

Fig.1 Relationships between  $\delta_f$  and  $HV_f$  (◆:0h ○:10h ▲:30h ■:60h)

#### 4.2 表面観察及び成分分析

Fig.2(a)~(f)に 150°C、180°Cで熱処理した試験片の SEM 観察結果(BEI 画像)を、Table 1 に EDS による表面定量分析結果を示す。ここでまず、BEI 画像の表面の成分を EDS の結果との比較によって考える。(a)の大部分を占めている表面の白色部分はほぼ Sn 成分であるためすず層であることがわかる。(b)~(e)で顕著に現れ、(f)のほぼ全体を占めているグレーの部分は、重量比が 30h、60h とともにほぼ Cu:Sn=32:68 となっている。この部分がめっき施工時に生成する中間合金層  $Cu_6Sn_5$  であるとする、Cu と Sn の質量数がそれぞれ 63.55、118.7 であるので、 $Cu_6:Sn_5=(63.55 \times 6):(118.7 \times 5)=381.3:593.5$  となり、全体の値を 100 として換算すると Cu:Sn 比は約 39:61 となることより、試験片表面のグレー部分は  $Cu_6Sn_5$  であると言える。(f)に見られる点状の黒色部分は、熱処理によって新たに生成した新規中間合金層  $Cu_3Sn$  であると考えられ、上記と同様な仮定を行うと、表面の Cu:Sn 比は約 62:38 となることより、 $Cu_3Sn$  であると言える。次に BEI 画像を比較すると、150°C・180°C共に熱処理時間の増加に伴って表面に露出している中間合金層の割合が増加しており、その速度は温度の上昇に伴い速く

Table 1 Quantitative analysis results on surface of specimen

	Cu [wt%]	Sn [wt%]
30h (white part)	2.09	97.91
30h (gray part)	31.3	68.7
60h (gray part)	32.12	67.88
60h (black part)	53.97	46.07

なっていることがわかる。また、180°Cで 60 時間処理したものは表面が一様に中間合金層  $Cu_6Sn_5$  及び新規中間合金層  $Cu_3Sn$  で占められている。硬さ試験の結果からも、60 時間熱処理を行うと、硬さ値は押し込み深さによらずほぼ一定となっていることから、180°Cで熱処理を行うと、30~60h の間にすず層は消失し、それに伴って中間合金層の成長も完了している、ということがわかる。また、硬さ試験の過程で、150°Cで 30 時間もしくは 60 時間熱処理した試験片と 180°Cで 10 時間以上熱処理した試験片は表面状態が類似しており、それに対応するように 180°Cで 10 時間熱処理した試験片の硬さ値分布はほぼ 150°Cで 30 時間熱処理したものと 60 時間熱処理したものの中の挙動を示している。このことから、新規中間合金層の成長挙動に対する影響として温度と時間は相関があり、また硬さ値分布によりその相関関係が確認できた。

#### 5. 結言

- (1) 150°Cと 180°Cの熱処理においては、試験片内部で熱処理時間に比例した中間合金層の成長が確認された。
- (2) 120°Cの熱処理温度では、60 時間加熱をしても中間合金層はほぼ成長しないことが確認された。
- (3) 150°Cの熱処理温度では、10 時間加熱をした段階で中間合金層の成長が確認された。
- (4) 180°Cの熱処理温度では、10 時間加熱をした段階で、150°Cの熱処理温度で 30~60 時間加熱したものと同程度まで中間合金層が成長することが示された。
- (5) 180°Cの熱処理では、60 時間熱処理を施すことですず層が消失し、中間合金層が表面まで成長することが示された。
- (6) 表面の定量分析結果から、表面に露出する中間合金層は  $Cu_6Sn_5$  であることが示された。さらに、成長する中間合金層はめっき施工時にできる  $Cu_6Sn_5$  でなく、熱処理により新たに生成する  $Cu_3Sn$  であることが示された。

#### 謝辞

学部 4 年の鈴木亘君にお手伝いいただき感謝します。

#### 参考文献

- (1) 荘司哲・石橋達弥・大木基史、HOT-DIP すずめっき材の硬さ値分布に及ぼす熱処理の影響、山梨講演会論文集、No.050-4 (2005)、pp179-180

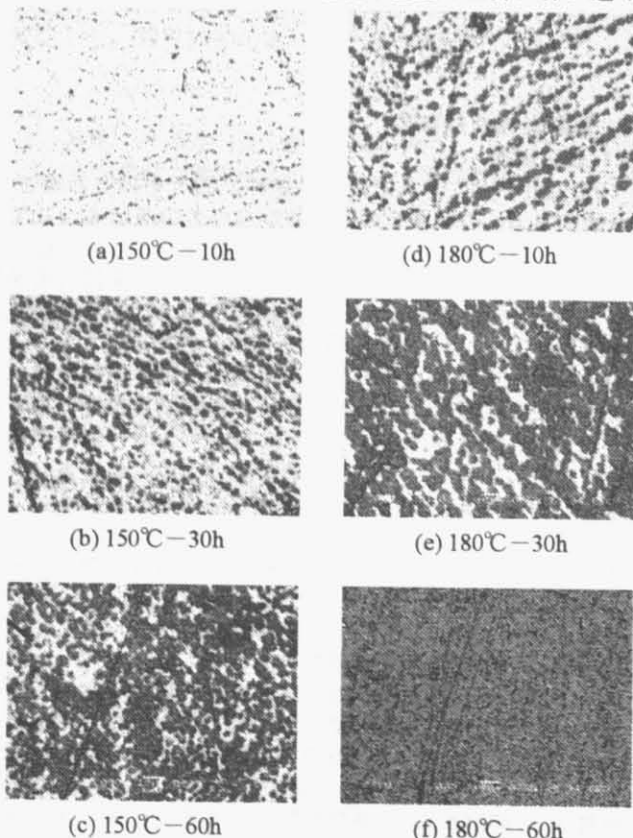


Fig.2 Observation of specimen surface