

분말 원료의 성형, 소결, 가공 공정으로 제조한 Ni과 Ni-W 합금
테이프에서의 집합조직 발달
(Texture formation of Ni and Ni-W alloy tapes fabricated by forming,
sintering and cold-working of powder precursors)

한국원자력연구소 원자력재료기술개발 이동욱, 김찬중*, 전병혁

RABiTS(Rolling Assisted Bi-axially Textured Substrate)법은 YBCO coated conductor의 기판을 제조하는 방법으로 가장 널리 활용되고 있다^{1,2)}. 이 공정은 냉간압연과 재결정열처리를 통해 집합조직을 갖는 선재 형태의 금속모재를 제조하는 방법으로, 기판으로 사용되는 금속재료로는 YBCO와의 격자상수 차가 적고 가공성, 내산화성이 우수한 Ni 및 Ni 합금이 주로 사용된다. 이러한 금속기판의 집합조직 등과 같은 특성은 배향성이 우수한 coated conductor를 제조하는데 필수적이며, 이를 위해서는 기판 제조의 공정변수를 제어하는 것이 무엇보다 중요하다 할 수 있다³⁾. 본 연구에서는 우수한 특성을 갖는 기판을 제조하기 위하여 고순도 Ni과 W 분말을 사용하여 분말법으로 초기 성형체를 제조한 후, 냉간 압연과 열처리를 통해 coated conductor 용 테이프 형태의 Ni과 Ni-W 합금 기판을 제조하였고 특히 재결정 열처리 조건을 달리하여 공정 변수에 따른 기판의 특성 변화를 관찰하였다.

고순도 Ni 분말과 W 분말을 사용하여 순수 Ni과 Ni - 1, 3, 5 at% W 합금 분말 40 g을 고무 몰드에 충전한 후, 정수압(Cold isotatic press)을 가하여 rod 형태로 성형하였다. 성형한 Ni rod는 치밀화를 위해 1100°C에서 6 h 동안 환원분위기로 소결하였고 소결한 시편을 100 μm 두께까지 선재 형태로 냉간압연하였다. 순수 Ni 시편의 경우 재결정 열처리 조건의 변화에 따른 집합조직 및 미세조직의 변화를 관찰하기 위해 400 - 1000°C로 온도를 변화시키며 0 - 60분간 열처리하였다. Ni-W 합금 선재의 경우에는 1000°C에서 30분간 열처리하여 선재 내에서 합금에 따른 집합조직 발달을 관찰하였다.

순수 Ni 선재에서 열처리 시간을 고정하고 400 - 1000°C로 열처리 온도를 변화시켜 각각의 조건에 따른 집합조직의 변화를 보았을 때, 그림 1에서 보듯이 극점도 상에서 400°C의 낮은 온도에서는 재결정 과정이 시작되면서 brass 변형 집합조직에서 cube 재결정 집합조직으로 발달해 가는 것을 관찰할 수 있었고 600°C 이상의 재결정 온도에서부터는 반가폭 8° 정도의 강한 cube 집합조직만 발달하였음을 확인하였다⁴⁾.

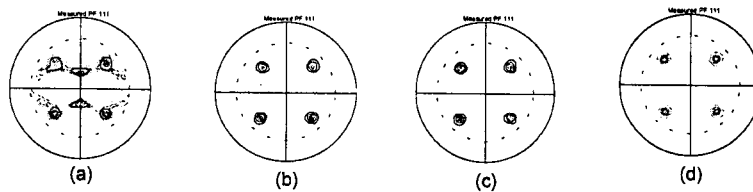


Fig. 1. (111) pole figures of Ni tapes annealed at (a) 400°C, (b) 500°C, (c) 600°C and (d) 1000°C

각각의 열처리 조건에 따른 미세조직은 그림 2에서 보듯이 결정립 크기는 46 - 70 μm 로 큰 변화가 없었으나, 결정립계의 형태가 저온에서 고온으로 갈수록 거친 잔물결 형태에서 매끄러운 형태로 변화해 가는 것을 관찰할 수 있었다. 1000°C에서 0분부터 60분까지 열처리 시간을 변화시킨 실험에서는, 시간의 변화에 따른 집합조직과 미세조직의 큰 변화는 관찰할 수 없었다. AFM으로 분석한 Ni 선재의 표면 조도는 RMS값이 최소 1.68 nm에서 최대 7.61 nm로 비교적 우수하게 측정되었다.

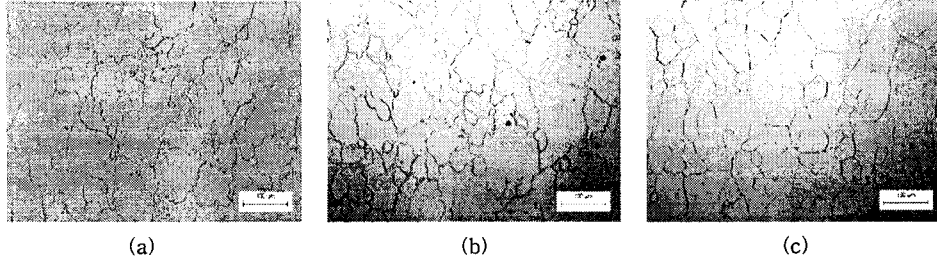


Fig. 2. Microstructures of Ni tapes annealed at (a) 400°C, (b) 600°C and (c) 900°C

Ni 분말과 W 분말을 혼합하여 Ni - 1, 3, 5 at% W 합금 선재를 제조하였다. 제조된 각각의 시편들은 1000°C에서 30분간 재결정 열처리를 하여 집합조직의 발달을 관찰하였다. 그림 3은 각 합금 조성에 따른 시편의 (111)극점도이다. 그림에서 보듯이, 각각의 시편들은 반가폭 8° 정도로 비교적 우수한 cube 집합조직을 가졌으며, 이러한 집합도는 순수 Ni 선재의 집합도와 비슷한 결과였다.

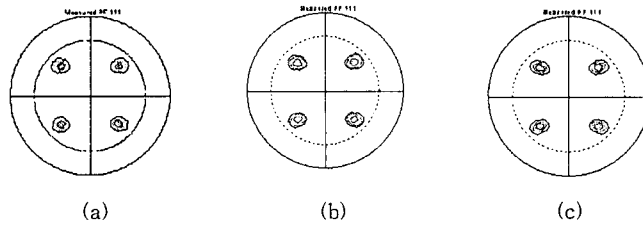


Fig. 3. (111) pole figures of (a) Ni-1at%W, (b) Ni-3at%W and (c) Ni-5at%W tapes annealed at 1000°C for 30 min.

1. A. Goyal, D. P. Norton, J. D. Budai, M. Paranthaman, E. D. Specht, D. M. Kroeger, D. K. Christen, Q. He, B. Saffian, F. A. List, D. F. Lee, P. M. Martin, C. E. Klabunde, E. Hatfield and V. K. Silkka, *Appl. Phys. Lett.*, 69, 1975 (1996)
2. A. Goyal, J. D. Budai, D. M. Kroeger, D. P. Norton, E. D. Specht and D. K. Christen, US patent No. 5,741,377 (1998)
3. C. S. Barrett and T. B. Masalski, "Structure of metals", 3rd ed., McGraw-Hill, 570 (1966)
4. R. D. Doherty, D. A. Hughes, F. J. Humphreys, J. J. Jonas, D. Juul Jensen, M. E. Kassner, W. E. King, T. R. McNelley, H. J. McQueen and A. D. Rollett, *Mater. Sci. and Eng.* A238, 219 (1997)