatentsonline.com