

초음파 용접 계면의 집합 조직

김인수, 김성진, 이민구, 이용종 *

금오공과대학교 재료공학과

* 삼신산업사

Texture of Ultrasonic Weld Interface in Metals

Insoo Kim, Sung Jin Kim, Min-ku Lee and Eung-Jong Lee *

Department of Materials Science & Engineering, Kum Oh National University of Technology

* Sam Shin Ind. Co.

ABSTRACT

Commercial purity aluminium, copper and STS 304 stainless steel sheets are welded by ultrasonic welding. The microstructures, x-ray diffraction profiles of planes, pole figures of the surface of original metal sheets are compared with those of the weld interface. The microstructures show disturbance and dark areas in the weld interface and grain refinement in the vicinity of the interface.

The x-ray diffraction intensity of each plane in weld interface decreased in all metal sheets with exception of (200) in steel sheet.

The microstructure and x-ray diffraction intensity is affected by the mixture of deformation, heating and vibration during the ultrasonic welding. Therefore, after the ultrasonic welding, the positions of the peak intensity in the pole figures are changed, the value of the maximum pole intensity is decreased in Al, is increased in copper and stainless steel. Very strong {100}<001> texture, strong {001}<011>, {123}<634> textures in original Al surface are transformed into weak {100}<001>, {110}<112> and {112}<111> components in weld surface, weak (110) fiber is slightly changed to (110) fiber in copper, (100) and γ fiber components are transformed into strong γ fiber component in stainless steel.

Key words : 미세구조, X-선 회절, 극점도, 집합조직, 초음파 용접, 계면

1. 서 론

초음파 용접은 동종 또는 이종 금속을 맞대어 초음파 에너지를 이용하여 접합하는 용접 방법이다. 대부분의 금속은 초음파 용접이 가능하다고 알려져 있다 [1,2,3,4].

초음파 에너지는 60hz의 교류를 반도체 증폭 소자를 이용하여 15Khz 이상으로 변환시키고 이 고주파 전기적 진동을 기계적 진동으로 변환하는 transducer에 전달한다. 기계적 진동은 Wedge에 전달되고 힘을 가하면서 용접하고자 하는 소재에 전달된다. 고주파 진동이 접합부에 전달되면 피용접 시편이 진동하고 피막이 파괴되면서 국부적인 진동열이 발생하여 재결정이 일어나면서 용접이 된다. 이때 금속 원자는 계면으로 확산하여 접합이 일어난다.

그림 1에 초음파 용접 장치의 개략도를 나타냈다.

초음파 용접의 특징은 접합시 온도가 용접의 35-50%정도로 낮으며 열영향부가 작고 결정립 조대화가 되지 않으며 용접부의 성질 저하가 거의 없고 가스 차폐 및 용제가 필요하지 않고 진극의 가압력도 작아도 되며 동종, 이종간의 금속접합도 가능한 특징을 가지고 있다.

이를 바탕으로 초음파의 응용 범위를 알아보면 본 연구에서 응용하려고 하는 용접은 물론 연삭, 절삭, 성형, 소성가공 등의 초음파 가공과 의학, 세척, 비파괴 검사에까지 확대되어 사용되고 있다.

특히 초음파 용접은 전기, 전자 부품, 태양에너지 시스템, 박판 자르기, 포장 및 구조물에까지 이용되고 있다.

이러한 특징을 갖는 초음파 용접은 용접시에 약간의 변형이 일어나며 접합된 계면의 단면은 소용돌이 현상이 발생하는데 이것을 광학현미경으로 관찰할 수 있다. 또한 초음파 용접시 용접계면에서 변화된 미세 조직은 원소재의 집합 조직이 어떻게 변화가 되는지 용접 전후의 극점도, 방위 분포 함수로부터 비교 관찰할 수 있을 것이다. 따라서 본문에서는 각종 금속 판재의 초음파 용접에 따른 계면에서의 미세조직과 집합조직의 변화 양상을 비교 검토하여 분석하여 보았다.

2. 실험 방법

초음파 용접이 가능하다고 알려진 0.6-0.8 mm 두께의 공업용 순도 알루미늄, 구리, STS 304 스테인리스 강판을 폭 10mm로 자른 후 알루미늄은 400℃, 구리는 600℃, 황동은 500℃에서 각각 1시간 동안 어닐링 한 후 산화막을 제거하고 탈지한 후 초음파 용접을 하였다.

초음파 용접의 변수는 시편 압력을 4~5kgf, 초음파 전력을 600-1000W, 용접 시간을 1.0~2.0초 사이로 하였으며 최종 용접 면적은 10 mm x 10 mm로 하였다.

초음파 용접 후 용접 계면의 미세 조직을 관찰하기 위하여 계면에 직각 방향으로 잘라 내어 광학현미경 조직 사진을 촬영하였다. 또 용접된 계면에 평행한 방향으로 한쪽 재료를 제거하여 각면의 2θ X-선 회절강도를 얻었으며 동일 시편으로 극점도를 측정하였다. 그리고 극점도를 바탕으로 방위분포함수를 계산하여 용접전·후의 집합 조직을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 알루미늄, 동 및 동과 황동의 초음파 용접 계면의 광학현미경 조직 사진이다.

그림 2(a)는 알루미늄과 알루미늄의 초음파 용접한 계면의 광학 현미경 조직 사진으로 집합 계면에서 조직의 소용돌이 현상이 약간 보이며 결정립이 원소재에 비하여 미세화 되었음을 알 수 있다.

그림 2(b)는 동과 동의 초음파 용접한 계면의 광학현미경 사진으로 집합 계면에서 초음파 용접의 특징인 소용돌이 현상이 매우 잘 일어났음을 보이는 그림이다. 여기서 검은 부분이 초음파 에너지에 의해서 국부적인 발열 진동에 의하여 표면 산화물 막이 깨지고 용접시 산화물이 분산되고 소용돌이 현상이 일어나며 접합이 일어났음을 보여주고 있다.

그림 2(c)는 동과 황동의 초음파 용접한 계면의 광학현미경 사진으로 계면에서 황동이 동 속으로 기계적으로 파고들면서 소용돌이 현상이 일어나고 있음을 보여주고 있다.

그림 3은 동과 황동의 초음파 용접 계면에서 소용돌이가 유무에 따른 Zn의 EDX선 분석한 결과이다. 그림 3(a)는 소용돌이가 없을 때의 Zn의 성분 변화로서 소용돌이가 없음으로 용접시 확산이 잘 일어나지 않아서 황동측과 동측 사이에 Zn성분이 급격히 변하고 있음을 보여 주고 있다. 반면에 그림 3(b)는 용접 계면에 소용돌이가 있을 경우의 Zn성분의 변화로서 소용돌이 현상에 의하여 황동이 동쪽으로 유입되고 확산하여 Zn성분이 서서히 변하고 있음을 보여주고 있다.

그림 4(a)와 (b)는 각각 알루미늄의 초음파 용접 전과 초음파 용접 후의 면지수의 강도를 비교하기 위하여 회절각도에 따른 회절 범의 강도를 나타낸 것이다. 그림 4에 보인바와 같이 일반적으로 모든 면지수는 초음파 용접 전보다 용접 후 강도가 낮아지는 것을 알 수 있다.

그림 5(a)와 (b)는 각각 동의 초음파 용접 전과 초음파 용접 후의 면지수의 강도를 비교하기 위하여 회절각도에 따른 회절범의 강도를 나타낸 그림이다. 그림 5에서 보인바와 같이 동에서 (200)면울 제외한 다른 면의 강도는 초음파 용접후 낮아지는 것을 보여주고 있다.

그림 6(a)와 (b)는 각각 스테인리스강의 초음파 용접 전과 초음파 용접 후의 면지수 강도를 비교하기 위하여 회절각도에 따른 회절범의 강도를 나타낸 그림이다. 그림 6에서 스테인리스강의 면지수 변화는 모든 면에서 면지수의 강도가 낮아지는 것을 알 수 있다.

그림 7은 알루미늄의 (111)극점도이다. 그림 7 a)는 초음파 용접 전의 알루미늄 원소제 표면의 극점도이고 7 b)는 초음파 용접하여 판재면에 평행한 계면으로 분리한 후의 표면 극점도이다. 그림 7 a)는 완전한 재결정 집합조직으로 cube집합조직을 나타내는 반면 그림 7 b)는 초음파 용접시 압력을 가하면서 용접하므로써 재결정 집합조직과 변형집합조직이 섞여 있음을 보여주고 있다.

그림 8은 동 (111)극점도이다. 그림 8 a)는 초음파 용접 전의 동 원소제 표면 극점도이고 8 b)는 초음파 용접하여 판재면에 평행한 계면으로 분리한 후 표면의 극점도이다. 초음파 용접 전후 극점도의 강도는 거의 변화가 없으나 최대점의 위치가 용접 후에 약간의 이동이 일어났다.

그림 9는 스테인리스강의 (110)극점도이다. 그림 9 a)는 초음파 용접 전의 스테인리스강 원소제 표면의 극점도이고 8 b)는 초음파 용접하여 판재면에 평행한 계면으로 분리한 후 표면의 극점도이다. 초음파 용접 후 (110)면의 극강도 값이 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 10은 초음파 용접 전후 알루미늄의 극점도로부터 계산한 방위분포함수를 나타낸 결과이다. 알루미늄의 원소제에서는 그림 9 a)와 같이 {100}<001> 집합조직이 매우 잘 발달하였으며 {001}<011>, {123}<634> 집합조직이 잘 발달되었고 용접 후 시편인 그림 9 b)에서는 {100}<001>, {110}<112> 및 {112}<111> 집합조직이 약하게 발달되어 있음을 알 수 있다.

그림 11은 초음파 용접 전후 동 (110)극점도로부터 계산한 방위분포함수를 나타낸 결과이다. 두 조건 모두에서 잘 발달되지 않은 (110) fiber 집합조직을 보이고 있다.

그림 12는 초음파 용접 전후 스테인리스강의 극점도로부터 계산한 방위분포함수를 나타낸 결과이다. 알루미늄 원소제에서는 그림 12와 같이 (110)과 γ fiber가 잘 발달되었으며 용접 후 시편인 그림 12 b)에서는 γ fiber가 더욱 잘 발달되었다.

4. 결 론

1. 초음파 용접후 미세구조와 집합조직은 초음파 용접시 발생하는 진동, 변형, 열, 확산 및 소용돌이 등 복합적인 요소에 의하여 영향을 받는다.
2. 초음파 용접 후 알루미늄과 스테인리스강의 모든 면지수의 강도는 감소하고 동 (200)면을 제외하고 모든 면지수의 강도가 감소하였다.
3. 초음파 용접후 최대 극강도 값을 나타내는 점의 위치는 모든 시편에서 변하였으며 최대 극강도의 값은 알루미늄의 경우 매우 크게 감소하였으며 동과 스테인리스강의 경우 약간 증가하였다.
4. 방위분포 함수로부터 집합조직을 얻은 결과 용접 전과 후에 알루미늄의 경우 강한{100}<001>, {001}<011> 및 {123}<634>집합조직이 약한 {100}<001>, {110}<112> 및 {112}<111>집합조직으로, 동 (110) fiber 집합조직이 약한 변형된 (110) fiber 집합조직으로, 스테인리스강의 경우 (100)과 γ fiber 집합조직인 판재가 용접 후에는 γ fiber가 더욱 잘 발달한 집합조직으로 변하였다.

5. REFERENCE

1. 島川正憲 : 超音波工學, 工業調査會, 1975, 374
2. 超音波工學 : コロナ社, 1992, 140
3. J. Devine : Metals Handbook, ASM International, 1988, 9th ed. 746-756
4. J. L. Jellison, C. E. Alblight, J. Devine, G. Harmon, G. A. Knorovsky and V. H. Winchell II : Welding Handbook Vol. 2, AWS, 1991, 8th ed. 784-812

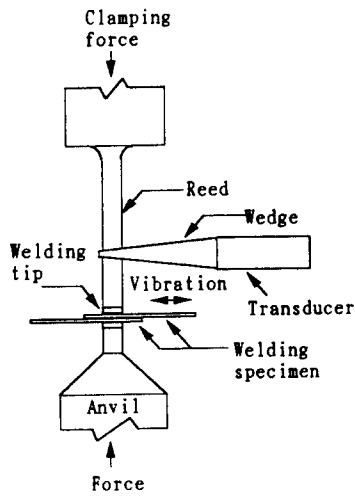


Fig. 1 Wedge-reed ultrasonic spot welding system

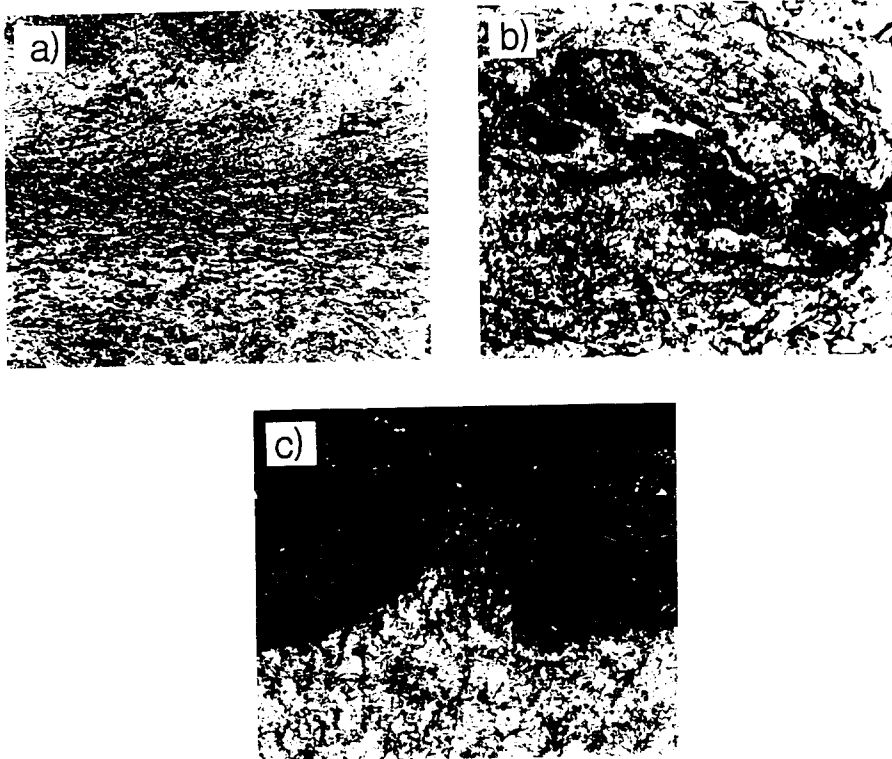


Fig. 2 Optical micrograph of the weld interface to itself a) Al b) copper c) brass-copper

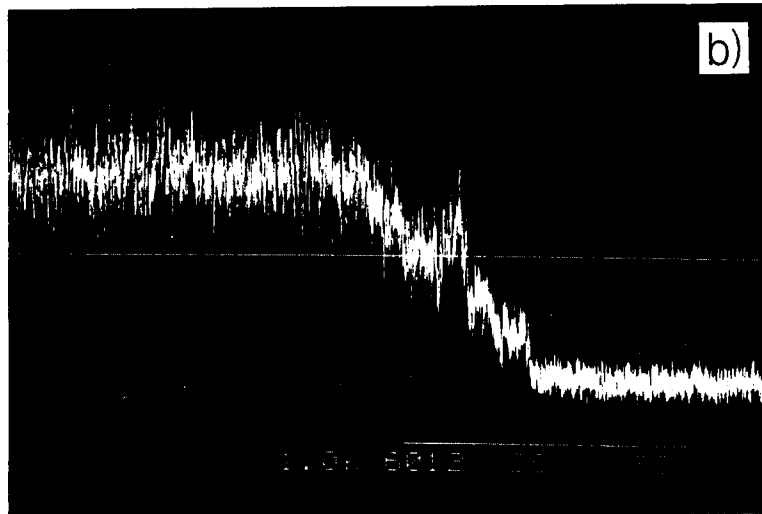
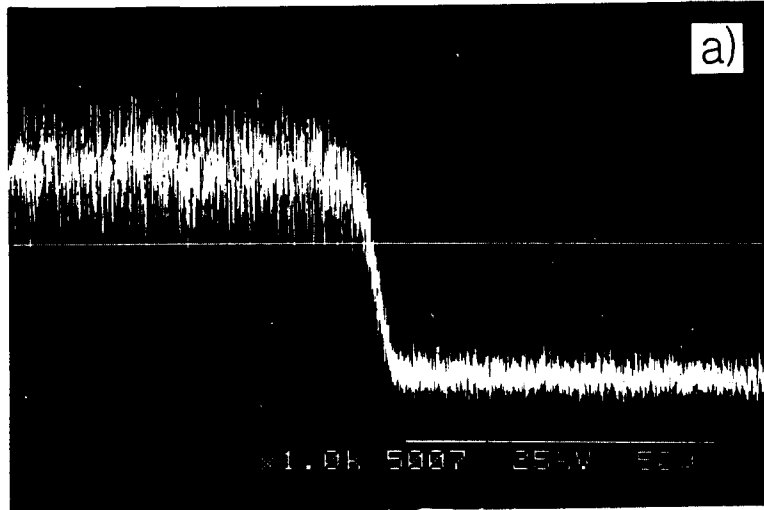


Fig. 3 EDX line analysis of Zn in copper and brass weld interface
a) no disturbance b) disturbance in weld interface

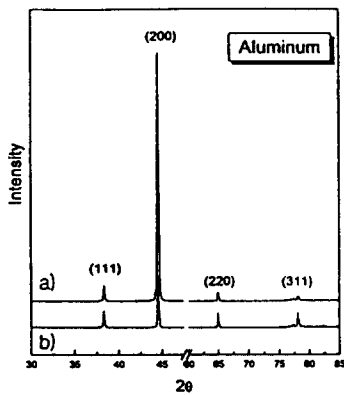


Fig. 4 X-ray diffraction diagrams of commercial purity aluminum
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface

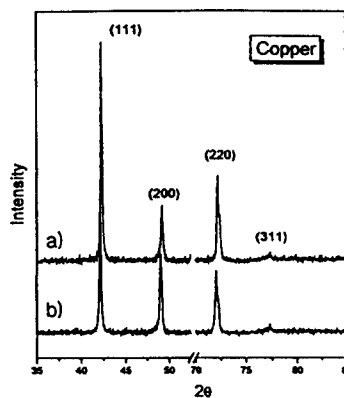


Fig. 5 X-ray diffraction diagrams of copper
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface

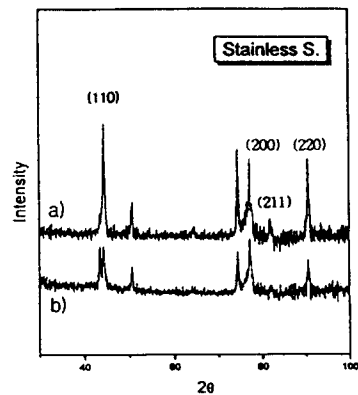
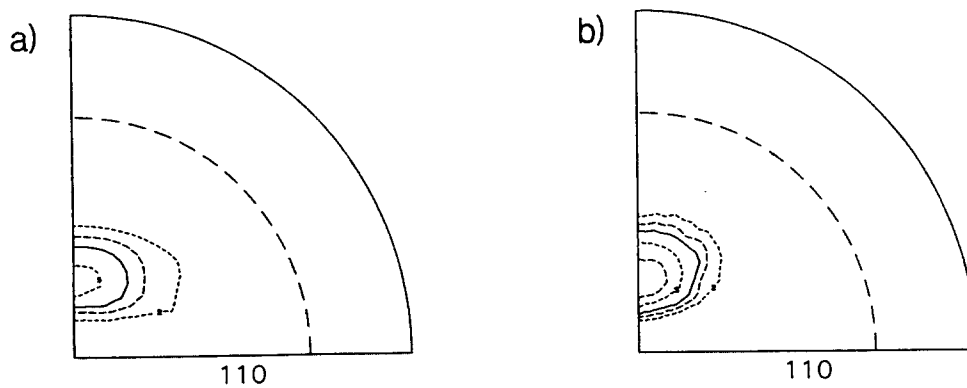
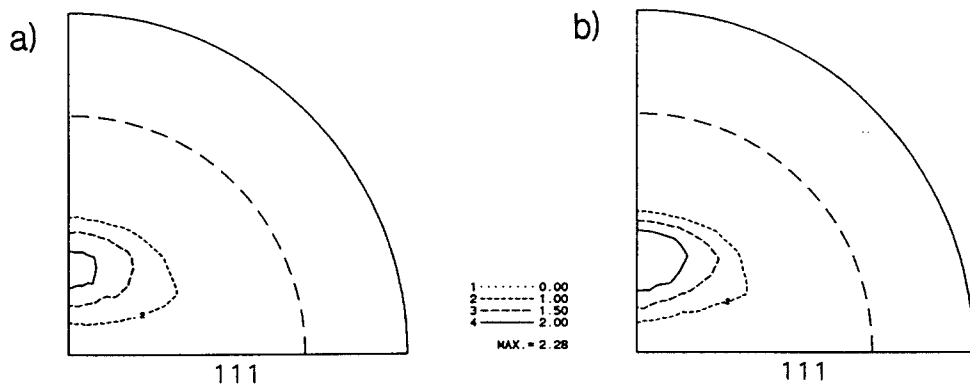
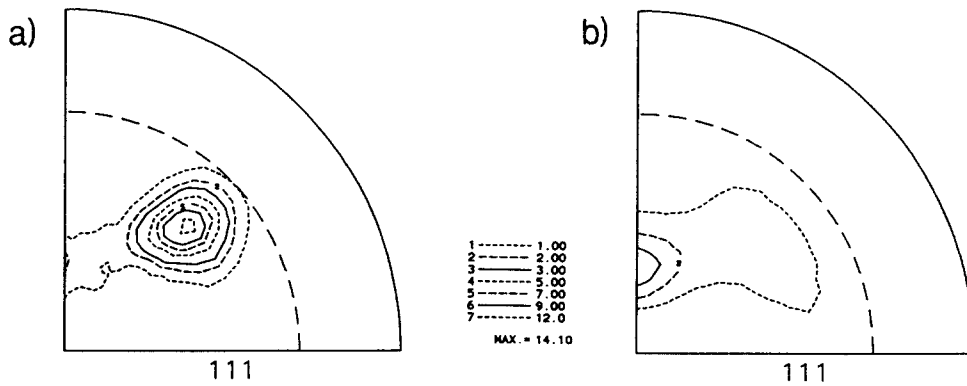


Fig. 6 X-ray diffraction diagrams of stainless steel
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface



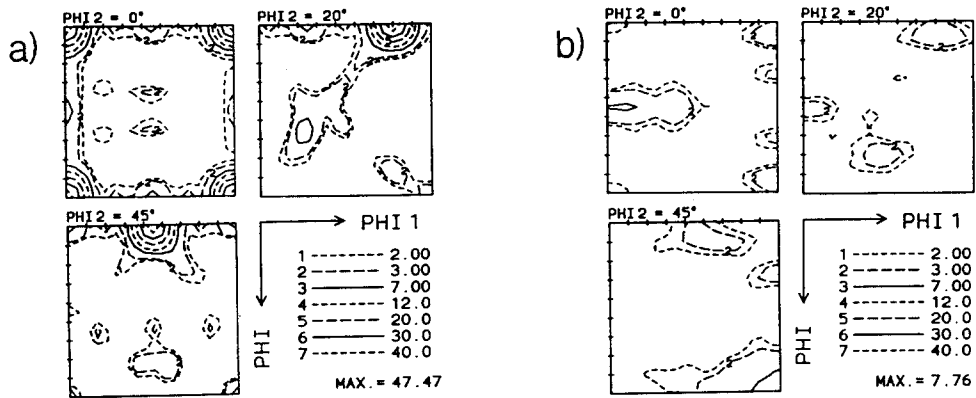


Fig. 10 The ODF for commercial purity aluminum in ψ_2
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface

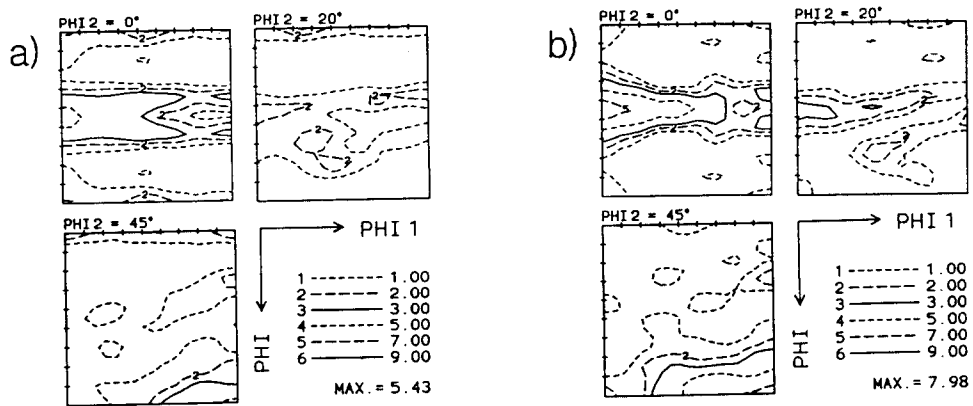


Fig. 11 The ODF for copper in ψ_2
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface

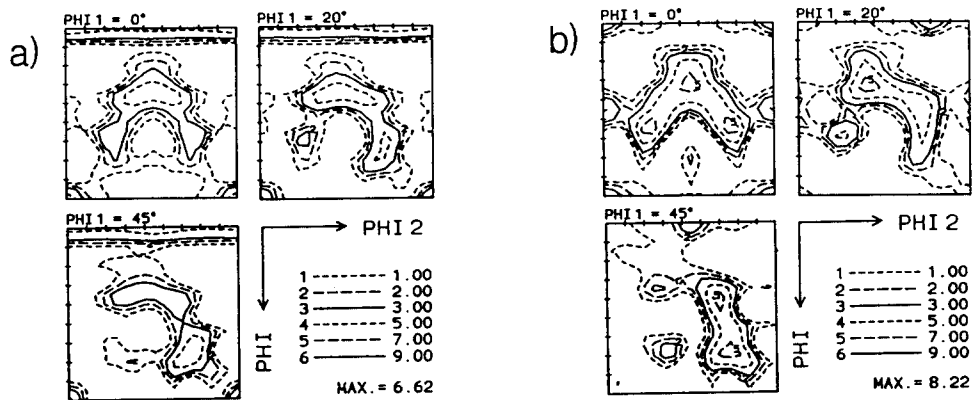


Fig. 12 The ODF for stainless steel in ψ_2
 a) Original sheet surface b) Longitudinal plane of weld interface