論 文

Cu-Be-Co합금의 물성에 미치는 열처리 조건의 영향

정운재*, 경신호**, 김기태*, 김종인***

Effects of Heat-Treatment Conditions on the Properties of Cu-Be-Co Alloy

Woon-Jae Jung, Shin-Ho Kyoung*, Ki-Tae Kim and Jong-In Kim**

Abstract

The effects of solid solution treatment and aging in the properities of Cu-0.32wt%Be-1.35wt%Co alloy was gravity die casted and forged were investigated in order to examine the optimum heat treatment conditions for production of high conductivity mold material.

The optimum properties for mold material were obtained under the conditions which were solid solution treated at 930℃ for 1 hour and aged at 430℃ for 2 hours. (Received October 30, 1993)

1. 서 론

최근 심각하게 거론되는 3D문제로 인한 기술인력 확보곤란, 공해문제, 생산성, 품질문제를 해결하기 위하여 과거의 사형주조법에서 탈피하여 금형주조법을 활용하고자 하는 업체가 점차 증가하고 있다. 금형주조법을 효과적으로 활용하기 위하여 해결해야 할 사항은 건전하고 회수율 높은 금형주조방안, 우수한 표면과 내구성을 갖는 금형 도형제의 선택 및 도형방법, 생산성 높은 금형주조설비, 그리고 저렴하고 내구성 높은 금형소재개발 등이 있다. 이중 금형소재의 개발은 업체가 해결하지 못하여, 수입에 전적으로 의존하거나 인청동, 주철재 등과 같이 쉽게 제조할 수는 있으나 내구성이 낮은 저급품을 사용하고 있는 실정이다. 지속적으로 수입증가가 예상되는 주조용 금형재의 수입대체, 국내 금형주조의 생산성 증대를 위해서 현재까지 가장 우수한 금형소재로서 알려져 있는 고급 주조용 금형소재인 Cu-Bu합금[1]의 국산화 개발이 매우 시급하다.

따라서, 본 연구에서는 생산성, 내구성, 제조원가 등을 고려하여 Be함량이 적고 단조 후 기계가공하여 사용하는 고전도성 Cu-Be합금을 선택하고 금형소재로서 적절한 물성을 갖는 Cu-Be합금의 제조를 위한 열처리에 따른 물성의 변화를 조사하였다.

2. 실험방법

Cu-Be합금의 제조공정은 Fig. 1과 같다. 합금성분은 CDA C17600에서 Ag를 제외한 Mod. C17600으로 하였으며[2], 조성은 Table 1과 같다.

장입재는 99.99%의 전기동과 Cu-4wt%Be, Cu-10wt%Co 모합금을 사용하였다. 중유로에서 먼저 전기동을 완전히 용해한 후, Cu-Co모합금을 장입하며 Cu-Be합금을 마지막으로 장입하여 용해하였다. 용탕을 ϕ210×400mm 금형에 주입하여 Ingot로 제작한 후, 800℃의 온도에서 75%의 단조비로 단조하였다. 열처리는 용체화처리 및 시효처리의 온도와 시간을 변화시키며 행하였다. 기계적 특성평가를 위해서 경도, 인장강도, 충

*생산기술연구원 주물기술사업부(Foundry Technology Division, Korea Academy of Industrial Technology)
**용화금속(Yong Hwa Metal Co.)
***㈜만도기계(Mando Machinery Co. Ltd.)

Table 1. Chemical compositions of Cu-Be alloy.

Nominal Comp.	Element	Cu	Be	Co	Co+Ni			Co+Ni+Fe		
	wt%	Bal.	0.25-0.50	1.4-1.7	min. 1.4			max. 1.9		
Analysed Comp.	Element	Cu	Be	Co	Ni	Si	Pb	Sn	Fe	C
	wt%	98.08	0.32	1.35	0.026	0.028	0.002	0.014	0.021	0.048

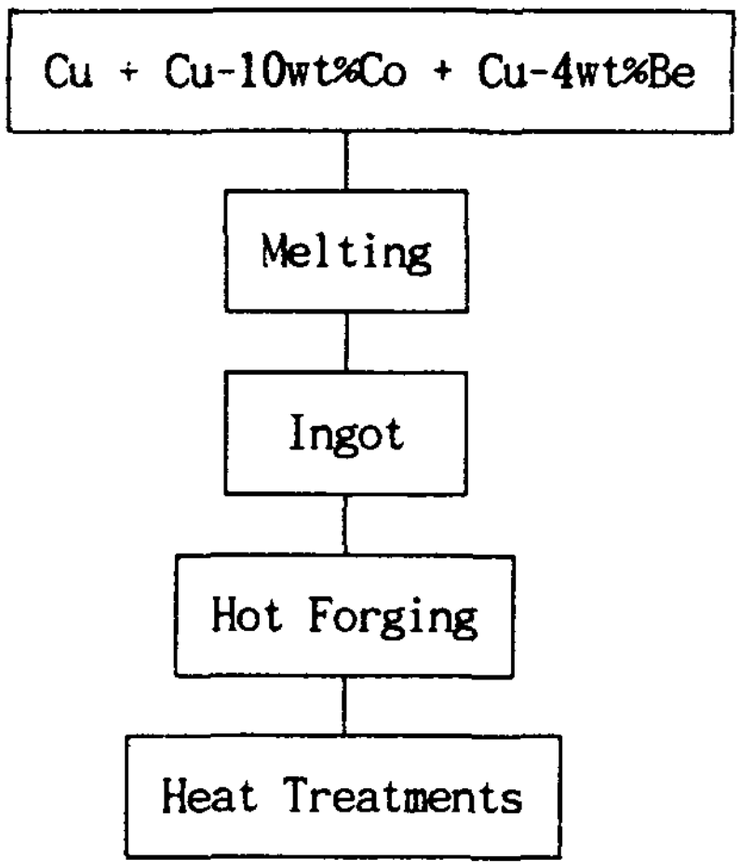

Fig. 1. Flow diagram of experimental procedures.

격시험을 실시하였다. 또한 전기전도도는 Sigma test로 하였으며, 미세조직은 SEM과 AES를 이용하여 관찰 및 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 제조공정별 물성의 변화

Fig. 2은 제조공정별 물성의 변화를 나타낸 것이다. 경도 및 인장강도는 주조, 단조, 용체화처리에 따라서 감소하다가 시효처리후에 급격히 증가하였다. 연신율 및 충격치는 이와는 반대로 주조, 단조, 용체화처리에 따라서 증가하다가 시효처리후에 급격히 감소하였다.

Fig. 2 (d)은 제조공정에 따른 전기전도도의 변

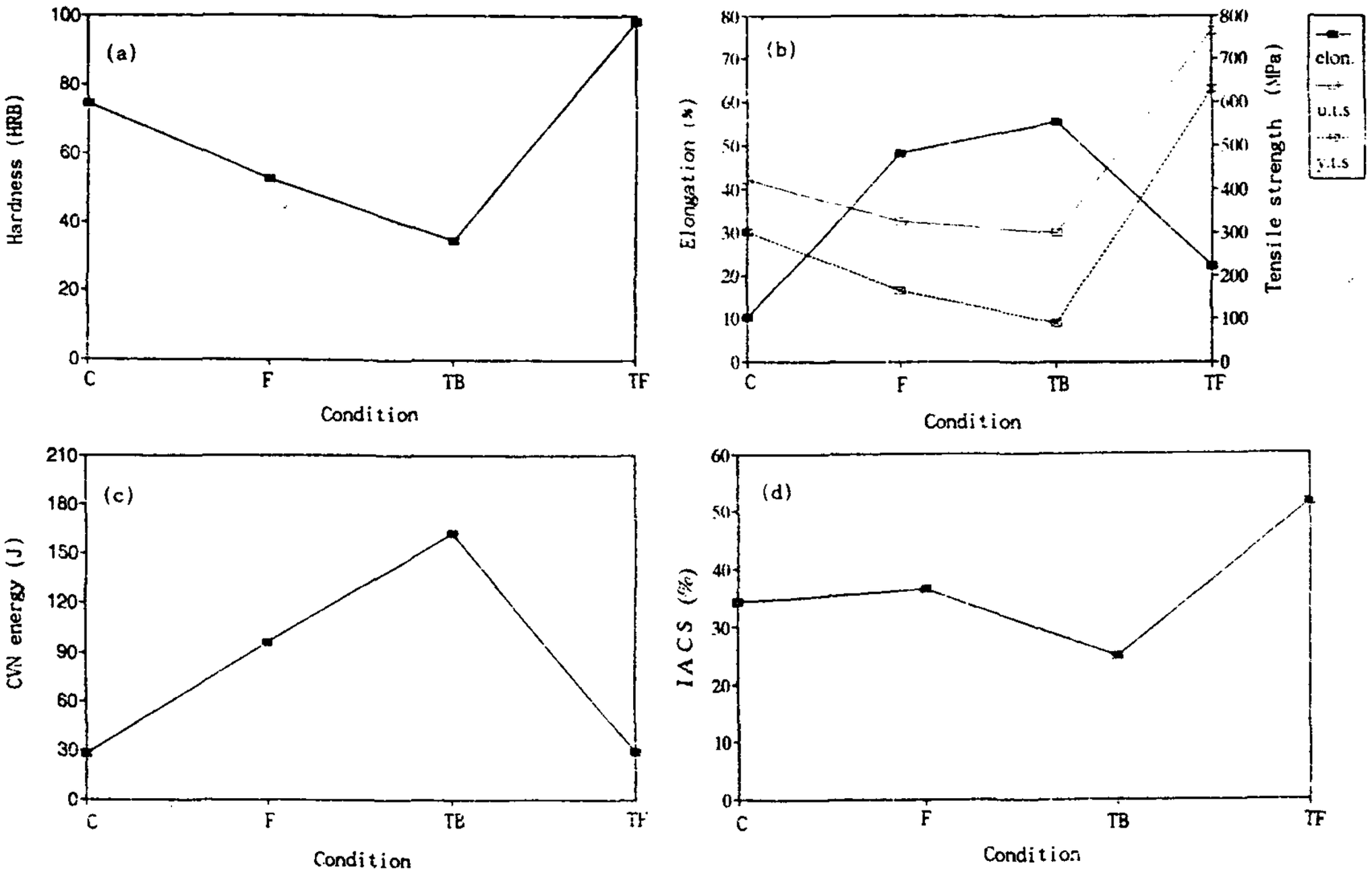

Fig. 2. The relation between conditions and mechanical properties of Cu-0.32wt%Be-1.6wt %Co alloys.
(a) Hardness tests (b) tensile tests (c) Charpy impact tests (d) IACS tests

화를 나타낸 것으로 용체화처리 상태에서 가장 낮은 것은 용체화처리에 따른 용질원자의 고용에 의한 것으로 판단되며, 시효처리후 전기전도도의 급격한 증가는 과포화 용질원자의 석출에 따른 것으로 추정된다[3].

3.2 용체화처리조건에 따른 물성의 변화

Fig. 3 및 Fig. 4은 용체화처리 조건에 따른 물성의 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 3은 용체화 온도에 따른 용체화 및 시효처리후의 물성의 변화를 나타낸 것이다. 용체화처리 시간은 1시간으로 일정하게 하였다. 900~930℃ 온도범위에서 용체화처리 온도가 높아질수록 경도 및 강도는 약간 증가하고 전기전도도는 감소한다. 이것은 용체화처리 온도 상승에 따른 용질원자 고용도의 증가에 의한 것으로 판단

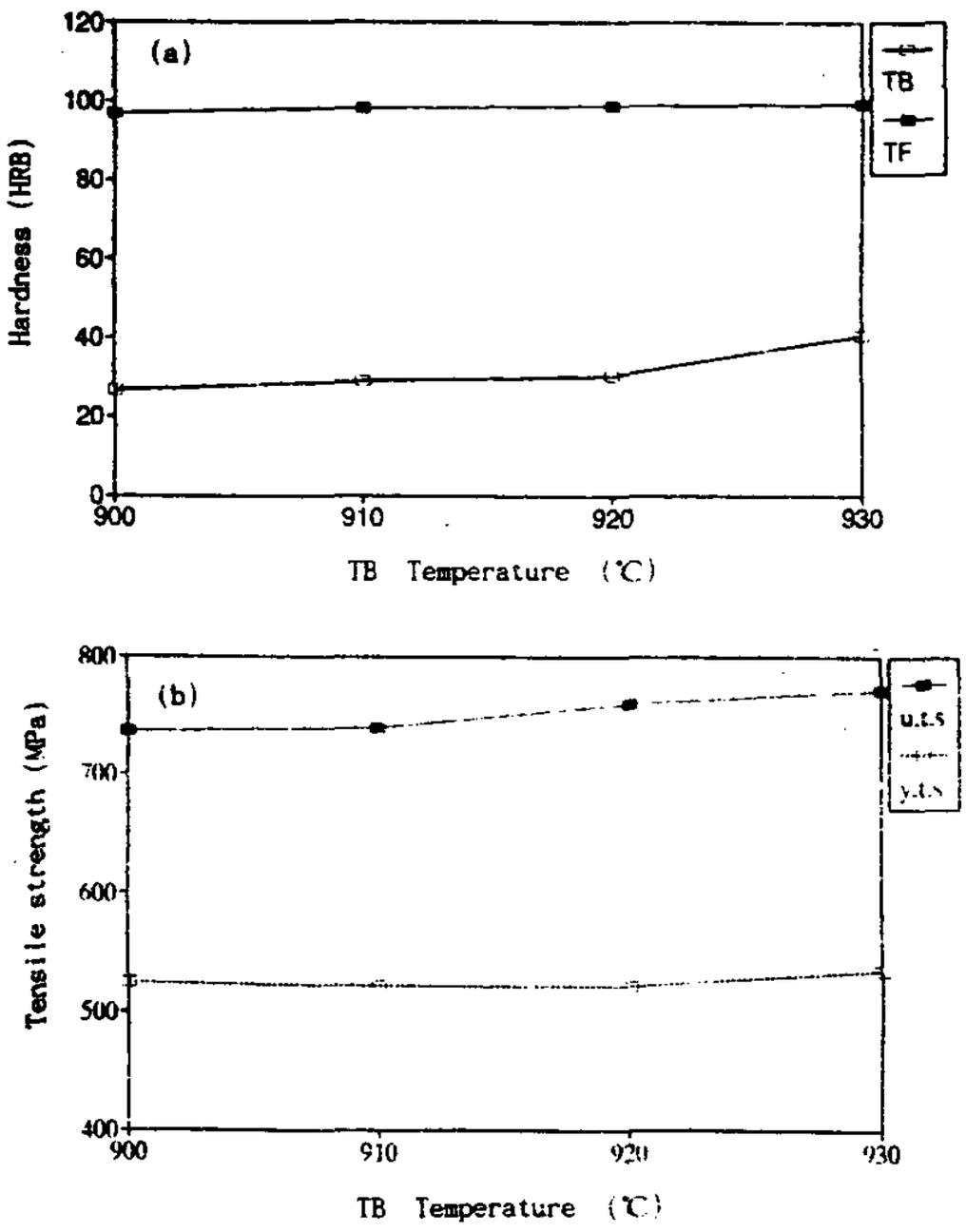

Fig. 3. The relation between solution treatment temperature and mechanical properties of Cu-0.32wt%Be-1.6wt%Co alloys.
(a) Hardness tests (b) Tensile tests
(c) IACS tests

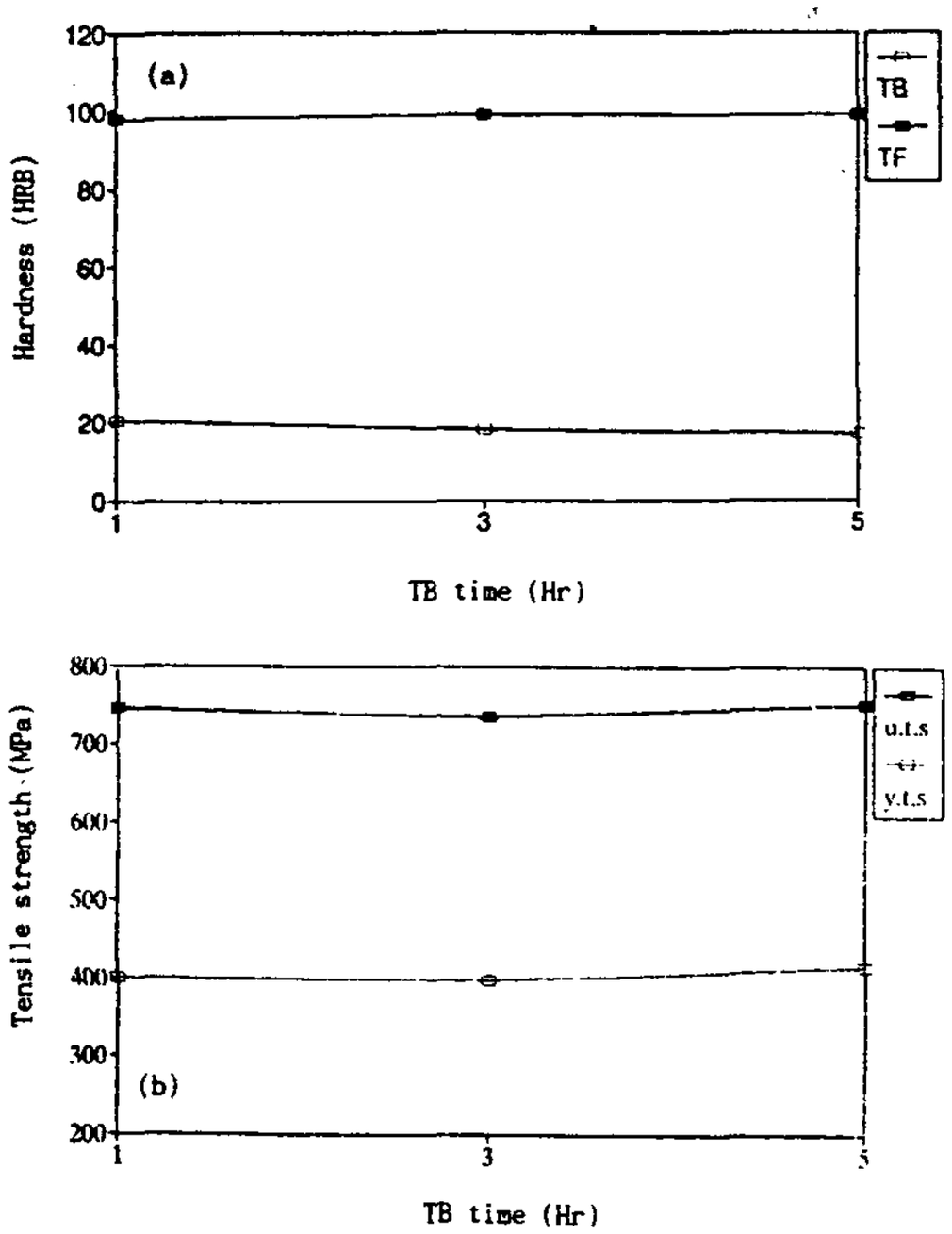

Fig. 4. The relation between solution treatment time and mechanical properties of Cu-0.32wt%
Be-1.6wt%Co alloys. (a) Hardness tests
(b) Tensile tests (c) IACS tests

된다[3].

Fig. 4는 용체화처리 시간에 따른 물성의 변화를 나타낸 것으로 용체화처리 온도는 915℃, 시효처리는 480℃에서 3시간으로 일정하게 하였다. 경도, 강도 및 전기전도도 등의 물성은 용체화처리 시간에 관계없이 거의 일정하였다.

따라서 용체화처리 시간은 물성에 거의 영향을 미치지 않으며 915℃ 정도의 온도에서 1시간 정도의 용체화처리로 고용화 효과를 충분히 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

3.3 시효조건에 따른 물성의 변화

Fig. 5 및 Fig. 6은 시효처리 조건에 따른 물성의 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 5는 480℃의 온도에서 시효시간에 따른 물성의 변화를 나타낸 것으로 경도 및 강도는 1시간의 시효처리 시간에 최고치에 도달한 후 시효처리시간의 증가에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 충격치는 약 30분의 시효처리시까지 감소하다가 2시간 시효처리하면 증가한 후 그이상의 시효처리 후에는 다시 감소하였다. 2시간 시효처리 이후 경도 및 인장강도는 전술한 바와 같이 점차 감소하는 반면에 충격치가 증가하지 않고 참소하는 것은 과시효에 의한 석출물의 조대화에 기잊하는 것으로 볼 수 있다. 전기전도도는 시효시간에 따라서 계속 증가하는데, 이는 시효시간에 따라 과포화 용질원자의 석출이 계속 이루어지기 때문인 것으로 볼 수 있다.[3]

Fig. 6은 시효시간을 2시간으로 일정하게 하였을 때 시효온도에 따른 물성의 변화를 나타낸 것이다. 경도 및 인장강도는 430℃의 시효온도에서 최고치를 나타내지만 신율 및 충격치는 최저치를 나타냈다. 전기전도도는 시효온도 상승에 따라서 계속 증가하는데 430℃이상의 온도에서 2시간 이상 시효처리하면 50%IACS이상의 전기전도도값을 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

3.4 조직관찰

Photo 1은 SEM을 이용하여 시효처리 후의 미세조직을 관찰한 것으로서, Photo (a)에서는 Co-

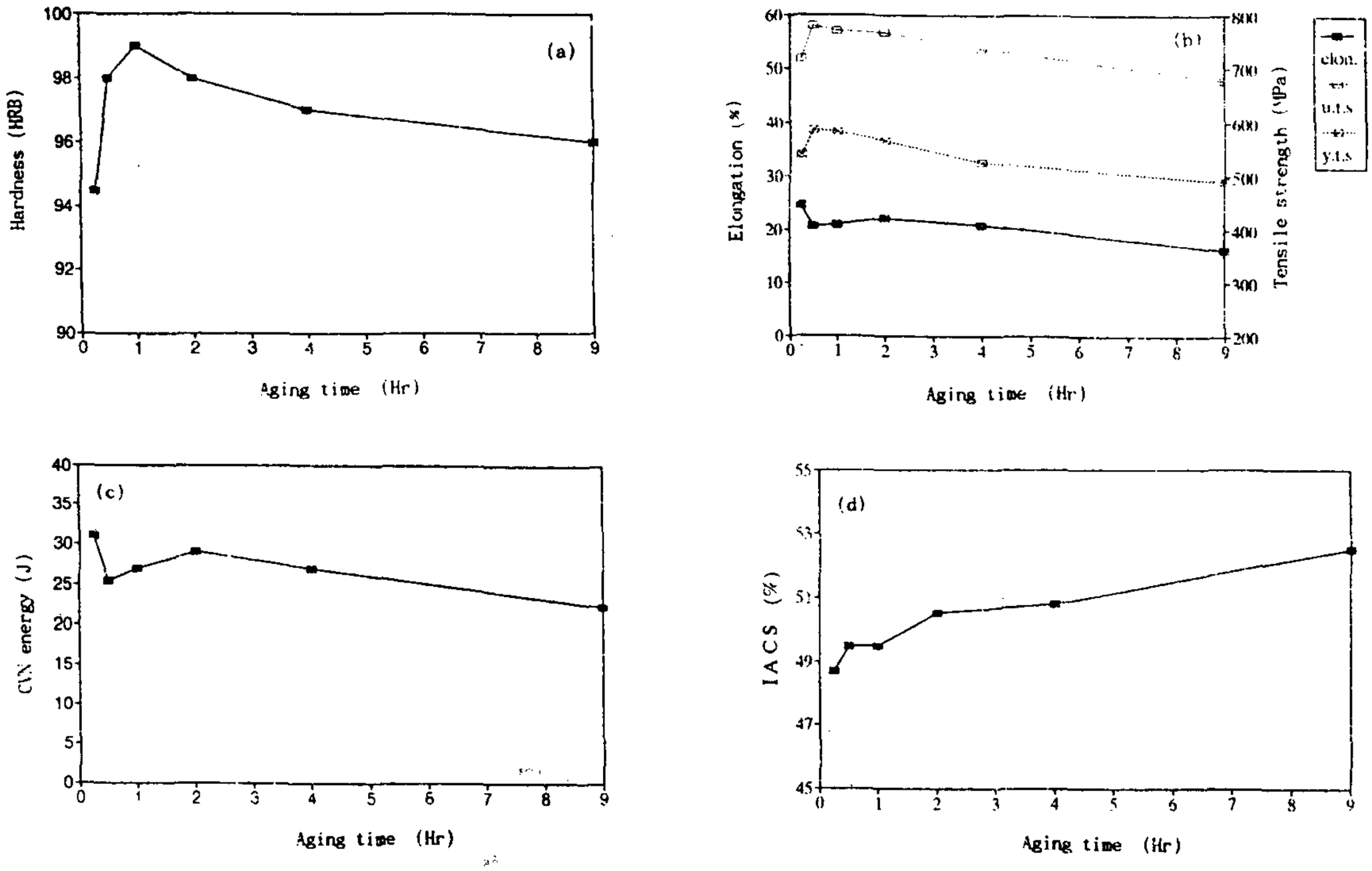

Fig. 5. The relation between aging time and mechanical properties of Cu-0.32wt%Be-1.6wt Co alloys.
(a) Hardness tests (b) Tensile tests (c) Charpy impact tests (d) IACS tests

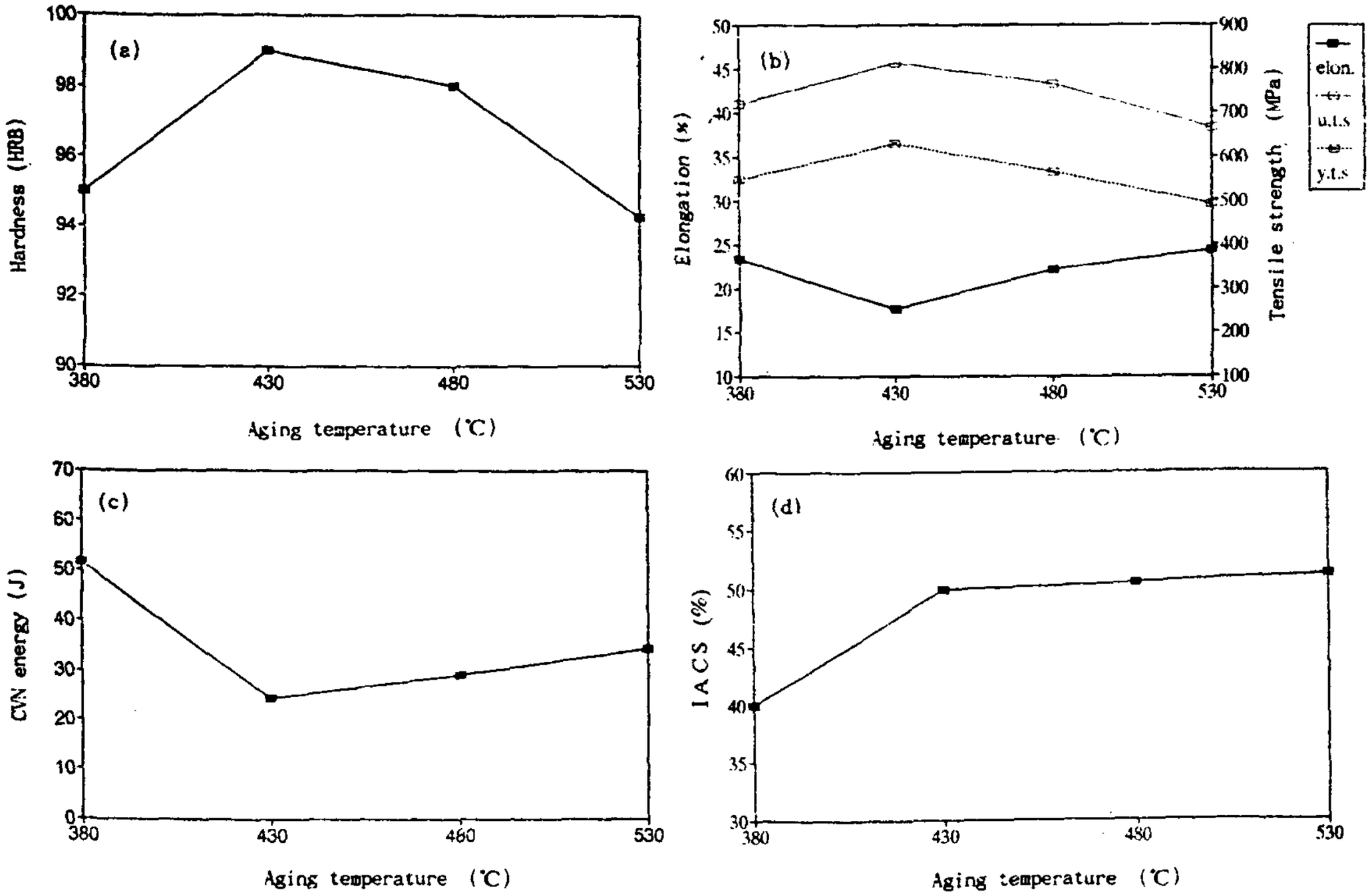

Fig. 6. The relation between aging temperature and mechanical properties of Cu-0.32wt%Be-1.6 wt%Co alloys after aged for 2hr. (a) Hardness tests (b) Tensile tests (c) Charpy impact tests (d) IACS tests

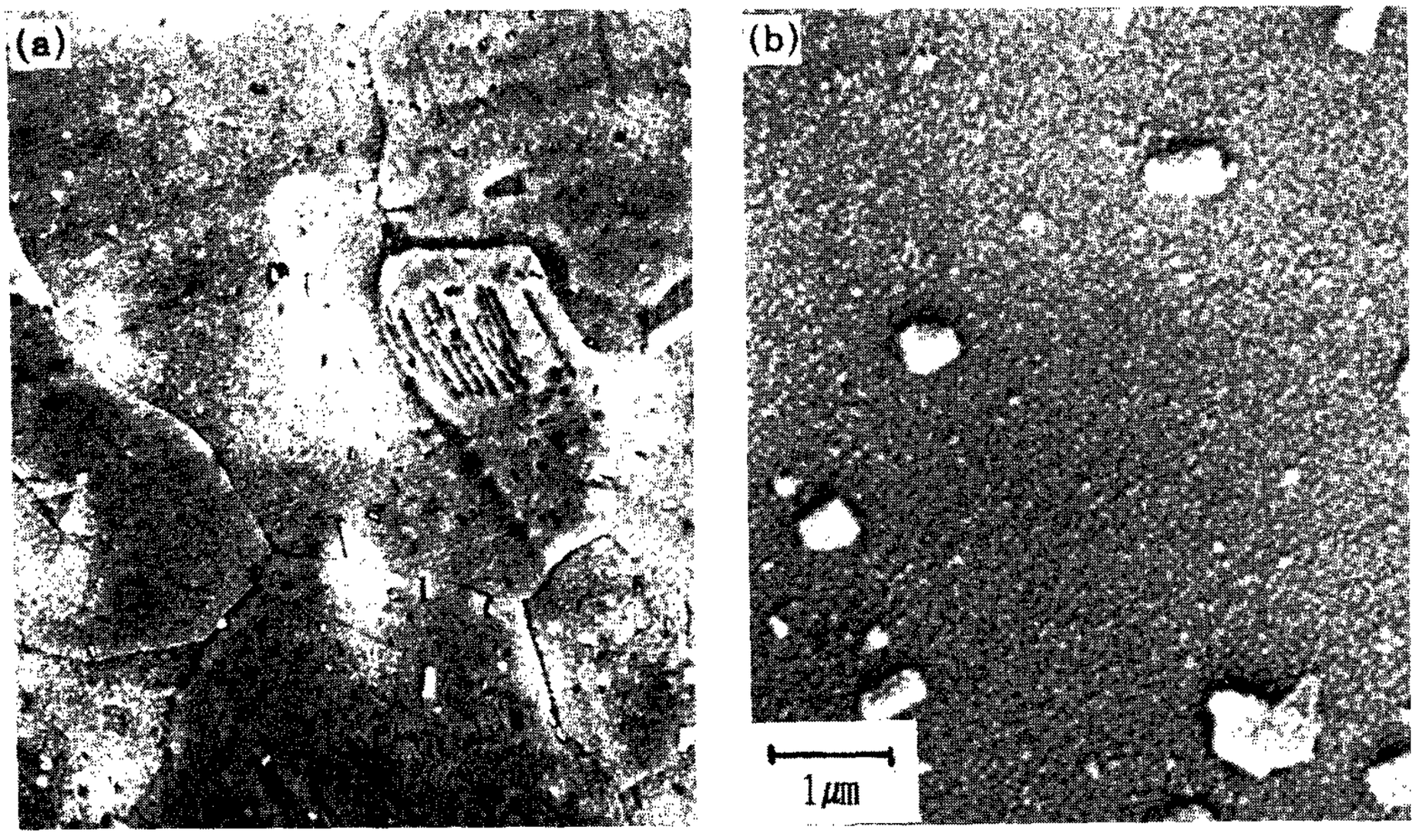

Photo 1. Microstructure of Cu-Be-Co alloy aged at 480℃ for 2 hours.

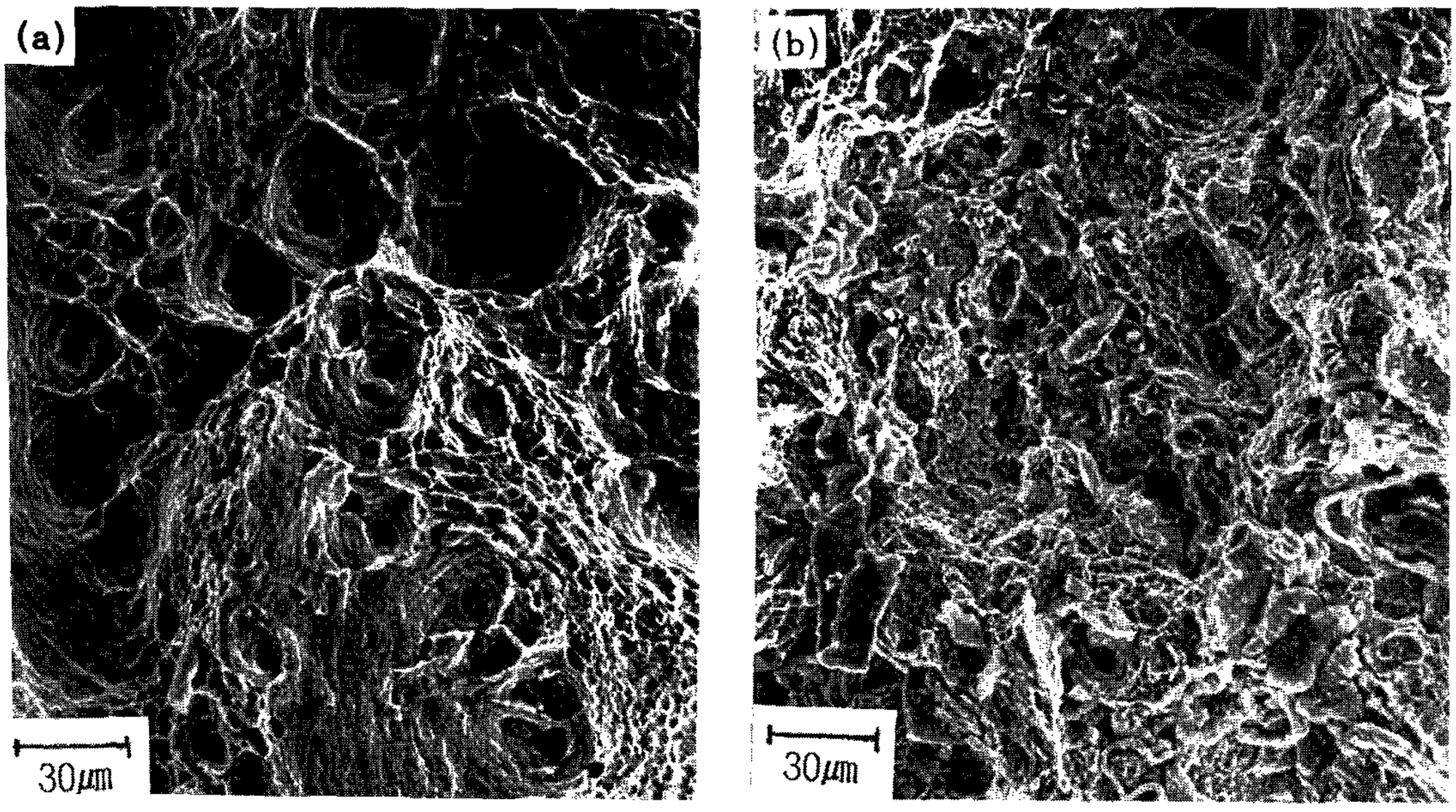

Photo 2. SEM fracture surfaces of tensile test specimens. (a) solid solution treated at 915℃ for 1 hour (b) aged at 480℃ for 2 hours

rich phase로 추측되는 제2상의 석출물이 보이고, 이를 확대한 Photo (b)에서는 기지에 많은 미세한 석출물이 나타나 있다. 입계에서 불연속 석출물은 관찰되지 않았는데 이것은 합금원소로 첨가한 Co가 입계석출을 억제하였기 때문인 것으로 추측된다[4].

Photo 2는 용체화처리 및 시효처리한 인장시험 시편의 파면을 SEM를 이용하여 관찰한 것이다. Photo (a)는 용체화처리한 시편의 파면으로 높은 인성을 나타내는 conical dimple이 보이고 있다. Photo (b)는 깊은 dimple은 거의 보이지 않고 수많은 미세한 dimple이 취성파괴시 나타나는 벽개면과 함께 나타나 있다.

Photo 3은 시효처리 후 미세조직에 대하여 AES분석한 결과를 나타낸 것이다. 조대한 제2상의 석출물[1]은 Be을 함유한 Co-rich phase인 것으로 분석되었고, 기지내에 미세하게 석출되어 있는 석출물[2,3,4]의 조성은 Cu, Co, Be으로 분석되었는데, 이 석출물들은 Co, Cu Beryllide로 추측된다[5,6].

3.5 수입 Cu-Be합금과 개발 금형재의 물성비교

Table 2는 앞의 실험결과로 부터 최고의 경도

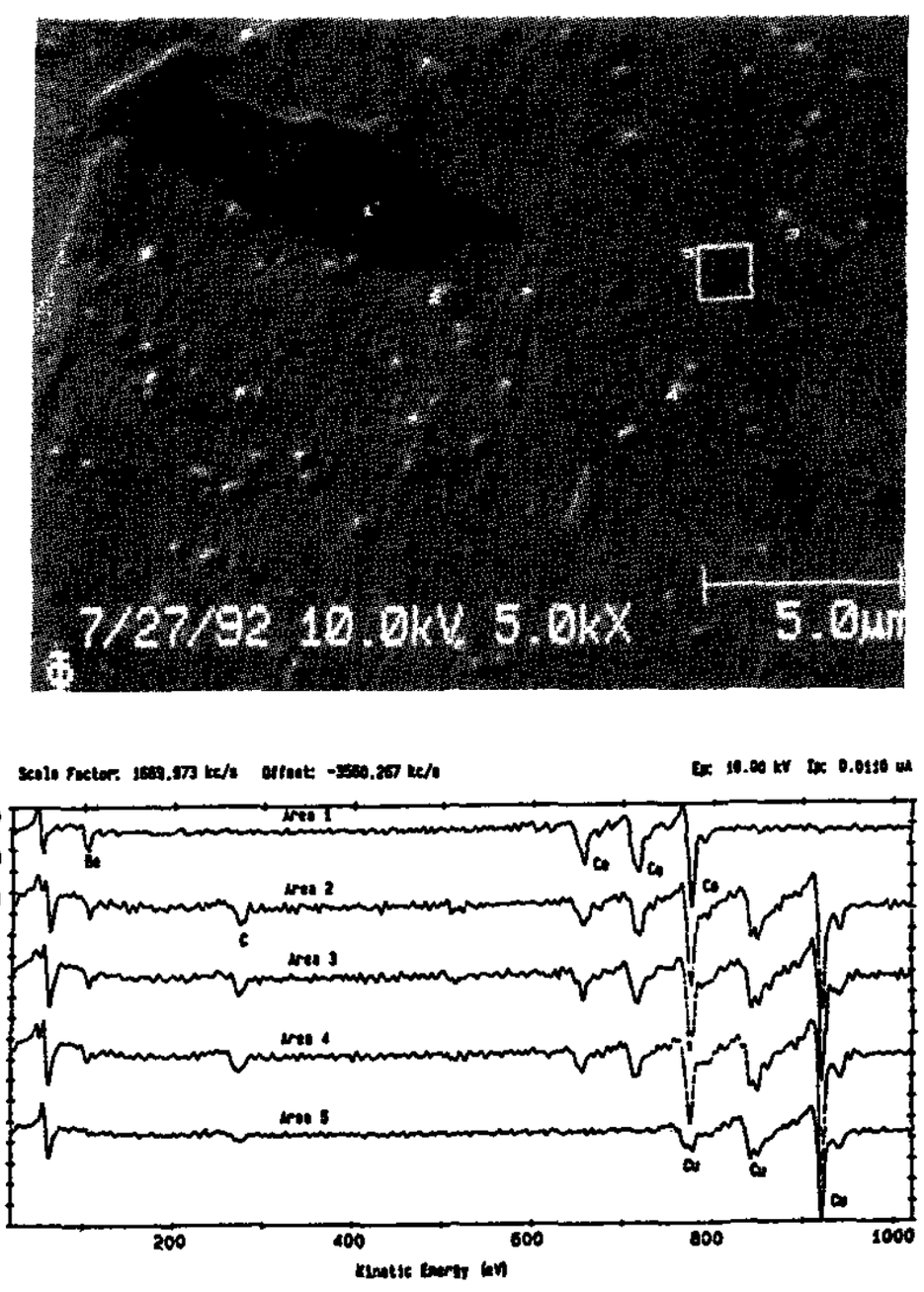

Photo 3. AES of Cu-0.32%Be-1.6wt%Co alloys aged at 480℃ for 2 hours.

Table 2. 수입 Cu-Be합금 및 개발금형재 물성비교.

	Brush-Wellmann社	Iszer-Kuhlmann社	KWC社	CDA C17600	개발금형재
인장강도 (kg/mm^2)	—	58	86	70-84	83
항복강도 (kg/mm^2)	—	48	74	56-70	64
연신율 (%)	—	9	13	10-25	18
경도 (BHN)	218	178	237	193-241	240
전기전도도 (%IACS)	52.8	39.6	48.5	50-60	50

및 강도를 얻을 수 있는 열처리 조건인 930℃에서 1시간 용체화처리 및 430℃에서 2시간 시효처리한 개발금형재의 물성을 수입, 사용되고 있는 Cu-Be합금에 비해서도 물성이 우수한 것을 알 수 있다.

4. 결 론

금형재로서 적절한 물성을 갖는 Cu-Be합금을 제조하기 위하여 Cu-0.32wt% Be-1.35wt% Co-98wt% Co의 합금을 선택하여 열처리에 따른 물성의 변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 930℃에서 1시간 용체화처리하고 430℃에서 2시간 시효처리 함으로써 금형소재로서의 가장 우수한 물성을 얻을 수 있었다.

(2) 용체화처리온도가 900℃에서 930℃로 높아질수록 경도, 강도는 증가하고, 전기전도도는 약간 저하하지만 일정한 용체화 처리온도에서 용체화 처리시간은 물성에 거의 영향을 미치지 않았다.

(3) 430℃의 온도에서 2시간 혹은 480℃의 온도에서 1시간 시효처리하였을 때 최고의 경도 및 강도가 얻어졌으며, 430℃이상의 온도에서 2시간 이상 시효처리하면 50%IACS 이상의 전기전도도를 얻을 수 있었다.

(4) 시효처리 후 Cu, Co, Be의 합금성분을 가진 석출물이 기지내에 미세하게 분산석출되었고, Be을 함유한 Co-rich phase도 석출되었다. 그러나 입계에서의 불연속 석출물은 나타나지 않았다.

참 고 문 헌

[1] 鑄鐵の金型鑄造：日本鑄物協會 125, (1976)

[2] Standards Handbook, part 2-alloy data, Copper Development Assc. Inc., (1973)

[3] 銅および 銅合金の 基礎と 工業技術：日本伸銅協會, (1988)

[4] H. Thomas, U. Wilke : Dorfurt, Z. Metallk., 50, 466 (1959)

[5] K. N. Tu, D. Turnbull : Acta Metal., 15, 369 (1967)

[6] A. Lawley, K. F. Lukens : Trans. ASM., 60, 516 (1967)