リン酸水溶液によるアルミニウムの 振動電解研磨法 (第3報)

振動電解研磨法の基礎的研究 (3)

中山 孝 廉*

Vibrating electro-polishing method of aluminium in phosphoric acid
(3rd Report) (UDC:669.71:621.923.7:546.182.6)

NAKAYAMA Takakado*

(1) In the case of anodical electrolysis under a constant electric current at various current densities, the conditions for obtaining the electro-polished bright surface are in such range that bath voltage becomes higher as the current density gets larger, and with the increase in electrolysis time, bath voltage becomes higher.

(2) Effect of number of vibration of anode on the bath voltage.

A. In the case of the current density under which unevenly electro-polished surface (CR) is obtained under statical method, the following phenomenon appears with the increase in numbers of vibration.

(CR) $\xrightarrow{\text{decrease in bath voltage}}$ (CS) $\xrightarrow{\text{decrease in b. V.}}$ etched surface
(smoothly polished surface)

B. In the case of the current density under which scorched surface (D) and ragged surface (E) is produced, the following phenomenon appears, with the increase in numbers of vibration:

(D) and (E) $\xrightarrow{\text{increase in b. volt.}}$ (CS) $\xrightarrow{\text{decrease in b. volt.}}$ uncompletely polished surface.

(3) As a consideration on the process of electro-polishing, etching phenomenon stops with the growth of anodic film.

The film appears and then, in the next instance, dissolved into hot electrolyte. This action works as electro-polishing. The over-dissolution of film, however, makes ragged and scorched surface.

(Received Nov. 21, 1958)

5. 定電流電解における浴電圧と電解研磨との関係

電解後の試験片の表面状態は3.1ないし3.10の測定結果のごとく電解条件により異なるが、本章ではさらに表面状態と電解中の浴電圧との関係について測定し、電解研磨条件における浴電圧の挙動を求めようとした。

5.1 測定方法

浴電圧測定に使用した装置および結線図は3.1ないし3.10において用いたものと同様である。測定の際の電流

密度はつねに一定し、陽極を電解液に入れると同時に、2.の Fig. 2.5 における(12)の摺動抵抗の摺動子を動かして電流を0アンペア(A)より上昇させ、所定の電流密度に調整して(14)の直流電圧計によつて電解30 sec. 後から30 sec. 毎に電解時間の経過に従つて浴電圧を測定した。

5.2 電流密度および浴温度の影響

電流密度を1 A/dm² から100 A/dm² まで変え、また浴温度を30°Cから80°Cまで変えて浴電圧を測定した。この際リン酸濃度は3.において最良の研磨面を得た80

* 日本軽金属株式会社 研究所次長 工博 Sub-manager of Laboratories, Nippon Light Metal Co., Ltd. Dr. Eng.

%に一定し、電解時間は8 min とした。

5.2.1 電解条件

電解条件は次の通りである。

リン酸濃度(%) : 80

電流密度(A/dm²) : 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30,
40, 100, 80, 100

浴温度(°C) : 30°, 50°, 70°, 80°

電解時間(min.) : 8

陽極振動数(r.p.m.) : 0, 120 (振巾80mm) すなわち陽
極面の平均線速度19.2m/min

陽極 : 99.99Al, 表面積0.13dm²
(30×20×1 mm)

陰極 : 99.99Al, 表面積1.3dm²
(100×65mm, 2枚)

陽極と陰極との距離(mm) : 50

電解液量(l) : 2

電解槽 : 容量2 l のビーカー

5.2.2 測定結果

上記の条件において浴電圧を測定した結果は、Table 5.1 (1) および (2) の通りである。なお表中には電解後の表面状態を付け加えた。浴電圧と電解時間との関係を各浴温度毎に Fig. 5.1, Fig. 5.2, Fig. 5.3 および Fig. 5.4 に示す。

Fig. 5.1 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Fig. 5.2 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Concentration of phosphoric acid (%)	Current density (A/dm ²)	Bath temperature (°C)	Vibration (r.p.m.)	Bath voltage (V)																State of Surface*
				0.5 minute	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
80	1	30	120	2.2	2	2.2	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	A
"	3	"	"	20	20	20	21	22	23	23	24	24	24	24	25.5	26	26	26.5	26	F
"	5	"	"	37	42	45	47	50	51	52	54	55	56	57	57	58	58	59	59	F
"	7	"	"	41	47	52	57	60	63	66	68	69	69	69	69.5	69	69	69	68.5	F
"	10	"	"	—	56	69	80	79	79	76	74	74	74.5	74	74	72	72	71	71	F
"	15	"	"	—	78	86	95	93	90	84	80	80	80	79	77	77	77	76	76	F
"	20	"	"	—	70	74	78	57	73	73	72	72	73	73	72	71	71	71	71	C S
"	30	"	"	—	75	74	74	73.5	73	71	70	70	70	70	69	68.5	68.5	68	68	E
"	40	"	"	—	65	65	65	65	65	65	65	64	63.5	62.5	62	62	62	61	61	E
"	60	"	"	—	61	61	60	50	60	59	58.5	58.5	58	57	56	55.5	55.5	55	55.5	E
"	80	"	"	—	60	60	60	59	58	58	57	56	54	53	53	53	53	52	52	E
"	100	"	"	—	55	55.5	56.5	56.5	55.5	55	54	53	52	52	51	51	51	51	51	E
80	1	50	120	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	A
"	3	"	"	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A
"	5	"	"	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	A
"	7	"	"	12	14.5	16	17.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19	19.5	19	19	19	18.5	18.5	18.5	C S
"	10	"	"	25	31	32.5	32.5	33	33.5	34.5	33.5	32.5	32.5	32.5	33	33	33.5	33.5	33.5	C S
"	15	"	"	53	53	53.5	53.5	53	53	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	53	53	53	53	53.5	C S
"	20	"	"	—	57.5	57.5	57	57	57	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56	55.5	55.5	54.5	54.5	C S
"	30	"	"	—	60.5	60.5	59.5	59.5	58.5	58.5	57.5	57.5	57	57	57	57	57	57	57	C S
"	40	"	"	—	57.5	56.5	57	56.5	55.5	56.5	56	55.5	55	55	54.5	54	53.5	53.5	53.5	E
"	60	"	"	—	52	52	52.5	52	52	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51	51	51	51	51	E
"	80	"	"	—	51	51	51	50.5	50.5	50	50	49	48.5	48	47.5	47	47	47	47	E
"	100	"	"	—	49	49	50	50	49	48	48	48.5	48	47.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	E
80	1	70	120	—	0.1	—	0.09	—	0.07	—	0.04	—	0.02	0	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	A
"	3	"	"	0.09	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	A
"	5	"	"	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	7	"	"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	A
"	10	"	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	A
"	15	"	"	14	14	14	14	14	14	14	14.5	14	14	13.5	13.5	13.5	13	13	13	C S
"	20	"	"	31.5	31.5	32	31.5	32	32	32	33	32.5	32	32	32	31.5	31.5	31.5	31.5	C S
"	30	"	"	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37	37	37	37	37	37	37	36.5	36.5	36.5	C S
"	40	"	"	45.5	46	46	46	45.5	45.5	45.5	45	45	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	C S
"	60	"	"	—	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47	47	47	46.5	46.5	E
"	80	"	"	—	48	47.5	48	47.5	47.5	48	47.5	47.5	47.5	47	47	47	47	46.5	46.5	E
"	100	"	"	—	47.5	47.5	48	48	48	48	47.5	47.5	47	47	46.5	46.5	46.5	46	46	E
80	1	80	120	0.10	—	1.10	—	0.05	0	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	A
"	3	"	"	0.02	0.02	0.06	0.09	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	A
"	5	"	"	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	A
"	7	"	"	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	A
"	10	"	"	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	A
"	15	"	"	2	2	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	C S
"	20	"	"	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	9.0	6.0	6.0	6.0	6.0	60	6.0	6.0	5.5	5.5	C S
"	30	"	"	31.5	31	30.5	29	29.5	29	29	28.5	28	28	28	28	28	28	27.5	27.5	C S
"	40	"	"	—	36	35	35	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	C S
"	60	"	"	—	41	41	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40	40	40	40	40	40.5	C S
"	80	"	"	—	41	41	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41	41	41	41	41	41	41	E
"	100	"	"	—	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41	41	41	41	41	E

A: エッチング面 Etched surface.
 B: 不完全研磨面 Uncompletely polished surface.
 C: 電解研磨面 (Electropolished surface) { CR: 凹凸を生じた電解研磨面 Unevenly electropolished surface
 D: 地 荒 面 Ragged surface
 E: 焼 け 面 Scorched surface
 F: 皮 膜 Surface with thin film
 CS: 平滑な電解研磨面 Smoothly electropolished surface

Fig. 5.3 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Fig. 5.4 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Table 5.1 (1), (2) および Fig. 5.1 ないし Fig. 5.4 によれば同一電流密度の浴電圧は浴温度の上昇につれて減少するが電流密度と浴電圧との間には各浴温度に共通した変化が現れ、この変化に従って電流密度を次のように分類することができる。

- 電流密度の増加につれて浴電圧も増加する範囲…………… Ra
- 電流密度の増加につれて浴電圧は減少する範囲…………… Rb
- 電流密度の増加に拘らず浴電圧はほぼ一定である範囲…………… Rc

上記の各範囲をそれぞれ Ra, Rb および Rc として各温度における電流密度を分類し表面状態との関係をもとめると次の通りである。

Ra

	静置法	振動法
浴温度 30°C	1~10 A/dm ²	1~20 A/dm ²
浴温度 50°C	1~10 A/dm ²	1~30 A/dm ²
浴温度 70°C	1~10 A/dm ²	1~60 A/dm ²
浴温度 80°C	1~15 A/dm ²	1~60 A/dm ²

である。これらの表面状態はエッチング面、不完全研磨あるいは電解研磨面である。ただし振動法 70°C の 60

A/dm² のみは先端にわずかではあるが地荒れと焼けを生ずる。

Rb は

静置法	振動法
浴温度 30°C : 15~40 A/dm ²	30~60 A/dm ²
浴温度 50°C : 15~40 A/dm ²	40~60 A/dm ²
浴温度 70°C : 15~40 A/dm ²	—
浴温度 80°C : 20~40 A/dm ²	—

である。これらの表面状態は地荒れおよび焼け面である。ただし静置法 70°C の 15 A/dm² は凹凸研磨面であるが淡青色の表面層を生ずる。

Rc は,

静置法	振動法
浴温度 30°C : 60~100 A/dm ²	80~100 A/dm ²
浴温度 50°C : 60~100 A/dm ²	80~100 A/dm ²
浴温度 70°C : 60~100 A/dm ²	80~100 A/dm ²
浴温度 80°C : 60~100 A/dm ²	80~100 A/dm ²

である。これらの表面状態はいずれも地荒れおよび焼け面である。

上記によれば Rb, Rc はともに地荒れおよび焼け面の範囲であり、電解研磨における浴電圧は電流密度の増加につれて上昇するものである。この Ra にはエツチング面、不完全研磨面あるいは電解研磨面が含まれるが、浴電圧と電解時間との関係から Ra はさらに次の三種類に分けることができる。

- 浴電圧は電解時間に関係なく電解中一定であり、その値はほぼ 1 V 内外である。……………R'a
- 浴電圧は電解時間の経過につれて上昇し最大値に達した後は、一定するかあるいはわずかつ減少する。……………R'b
- 浴電圧は a) と同様に電解中一定であるが、a) に比較し電流密度の増加に対する浴電圧の増加の割合が大きい。……………R'c

これらの各範囲をそれぞれ R'a, R'b および R'c として、上記の範囲の電流密度をさらに分類し表面状態との関係を求めると次の通りである。

R'a は,

静置法	振動法
浴温度 30°C : —	1 A/dm ²
浴温度 50°C : 1 A/dm ²	1~5 A/dm ²
浴温度 70°C : 1~3 A/dm ²	1~10 A/dm ²
浴温度 80°C : 1~7 A/dm ²	1~15 A/dm ²

であり、表面状態は振動法 80°C の 15 A/dm² のみを除きすべてエツチング面である。

R'b は,

静置法	振動法
浴温度 30°C : 1~10 A/dm ²	3~20 A/dm ²

浴温度 50°C : 3~10 A/dm ²	7~10 A/dm ²
浴温度 70°C : 5~10 A/dm ²	—
浴温度 80°C : 10 A/dm ²	—

であり、表面状態は不完全研磨面および電解研磨面であるが、この範囲における最低電流密度は、いずれもその浴温度において光沢を生じ始める最低の電流密度である。

R'c は,

静置法	振動法
浴温度 30°C : —	—
浴温度 50°C : —	15~30 A/dm ²
浴温度 70°C : —	15~60 A/dm ²
浴温度 80°C : 15 A/dm ²	20~60 A/dm ²

であり、振動法 70°C の 60 A/dm² を除いて他はすべて電解研磨面であり取り分け振動法においては最良の研磨範囲である。

これらの結果から電解研磨範囲の浴電圧は、上記の Ra 範囲にありしかも、R'b あるいは R'c を満足するものである。

5.2.3 要 約

以上を要約すれば電流密度および浴温度が浴電圧に及ぼす影響として次の結果を得た。

- 一定電流密度における浴電圧は低浴温度ほど高電圧となるが、一定浴温度における浴電圧は電流密度の増加に対して必ずしも高電圧とはならない。
- 各浴温度における電流密度は浴電圧の変化に従って上記のように Ra, Rb および Rc の範囲に分類することができる。このうち Ra は浴電圧と電解時間との関係によつてさらに上記の R'a, R'b および R'c の三種類に分けることができる。

3) これらの分類の結果

Ra の R'a 範囲ではエツチング面を生ずる。

Ra の R'b および R'c 範囲では不完全研磨面および電解研磨面となつて光沢を生ずる。

Rb および Rc 範囲では、地荒れおよび焼け面を生ずる。

5.3 陽極振動数の影響

陽極振動数を 0 r. p. m. から 300 r. p. m. (陽極面の平均線速度 0 m/min. から 48.0 m/min.) まで変えて浴電圧を測定した。この際の電流密度は 5 A/dm² ないし 100 A/dm² としリン酸濃度、電解時間は 5.2 と同様にそれぞれ 80%, 8 min. とした。

5.3.1 電解条件

電解条件は次の通りである。

リン酸濃度 (%) : 80

電 流 密 度 (A/dm²) : 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100

浴 温 度 (°C) : 70

Table 5.2 Effect of the uneber of vibrationon bath voltage

Concentration of phosphoric acid %	Current density (A/dm ²)	Bath temperature (°C)	Vibration (r.p.m.)	Bath voltage (V)																State of Surface*
				0.5 minute	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	5.4	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
80	5	70	0	1	2	11	21.5	29.5	53	38	38.5	39	40	41	42	43	43	44	44.5	CR
"	"	"	5	1	2	12.5	26	34.5	38.5	40.5	41.5	42	42.5	42.5	43	43.5	43.5	43.5	43.5	CR
"	"	"	10	0.5	0.5	0.8	1.3	6	17	25	30	31	33.5	34.5	38	38	38	38	38.5	CR
"	"	"	20	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	40	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	0.6	0.6	0.6	A
"	"	"	60	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	A
"	"	"	80	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	120	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	140	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	200	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
"	"	"	300	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	A
80	10	70	0	21	38	42	43	44	44	44	44	43.5	43	43	42.5	42	42	42	42	CR
"	"	"	5	21	36	38	—	40	40.5	41	41	41	41	41	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	CR
"	"	"	10	21	37	42	42	41.5	42	42	43	44	43	42.5	42.5	42.5	42	42	42	CR
"	"	"	20	17	34	39.5	41	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	43	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	CR
"	"	"	40	16	27.5	30	31	31.5	31	31.5	31	31	31	30.5	30.5	30.5	30	30	30	CR
"	"	"	60	6	18.5	23.5	24.5	24.5	24.5	25	25	25.5	25.5	25.5	25	25	25	24.5	24.5	CS
"	"	"	80	7.5	8	7.5	7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7	7	7	7	7	7	7	CS
"	"	"	100	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	CS
"	"	"	120	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	A
"	"	"	140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A
"	"	"	200	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	A
"	"	"	300	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	A
80	20	70	0	—	33.5	34	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	36	35	34.5	34.5	35	39.5	43.5	E
"	"	"	5	—	—	36	36.5	36	35.5	36	36	36	—	—	—	33	—	36	36	E
"	"	"	10	—	35	36	36	36	36	35.5	35.5	35.5	36	35.5	35.5	35.5	35.5	36	36	E
"	"	"	20	—	38	38	38	37	—	—	38	38	38.5	38.5	38.5	38	38.5	38	38	E
"	"	"	40	—	47	47	47	47	46.5	46.5	46.5	46.5	—	45.5	45	45	45	45	45	E
"	"	"	60	—	41.5	41.5	41.5	40	39	39	39.5	39.5	39.5	39	39	39	39	39	39	CR
"	"	"	80	—	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	36	36	38	38	38	37.5	37.5	37.5	37.5	CS
"	"	"	100	—	37.5	37.5	38	38	38	38	37.5	37.5	38	38	38	37.5	37.5	37.5	37.5	CS
"	"	"	120	—	31.5	32	31.5	32	32	32	32	32.5	32	32	32	31.5	31.5	31.5	31.5	CS
"	"	"	140	—	27.5	28	28	28.5	28	28	28	28.5	28.5	28.5	28	28	28	28	28	CS
"	"	"	200	—	14.5	14.5	14.5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13.5	13.5	13.5	CS
"	"	"	300	—	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.8	5.0	5.0	CS
80	40	70	0	—	30.5	30	30.5	30.5	30.5	31	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	E
"	"	"	5	—	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30.5	31.5	31	31	E
"	"	"	10	—	32	32	32.5	32.5	32.5	32.5	32	32	32	32	32	32	32	32	32	E
"	"	"	20	—	30.5	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32.5	32	32	E
"	"	"	40	—	38	38.5	38.5	38.5	38	38	38	38.5	38.5	38	38	38	38	38	38	E
"	"	"	60	—	45.5	45.5	45.5	45	45.5	45	45	45	45	45	45	44.5	44.5	44	44	E
"	"	"	80	—	49	49	49	49	48.5	—	47.5	48	48	48	48	48	47.5	47.5	47.5	E
"	"	"	100	—	49.5	50	50	49.5	50	50	49.5	49.5	49.5	49	49	48.5	48.5	48.5	48.5	E
"	"	"	120	—	46	46	46	45.5	45.5	45.5	45	45	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	CS
"	"	"	140	—	46	46	46	45.5	46	46	45.5	45.5	45.5	45	45	45	45	45	45	CS
"	"	"	200	—	43.5	43.5	43	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43	43	43	43	42.5	42.5	CS
"	"	"	300	—	36.5	36.5	76.5	36.5	36	36	36	35.5	35	35	34.5	34	33.5	34	34	CS

Concentration of phosphoric acid (%)	Current density (A/dm ²)	Bath temperature (°C)	Vibration (r.p.m.)	Bath voltage (V)																State of Surface*
				0.5 minute																
					1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
80	60	70	0	—	31	31	32	32	31.5	31	30.5	30.5	30.5	30	30	30	29.5	29.5	30	E
"	"	"	5	—	32	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32	31.5	31.5	31.5	31	31	E
"	"	"	10	—	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34	34	34	34	33.5	33.5	34	34	E
"	"	"	20	—	33.5	34	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	E
"	"	"	40	—	35.5	36	36	37	37	37.5	37	37	37	37	37	37	37	37	37	E
"	"	"	60	—	39	39	39	39	39	39	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	E
"	"	"	80	—	44	44	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	E
"	"	"	100	—	47.5	47	42	47	47	47	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	E
"	"	"	120	—	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47	47	47	46.5	46.5	E
"	"	"	140	—	51	51	51	51.5	51.5	51	51	51	51	51	51	51	50.5	50.5	50.5	E
"	"	"	200	—	54	54	54	54.5	54.5	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	E
"	"	"	300	—	48	48	48	47.5	47.5	47	47	46.5	46.5	46	45.5	45.5	45.5	45	45	C S
80	80	70	0	—	32	32	32	32	32	32	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31	31	31	31	E
"	"	"	5	—	33	32.5	32	32.5	32	32	32	32	32	32	31.5	31.5	32	32	32	E
"	"	"	10	—	36	36	36	36.5	36.5	36.5	36	35	34.5	34.5	34	34	34	34	34	E
"	"	"	20	—	36	36.5	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	33	37	37	E
"	"	"	40	—	37	37	37	37	37	37	37	37	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	E
"	"	"	60	—	39	39	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39	39	39	39	39	E
"	"	"	80	—	43	43	43.5	43.5	43.5	43	43	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	E
"	"	"	100	—	46	46	46	46	46	46	46	46	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	E
"	"	"	120	—	48	47.5	48	47.5	47.5	48	47.5	47.5	47.5	47	47	47	46.5	46.5	46.5	E
"	"	"	140	—	48.5	48.5	48	48	48	48	48	48	47.5	47	47	47	46.5	46.5	46.5	E
"	"	"	200	—	52	52	52	52	51.5	52	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51	51	51	51	E
"	"	"	300	—	53	53	53	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52	52	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	E
80	100	70	0	—	32	32	32	32	31.5	31	30.5	30.5	30.5	30	30	29	29	29	29.5	E
"	"	"	5	—	36.5	36.5	35	35	35	35	34.5	34	34	34	34.5	34.5	33	33	33	E
"	"	"	10	—	37.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	35.5	35.5	35.5	35	35	35	35	E
"	"	"	20	—	37.5	38	37	37	37	36.5	36.5	36.5	36.5	36	36	36	36	31	36	E
"	"	"	40	—	40	40	40	40	40	40	40	39.5	39.5	39	39	39	39	38.5	38.5	E
"	"	"	60	—	41	41.5	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41.5	41.5	41.5	E
"	"	"	80	—	45	45	45.5	46	46	46	46	46	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	E
"	"	"	100	—	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45	45	45	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	E
"	"	"	120	—	47.5	47.5	48	48	48	48	47.5	47.5	47	47	46.5	46.5	46.5	46	46	E
"	"	"	140	—	49.5	49.5	49	49	49	49	49	49	48.5	48.5	48.5	48	48	48	48	E
"	"	"	200	—	50	50	50	50	50	50	49.5	49.5	49.5	49	49	49.5	49	47	47	E
"	"	"	300	—	53.5	53.5	53	53	53	52.5	52.5	52.5	52	52	52	52	51.5	51.5	51.5	E

電解時間 (min.) : 8

陽極振動数 :
(r. p. m.)
(振巾80mm)

- 0 (陽極面の平均線速度 0 m/min.)
- 5 (陽極面の平均線速度 0.8 m/min.)
- 10 (陽極面の平均線速度 1.6 m/min.)
- 20 (陽極面の平均線速度 3.2 m/min.)
- 40 (陽極面の平均線速度 6.4 m/min.)
- 60 (陽極面の平均線速度 9.6 m/min.)
- 80 (陽極面の平均線速度 12.8 m/min.)
- 100 (陽極面の平均線速度 16.0 m/min.)
- 120 (陽極面の平均線速度 19.2 m/min.)
- 140 (陽極面の平均線速度 22.4 m/min.)
- 200 (陽極面の平均線速度 32.0 m/min.)
- 300 (陽極面の平均線速度 48.0 m/min.)

陽 極: 99.99%Al, 表面積0.13dm²(30×20×1 mm)
陰 極: 99.99%Al, 表面積1.3dm²(100×65mm 2 枚)
陽極と陰極との距離(mm): 50

電解液量(l): 2

電 解 槽: 容量 2 l のビーカー

5.3.2 測定結果

上記の条件において浴電圧を測定した結果は **Table 5.2** の通りである。なお表中には電解後の表面状態を付け加えた。浴電圧と電解時間との関係を各電流密度毎に **Fig. 5.5**, **Fig. 5.6**, **Fig. 5.7** および **Fig. 5.8** に示す。

Table 5.2 および **Fig. 5.5** ないし **Fig. 5.8** によれば各電流密度における浴電圧は振動数の増加に伴なつて

Fig. 5.5 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Fig. 5.8 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Fig. 5.7 Relation between bath voltage and electrolysis time.

Fig. 5.8 Relation between bath voltage and electrolysis time.

変化するが、この変化に従つて振動数を次のようにに分けることができる。

- a) 振動数の増加につれて浴電圧が減少する
振動数範囲。…………… r_a
- b) 振動数の増加につれて浴電圧も増加する
振動数範囲。…………… r_b

上記の二つの範囲をそれぞれ r_a r_b とし、各電流密度における振動数を分類して表面状態との関係を求めれば

次の通りである。

r_a は

- 電流密度 5 A/dm² : 0~300 r. p. m.
- 電流密度 10 A/dm² : 0~300 r. p. m.
- 電流密度 20 A/dm² : 60~300 r. p. m.
- 電流密度 40 A/dm² : 120~300 r. p. m.
- 電流密度 60 A/dm² : 300 r. p. m.

であり、表面状態はエッチング面および電解研磨面である。これらの内電流密度 5 A/dm² においては 0 ないし 10 r. p. m. の浴電圧は電解時間の経過につれて上昇し凹凸研磨面が生ずる。しかし 20 r. p. m. では浴電圧が急激に減少し以後 300 r. p. m. までほぼ 1 V 以下に一定し、エッチング面が生ずる。また電流密度 10 A/dm² においては 0 ないし 60 r. p. m. の浴電圧は電解時間の経過につれて上昇するが、80 r. p. m. 以上は電解中ほとんど変化はなくこの内 120 ないし 300 r. p. m. では約 1 V に一定する。表面状態は 40 r. p. m. まで凹凸研磨面、60 ないし 100 r. p. m. において平滑研磨面、120 r. p. m. 以上ではエッチング面となる。すなわち 0 r. p. m. において凹凸研磨面を生ずる電流密度の浴電圧は振動数の増加につれて減少し、平滑研磨面を生じ、さらに速度が増加して、エッチング面を生ずるにおよび約 1 V 以下に減少する。然し斯かる速度の大なる場合でも電流密度 20 A/dm² 以上では電解中の浴電圧の変化はほとんど無く表面はいずれも平滑な研磨面となる。

これらの範囲をそれぞれの振動数における電流密度と浴電圧との関係において見れば、いずれも電流密度の増

加につれて浴電圧が上昇する範囲であり、前節の 5.2 に
おける分類に従えば Ra 範囲である。

r_b は、

電流密度	20 A/dm ² :	0~ 40 r. p. m.
電流密度	40 A/dm ² :	0~100 r. p. m.
電流密度	60 A/dm ² :	60~300 r. p. m.
電流密度	80 A/dm ² :	120~300 r. p. m.
電流密度	100 A/dm ² :	0~300 r. p. m.

であり、表面状態はいずれも地荒れおよび焼け面である。すなわち 0 r. p. m. において地荒れおよび焼けを生ずる各電流密度においてはその面積は振動数の増加に伴なつて減少し、同時に浴電圧が次第に増加する。

これらの範囲を 5.2 の分類に従つてそれぞれの振動数における電流密度と浴電圧との関係において見れば Rb および Rc 範囲である。

5.3.3 要約

以上陽極振動数が浴電圧に及ぼす影響として次の結果を得た。

1) 一定電流密度における浴電圧は振動数の増加につれてつねに減少するもので無く、浴電圧の増減に従つて振動数を上記の r_a および r_b の範囲に分類することができる。

2) これらの結果を表面状態と浴電圧との関係から見れば、

0r. p. m. (静置法)において凹凸研磨面を生ずる電流密度では振動数の増加につれて浴電圧は減少して平滑研磨面を生じ、さらに振動数が増加してエツチング面を生ずるに至り浴電圧は 1 V 以下に減少する。

0r. p. m. において地荒れおよび焼け面を生ずる電流密度では振動数の増加につれて浴電圧は上昇する。この範囲において地荒れおよび焼けの面積は次第に減少する。しかし一定の振動数を境にして振動数の増加につれて浴電圧は減少する。この範囲においては平滑研磨面を生じ極度に振動数が増せば不完全研磨面を生ずる。

5.4 考 察

浴電圧の測定結果について考察を加えれば次の通りである。

一般に浴電圧は電流密度との関係において変化するがこれらの経過は本研究範囲の各電解条件に共通しており浴電圧の変化に従つて各電解条件の電流密度を、

- 電流密度の増加につれて浴電圧も増加する範囲 (これを Ra 範囲と呼ぶ)
- 電流密度の増加につれて浴電圧は減少する範囲 (これを Rb 範囲と呼ぶ)

c) 電流密度の増加に対して浴電圧はほぼ一定である範囲 (これを Rc 範囲と呼ぶ)

の三種の範囲に分類することができる。また上記の Ra 範囲は浴電圧と電解時間との関係からさらに、

- 浴電圧は電解時間に関係なく電解中一定であり、その値は低く 1 V 内外である (これを R'a 範囲と呼ぶ)
- 浴電圧は電解時間の経過につれて上昇し最大値に達した後は一定するかあるいはわずかな減少する範囲 (これを R'b 範囲と呼ぶ)
- 浴電圧は電解中ほぼ一定であるが、電流密度の増加に対する浴電圧の増加の割合が大きい範囲 (これを R'c 範囲と呼ぶ)

の三種類に分けられた。上記の六種類の範囲は電流密度の増加に伴ない次の順序にしたがうものであり、これとともに表面状態も下記のように変化する。

R'a から R'b あるいは R'c への推移は浴電圧がはなはだしく上昇するのが特徴であり、陽極表面に著しい変化が生ずることを示している。このような浴電圧の上昇が陽極皮膜の発生に起因すると考えるならば、R'a 範囲におけるエツチング作用は陽極皮膜の発生によつて終熄し続いて電解研磨作用が始まると言える。Ra から Rb あるいは R'c へ移る際に現れる浴電圧の減少は顕著なものであつて、陽極表面に発生した皮膜が破壊されるために生ずるものであり、したがつて表面状態は地荒れおよび焼けを生ずると考えられる。

浴温度上昇は一定電流密度の浴電圧を減少させるが、上記の浴電圧と電流密度との関係は各浴温度を通じて同様であり、高温度となるにつれて R'a 範囲は増し R'b あるいは R'c 範囲の始まる電流密度は上昇する。これは温度の上昇に伴なつて陽極皮膜の溶解速度が増し、皮膜の生成のためには低温度に比較してより高電流密度が必要になるためと考える。

陽極振動数の影響は浴温度の影響に類似し大振動数ほど R'a 範囲は増し、R'b あるいは R'c 範囲の電流密度は上昇するが同時に Ra 範囲に含まれる電流密度も増加する。これらを陽極皮膜を基礎にして考えれば大振動数ほど皮膜の生成のためには高電流密度が必要であるが、同時に振動数が小さい場合に比較して高電流密度まで皮膜は破壊されないと言える。この結果、電流密度 20 A/dm² 以上においては小振動数では Rb あるいは Rc 範囲に属し浴電圧が減少するにもかかわらず、大振動数では Ra 範囲であるために浴電圧が高いのであつて、これにつれて大振動数ほど高電流密度まで電解研磨面を生ずるものである。