

확산접합의 이론적모델

* 김승태 (고려대학교)
권숙인 (")

1. 서 론

확산접합이란 접합시킬 두 재료의 표면을 고온에서 압력을 가하여 접합시키는 일종의 고상상태접합(solid state bonding)이며 확산접합에 영향을 미치는 주요 인자는 접합온도, 압력, 시간 및 표면상태 등이 있다¹⁻³⁾.

접합온도는 $0.5 - 0.8 T_m$ 이며 여기에서 T_m 은 접합시킬 재료의 절대 용융온도이다. 접합압력은 가능한한 접합이 이루어질 수 있는 최소한의 압력만을 가하며 접합시간은 만족스러운 접합이 이루어질 수 있도록 충분한 시간을 유지한다. 표면상태는 접착이 잘 이루어질 수 있도록 접합시킬 표면을 잘 세정하여야 하며 표면거칠기에 따른 asperity height 와 wavelength 비는 대개 1 : 50 정도이다.

확산접합의 초기단계에서 접합시킬 재료표면의 asperity들이 산-산(peak-peak)으로 접촉하기 때문에 접촉면에 많은 void가 생성되며 planar boundary의 접합계면이 형성된다. 이러한 void 와 접합계면이 제거되지 않으면 접합력이 매우 약하게되므로 확산접합의 주요인자인 접합온도, 시간 및 압력을 조절하여 완전접합을 이루어야 한다. 완전접합이란 기존의 보고⁴⁾에 따라 약간씩 다르지만 일반적으로 void가 완전히 소멸되고 접합계면의 이동(interface boundary migration)에 기인하여 planar boundary가 완전히 제거된 상태를 말한다.

과거에는 이러한 접합속도 예측을 실험에 의한 시행착오에 의존하였지만 근래에는 과학적인 근거에 입각하여 접합기구와 접합속도(bonding mechanism and bonding rate)를 예측하기 위해 확산접합의 이론적 모델화가 시작되었다⁵⁾.

최근에는 확산접합과정의 접합기구와 속도에 대한 이론적 모델식을 정립하여 computer mapping 기술에 의해 주어진 시간 후의 접합속도 및 각각의 접합기구의 기여도를 예측하게 되었다⁶⁾.

확산접합과정의 이론적모델에서 가장 중요한 변수는 접합계면에 존재하는 void의 형태변화이다. 초기의 이론 모델에서는 asperity 형태를 straight triangle로 가정⁷⁾하였으나 실험시 발생하는 void 형태와는 많은 차이가 있었으므로 최근의 시도에서는 void 형태를 렌즈⁷⁾나 타원형⁸⁾으로 가정하여 이론식을 정립하고 있다.

따라서 본 연구에서는 확산접합의 이론적인 모델들을 재조사하여 고상상태에서 두 재료를 접합시키는데 필요한 접합기구와 과정을 정확히 이해하고 접합속도를 예측하며 가장 지배적인 접합기구를 규명하여 실험결과와 비교검토함으로써 보다 정확한 확산접합 이론식을 정립하는 것을 목적으로 한다. 또한 접합진행과정에서 접합계면에 존재하는 void의 형태변화와 크기도 이론적으로 예측하여 접합면적에 따른 접합강도를 유추하려 한다.

2. VOID 형태변화의 기하학적 고찰

본 연구의 확산접합에 대한 이론적 모델은 접합계면에 존재하는 void 형태가 접합초기에는 타원에 유사한 형태이고 접합이 진행됨에 따라 원형에 유사한 형태로 변화하는 것으로 부터 확산접합과정을 FIG. 1에 나타난 바와 같이 크게 3 단계로 나누었으며 다음과 같은 가정의 전제조건을 갖는다.

- 1) 접합시킬 두 표면의 asperity들은 산-산(peak-peak)으로 접촉하며 접촉된 지역은 순간적으로 접합이 이루어진다. 그 이유는 접합시킬 표면이 산-산으로 접촉하게 되면 최대의 접합시간을 계산할 수 있기 때문이다.
- 2) 표면 asperity 가 산-산으로 접촉하게 되면 접합계면에는 void가 생성되는데 최초 void 형태는 렌즈형태(lens type)이다.
- 3) void 사이의 ridge 는 plane strain 상태의 변형을 하며 void 길이 방향의 strain 은 무시된다.
- 4) 접합계면에서의 void 중심간의 거리는 동일하며 단축방향의 길이 또한 동일하다.
- 5) 접합과정중 void내에 압력은 없다.

확산접합의 3 단계 과정에서 제 1 단계는 Fig. 1(a)에 나타나 있는 바와 같이 산-산으로 접촉하여 렌즈형태의 void를 갖고 있는 시핀에 접합압력을 가함에 따라 발생하는 소성변형으로 인해 Fig. 1(b)와 같이 순간적으로 접합계면이 형성되며 void는 타원형태로 변하게 된다. 이러한 소성변형은 접합계면을 형성하고 있는 접합면적이 접합압력을 지지할 수 있을 때 즉 접합면적에 가해지는 극부응력이 항복점이하로 될때 소성변형이 확산접합에 대한 기여는 끝나게 된다. 물론 제 1단계는 매우 짧은 시간에 일어 나므로 확산이나 크립변형이 전혀 작용하지 않는다고 가정한다.

제 2 단계는 소성변형이 끝난 후 시간 의존성을 갖는 void 표면확산기구, 접합 계면확산기구와 크립변형기구가 동시에 작용하여 접합계면에 존재하는 void를 축소시키면서 접합계면을 증가시키는 단계이며 이 때 void 형태의 변화는 접합기구에 따라 각각 다르다. 접합기구가 void 형태변화에 미치는 영향을 고려하여 void의 축소과정을 Fig. 1(c), (d)와 같이 크게 두가지 형태로 나누었다. 접합초기에 접합계면의 void 형태는 타원에 유사한 형태를 갖기 때문에 이론적 모델에서도 제 2단계의 void 형태는 타원형태를 유지하면서 변화한다고 가정한다. Fig. 1(c)는 void 표면확산 기구가 접합에 대한 기여도가 가장 지배적일때의 void형태 변화이며 이때 void의 체적은 변화가 없고 단지 접합면적 a 가 증가함에 따라 void의 높이 h 도 증가하게 되어 최종 void의 형태는 원형이 된다. Fig. 1(d)는 접합 계면확산기구와 크립변형기구가 가장 지배적으로 작용할 때의 void 축소과정의 형태변화이며 본 연구의 이론적 모델에서는 접합계면확산기구에서는 void의 장축 c 와 단축 h 가 동일 길이비로써 축소, 소멸된다고 가정한다.

제3단계는 Fig. 1(e)에 나타나 있는 바와 같이 확산접합이 진행되는 과정에서 최소한 1-2개 이상의 접합기구가 동시에 작용하여 접합이 이루어지기 때문에 접합계면에 존재하는 void 형태는 지배적인 접합기구에 따라 약간의 차이가 있지만 접합계면에 아주 미소한 원형에 유사한 형태의 void가 존재하는 거의 완전접합이 이루어지는 단계이다.

참 고 문 헌

1. 橋本達哉, 田沼欣司: 日本溶接學會誌, 第 36卷 (1967) 1266.
2. 大橋 修, 橋本達哉: 日本溶接學會誌, 第 45卷 (1976) 295.
3. 圓城敏男, 池內建仁, 秋川尙史: 日本溶接學會誌, 第 51卷 (1982) 1028.
4. S. Elliot, I. A. Bucklow and E. R. Wallach: J. Mater. Sci., 15 (1980) 2823.
5. W. H. Ring and W. A. Owczarski: Weld. J., 47 (1968) 446s.
6. A. Hill and E. R. Wallach: Acta Metall., 37 (1989) 2425.
7. Z. X. Guo and N. Ridley: Mat. Sci. Tech., 3 (1987) 945

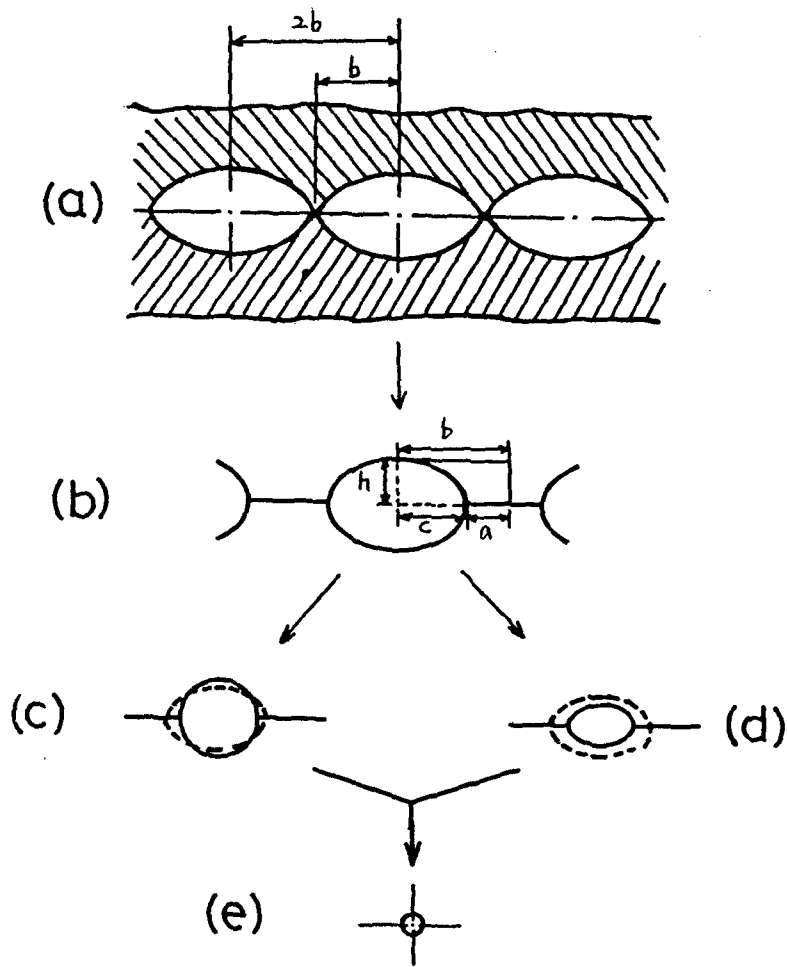


Fig 1. Schematic of void shrinkage processes
 (a) initial void morphology
 (b) after instantaneous deformation
 (c) void surface diffusion process
 (d) interfacial diffusion and creep process
 (e) void morphology at a late stage of bonding
 when void surface diffusion is dominant