

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVII.

1910

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIX.

2° SEMESTRE.



ROMA  
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1910

Chimica. — *Leghe ternarie di rame, antimonio e bismuto* <sup>(1)</sup>.

Nota di N. PARRAVANO e E. VIVIANI, presentata dal Socio E. PATERNO.

SISTEMA TERNARIO Cu<sub>3</sub>Sb—Sb—Bi.

Riportiamo nella seguente tabella i dati sperimentali che abbiamo stabiliti per le leghe contenute in questo sistema.

| Numero<br>d'ordine<br>della lega | COMPOSIZIONE IN % IN PESO |                    |    |       |       |    | Tempe-<br>ratura<br>del 1°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 2°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 3°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>di<br>trasfor-<br>mazione | Tempe-<br>ratura<br>di<br>arresto |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|----|-------|-------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                  | Sb                        | Cu <sub>3</sub> Sb | Bi | Cu    | Sb    | Bi |                                      |                                      |                                      |                                               |                                   |
| 20                               | 2,50                      | 87,50              | 10 | 53,68 | 36,32 | 10 | 640°                                 | 420°                                 | —                                    | 395°                                          | 269°                              |
| 21                               | 5,00                      | 85,00              | 10 | 26,08 | 18,92 | 10 | 640                                  | 450                                  | —                                    | 390                                           | 269                               |
| 22                               | 9,00                      | 81,00              | 10 | 49,70 | 40,30 | 10 | 639                                  | 513                                  | —                                    | 388                                           | 269                               |
| 23                               | 14,00                     | 76,00              | 10 | 46,64 | 43,36 | 10 | 638                                  | 549                                  | —                                    | 393                                           | 269                               |
| 24                               | 18,00                     | 72,00              | 10 | 44,16 | 45,84 | 10 | 632                                  | 554                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 25                               | 27,00                     | 63,00              | 10 | 38,60 | 51,40 | 10 | 608                                  | 575                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 26                               | 32,00                     | 58,00              | 10 | 35,60 | 54,40 | 10 | 594                                  | 581                                  | 483°                                 | —                                             | —                                 |
| 27                               | 36,00                     | 54,00              | 10 | 33,12 | 56,88 | 10 | 584                                  | 498                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 28                               | 45,00                     | 45,00              | 10 | 27,60 | 62,40 | 10 | 563                                  | 502                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 29                               | 49,50                     | 40,50              | 10 | 24,84 | 65,16 | 10 | 548                                  | 504                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 30                               | 54,00                     | 36,00              | 10 | 22,08 | 67,92 | 10 | 539                                  | 506                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 31                               | 58,00                     | 32,00              | 10 | 19,60 | 70,40 | 10 | 520                                  | 508                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 32                               | 63,00                     | 27,00              | 10 | 16,56 | 73,44 | 10 | 508                                  | —                                    | —                                    | —                                             | —                                 |
| 33                               | 68,00                     | 22,00              | 10 | 13,52 | 76,48 | 10 | 525                                  | 500                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 34                               | 72,00                     | 18,00              | 10 | 11,04 | 78,96 | 10 | 537                                  | 498                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 35                               | 81,00                     | 9,00               | 10 | 5,52  | 84,48 | 10 | 563                                  | 485                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 36                               | 72,00                     | 8,00               | 20 | 4,90  | 75,10 | 20 | 553                                  | 486                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 37                               | 64,00                     | 16,00              | 20 | 9,82  | 70,18 | 20 | 526                                  | 493                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 38                               | 56,00                     | 24,00              | 20 | 14,72 | 65,28 | 20 | 525                                  | 498                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 39                               | 52,00                     | 28,00              | 20 | 17,16 | 62,84 | 20 | 535                                  | 495                                  | —                                    | —                                             | —                                 |

<sup>(1)</sup> Vedi questi Rend. 19, 1° sem., p. 835, 2° sem., p. 69 (1910).

| Numero<br>d'ordine<br>della lega | COMPOSIZIONE IN % IN PESO |        |    |       |       |    | Tempe-<br>ratura<br>del 1°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 2°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 3°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>di<br>trasfor-<br>mazione | Tempe-<br>ratura<br>di<br>arresto |
|----------------------------------|---------------------------|--------|----|-------|-------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                  | Sb                        | Cus Sb | Bi | Cu    | Sb    | Bi |                                      |                                      |                                      |                                               |                                   |
| 40                               | 48,00                     | 32,00  | 20 | 19,62 | 60,38 | 20 | 540°                                 | 488°                                 | —                                    | —                                             | —                                 |
| 41                               | 40,00                     | 40,00  | 20 | 24,56 | 55,44 | 20 | 548                                  | 477                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 42                               | 32,00                     | 48,00  | 20 | 29,44 | 50,56 | 20 | 582                                  | 470                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 43                               | 24,00                     | 56,00  | 20 | 34,38 | 45,62 | 20 | 604                                  | 571                                  | 430°                                 | —                                             | —                                 |
| 44                               | 16,00                     | 64,00  | 20 | 39,26 | 40,74 | 20 | 630                                  | 545                                  | —                                    | 386°                                          | 269°                              |
| 45                               | 12,00                     | 68,00  | 20 | 41,74 | 38,26 | 20 | 633                                  | 530                                  | —                                    | 390                                           | 269                               |
| 46                               | 8,00                      | 72,00  | 20 | 44,16 | 35,84 | 20 | 638                                  | 503                                  | —                                    | 390                                           | 269                               |
| 47                               | 4,00                      | 76,00  | 20 | 46,66 | 33,34 | 20 | 640                                  | 440                                  | —                                    | 395                                           | 269                               |
| 48                               | 4,00                      | 66,00  | 30 | 40,50 | 29,50 | 30 | 639                                  | 440                                  | —                                    | 392                                           | 269                               |
| 49                               | 7,00                      | 63,00  | 30 | 38,66 | 31,34 | 30 | 638                                  | 500                                  | —                                    | 387                                           | 269                               |
| 50                               | 11,00                     | 59,00  | 30 | 36,20 | 33,80 | 30 | 637                                  | 536                                  | —                                    | 393                                           | 269                               |
| 51                               | 14,00                     | 56,00  | 30 | 34,38 | 35,62 | 30 | 631                                  | 543                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 52                               | 18,00                     | 52,00  | 30 | 31,94 | 38,06 | 30 | 629                                  | 551                                  | 298                                  | —                                             | —                                 |
| 53                               | 20,00                     | 50,00  | 30 | 30,06 | 39,94 | 30 | 615                                  | 553                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 54                               | 28,00                     | 42,00  | 30 | 25,80 | 44,20 | 30 | 589                                  | 556                                  | 428                                  | —                                             | —                                 |
| 55                               | 35,00                     | 35,00  | 30 | 21,48 | 48,52 | 30 | 550                                  | 470                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 56                               | 42,00                     | 28,00  | 30 | 17,18 | 52,82 | 30 | 548                                  | 481                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 57                               | 50,00                     | 20,00  | 30 | 12,28 | 17,72 | 30 | 545                                  | 487                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 58                               | 53,00                     | 17,00  | 30 | 10,44 | 59,56 | 30 | 490                                  | —                                    | —                                    | —                                             | —                                 |
| 59                               | 56,00                     | 14,00  | 30 | 61,40 | 8,60  | 30 | 508                                  | 485                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 60                               | 63,00                     | 7,00   | 30 | 65,72 | 4,28  | 30 | 545                                  | 464                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 61                               | 54,00                     | 6,00   | 40 | 3,68  | 56,32 | 40 | 528                                  | 476                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 62                               | 48,00                     | 12,00  | 40 | 7,36  | 52,64 | 40 | 480                                  | —                                    | —                                    | —                                             | —                                 |
| 63                               | 42,00                     | 18,00  | 40 | 11,04 | 48,96 | 40 | 510                                  | 477                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 64                               | 36,00                     | 24,00  | 40 | 14,72 | 45,28 | 40 | 545                                  | 465                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 65                               | 30,00                     | 30,00  | 40 | 18,40 | 41,60 | 40 | 564                                  | 445                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 66                               | 24,00                     | 36,00  | 40 | 22,08 | 37,92 | 40 | 590                                  | 562                                  | 420                                  | —                                             | —                                 |
| 67                               | 18,00                     | 42,00  | 40 | 25,76 | 34,24 | 40 | 614                                  | 553                                  | —                                    | 386                                           | 269                               |
| 68                               | 12,00                     | 48,00  | 40 | 29,44 | 30,56 | 40 | 630                                  | 542                                  | 295                                  | —                                             | 269                               |

| Numero<br>d'ordine<br>della lega | COMPOSIZIONE IN % IN PESO |                    |    |       |       |    | Tempe-<br>ratura<br>del 1°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 2°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>del 3°<br>gomito | Tempe-<br>ratura<br>di<br>trasfor-<br>mazione | Tempe-<br>ratura<br>di<br>arresto |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|----|-------|-------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                  | Sb                        | Cu <sub>3</sub> Sb | Bi | Cu    | Sb    | Bi |                                      |                                      |                                      |                                               |                                   |
| 70                               | 6,00                      | 54,00              | 40 | 33,12 | 26,88 | 40 | 637°                                 | —                                    | —                                    | 390°                                          | 269°                              |
| 71                               | 5,00                      | 45,00              | 50 | 27,62 | 22,38 | 50 | 630                                  | —                                    | —                                    | —                                             | 269                               |
| 72                               | 10,00                     | 40,00              | 50 | 24,56 | 25,44 | 50 | 628                                  | 508°                                 | 295°                                 | —                                             | 269                               |
| 73                               | 20,00                     | 30,00              | 50 | 18,40 | 31,60 | 50 | 598                                  | 534                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 74                               | 30,00                     | 20,00              | 50 | 12,28 | 37,72 | 50 | 547                                  | 450                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 75                               | 35,00                     | 15,00              | 50 | 9,20  | 40,80 | 50 | 545                                  | 470                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 76                               | 40,00                     | 10,00              | 50 | 6,14  | 43,86 | 50 | 474                                  | —                                    | —                                    | —                                             | —                                 |
| 77                               | 45,00                     | 5,00               | 50 | 3,08  | 46,92 | 50 | 535                                  | 465                                  | —                                    | —                                             | —                                 |
| 78                               | 36,00                     | 4,00               | 60 | 2,46  | 37,54 | 60 | 465                                  | 435                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 79                               | 32,00                     | 8,00               | 60 | 4,90  | 35,10 | 60 | 475                                  | 433                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 80                               | 28,00                     | 12,00              | 60 | 7,36  | 32,64 | 60 | 500                                  | 425                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 81                               | 24,00                     | 16,00              | 60 | 9,82  | 30,18 | 60 | 558                                  | 410                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 82                               | 16,00                     | 24,00              | 60 | 14,72 | 25,28 | 60 | 610                                  | 539                                  | 360                                  | —                                             | 269                               |
| 83                               | 8,00                      | 32,00              | 60 | 19,64 | 20,36 | 60 | 630                                  | 520                                  | 290                                  | —                                             | 269                               |
| 84                               | 6,00                      | 24,00              | 70 | 14,72 | 15,28 | 70 | 639                                  | 505                                  | 288                                  | —                                             | 269                               |
| 85                               | 12,00                     | 18,00              | 70 | 11,04 | 18,96 | 70 | 628                                  | 515                                  | 334                                  | —                                             | 269                               |
| 86                               | 18,00                     | 12,00              | 70 | 7,36  | 22,64 | 70 | 562                                  | 536                                  | 375                                  | —                                             | 269                               |
| 87                               | 24,00                     | 6,00               | 70 | 3,68  | 26,32 | 70 | 496                                  | 410                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 88                               | 16,00                     | 4,00               | 80 | 2,44  | 17,56 | 80 | 470                                  | 360                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 89                               | 12,00                     | 8,00               | 80 | 4,90  | 15,10 | 80 | 517                                  | 335                                  | —                                    | —                                             | 269                               |
| 90                               | 8,00                      | 12,00              | 80 | 7,36  | 12,64 | 80 | 630                                  | 518                                  | 305                                  | —                                             | 269                               |
| 91                               | 4,00                      | 16,00              | 80 | 9,82  | 10,18 | 80 | 637                                  | 510                                  | 280                                  | —                                             | 269                               |
| 92                               | 2,00                      | 8,00               | 90 | 4,88  | 5,12  | 90 | 615                                  | —                                    | —                                    | —                                             | 269                               |
| 93                               | 4,00                      | 6,00               | 90 | 3,66  | 6,34  | 90 | —                                    | —                                    | —                                    | —                                             | 269                               |
| 94                               | 6,00                      | 4,00               | 90 | 2,44  | 7,56  | 90 | —                                    | —                                    | —                                    | —                                             | 269                               |
| 95                               | 8,00                      | 2,00               | 90 | 1,22  | 8,78  | 90 | —                                    | —                                    | —                                    | —                                             | 269                               |

Questi dati permettono di costruire un diagramma che è rappresentato in proiezione nella fig. 10. Le leghe studiate sono indicate nella figura con punti. I numeri accanto ai punti sono i numeri d'ordine della tabella.

Come si vede, il punto di incontro di *ab* e *ub* (fig. 7) <sup>(1)</sup> viene in realtà a stare tanto in basso (fig. 10) da coincidere praticamente col punto rappresentativo del bismuto. Viene così a mancare la curva corrispondente alla separazione contemporanea di cristalli misti di antimonio e  $\text{Cu}_3\text{Sb}$ , e cristalli misti di antimonio e bismuto, e il punto di fusione più basso del sistema viene a trovarsi praticamente in corrispondenza del Bi.

La *u*Bi e la *a*Bi in vicinanza immediata del Bi sono tratteggiate. Infatti la temperatura iniziale di solidificazione nel sistema  $\text{Cu}_3\text{Sb}$ -Bi si mantiene elevata fino a circa il 92-93 % di Bi per abbassarsi di circa 370°

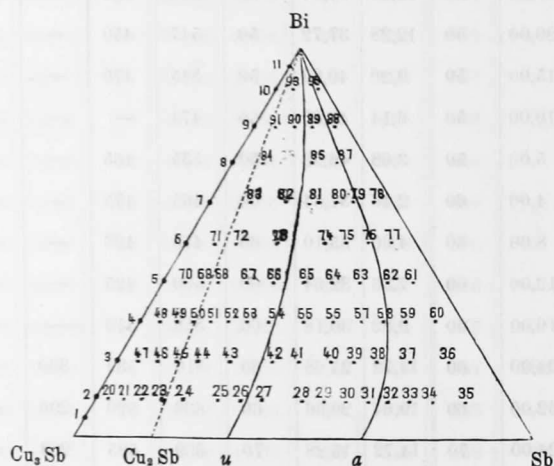


FIG. 10.

in un breve intervallo di concentrazione, fra 93 e 100 di Bi, e allo stesso modo si comporta la superficie primaria di separazione corrispondente al campo  $\text{Cu}_3\text{Sb}$ -Bi- $\text{Cu}_2\text{Sb}$ . In queste condizioni gli effetti termici dovuti all'inizio della cristallizzazione sono piccolissimi, e quindi non si può dir nulla di preciso circa l'andamento dell'ultimo tratto di queste due curve di equilibrio. Praticamente però esse vanno a terminare in corrispondenza del Bi, e questo porta con sé che le superficie secondarie di cristallizzazione che si riattaccano alla *u*Bi e alla *a*Bi si estendono pure esse praticamente fino al punto di fusione del Bi.

Non è possibile riprodurre in una maniera chiara il diagramma completo nello spazio del nostro sistema ternario, data la complicazione delle superficie di cristallizzazione secondaria e delle superficie di trasformazione. Per darne un'idea noi abbiamo disegnato alcune sezioni attraverso ad esso diagramma servendoci dei dati sopra riportati (figg. 11, 12 e 13).

<sup>(1)</sup> Vedi questi Rend. 19, 2° sem., p. 69 (1910).

Le curve avute congiungendo le prime temperature di separazione sono le curve di intersezione dei piani di sezione con le superficie di separazione primaria del diagramma nello spazio. Le curve avute congiungendo i secondi e i terzi gomiti che si incontrano sulle curve di raffreddamento corrispon-

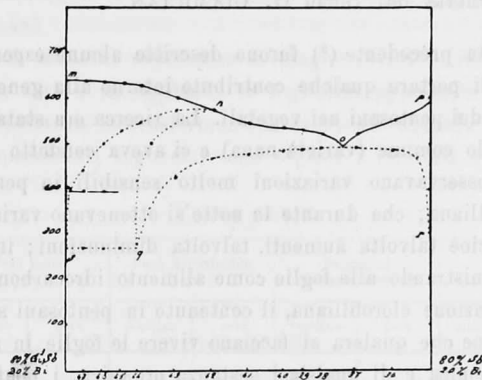


Fig. 11.

dono alle curve limiti originate dall'incontro a due a due delle superficie di separazione primaria.

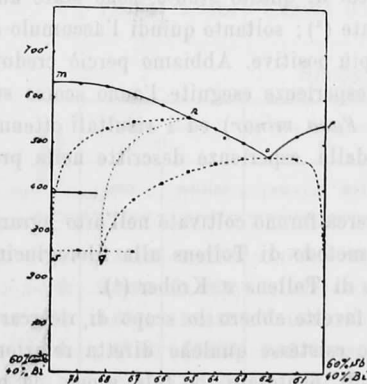


Fig. 12.

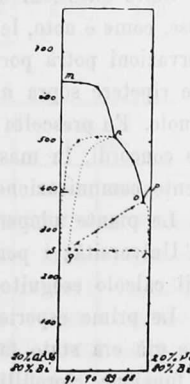


Fig. 13.

I tratti orizzontali corrispondono alla trasformazione che subiscono le leghe di Cu e Sb, e alla cristallizzazione eutettica praticamente alla temperatura di fusione del Bi.

I numeri segnati sulle ascisse dei diagrammi sono i numeri d'ordine delle leghe utilizzate per la costruzione di essi. Questi numeri sono gli stessi che sono riportati nella fig. 10.