

STUDII PRIVIND EXAMINAREA TEORETICĂ PRIVIND PROPRIETĂȚILE MECANICE SPECIFICE ALIAJELOR SI MATERIALELOR HIBRIDE

INVESTIGATION CONCERNING THE THEORETICAL EXAMINATION CONCERNING THE HYBRID MATERIALS AND ALLOYS SPECIFIC MECHANICAL PROPERTIES

Prof. univ. dr. ing. Indira ANDREESCU

Facultatea de Utilaj Tehnologic, Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania
E-mail: indira_utcb@yahoo.com

Rezumat: Scopul prezentului articol este de a prezenta proprietățile ingineresti și caracteristicile mecanice ale aliajelor și materialelor hibride.

Cuvinte cheie: temperatură, rezistență, aliaj, proprietăți, curbă

Abstract: The present paper purpose is focused on hybrid materials and alloys engineer properties and mechanic characteristics.

Keywords: temperature, strength, alloy, properties, curve

1. GENERALITĂȚI

Capitolul conține proprietăți ingineresti și caracteristici pentru diverse aliaje și materiale hibride. În plus față de proprietățile uzuale, sunt descrise unele caracteristici legate de utilizări speciale ale acestor aliaje. De exemplu, sunt incluse informații asupra toxicității particulelor de beriliu și a compușilor acestuia, cum ar fi oxidul de beriliu.

Beriliul este un metal ușor, cu modul de elasticitate ridicat și cu capabilitate la temperaturi moderate, Proiectele de structuri ce folosesc pânze de beriliu vor permite anizotropia, în particular proprietăți foarte scăzute pe direcția transversală scurtă.

2. CLASA STANDARD A BERILIULUI

Comentarii și proprietăți – Barele, tijele, tuburile și profilele prelucrate din beriliu de clasă standard sunt produse prin presarea în vid a materialului sub formă de pudră cu un conținut de oxid de beriliu de maximum 1½ procente. Aceste produse sunt disponibile și în alte numeroase compoziții pentru scopuri speciale. Pânzele și plăcile sunt fabricate prin presarea în vid a materialului sub formă de pudră cu un conținut de oxid de beriliu de 2 procente.

Considerații privind fabricarea

Profilarea la cald – Un bloc de beriliu presat la cald poate fi forjat și roluit, dar pentru aceasta se cer temperaturi de 700^oF și chiar mai înalte, din cauza fragilizării. Se recomandă o temperatură din gama 1000 – 1400^oF.

Formarea – Pânzele de beriliu pot fi formate la 1300 până la 1350^oF, expunându-se nu mai multe de 1,5 ore pentru o reacție elastică minimă. Formarea la peste 1450^oF va conduce la reducerea rezistenței.

Prelucrarea – Sculele de carbid sunt cel mai des utilizate la prelucrarea beriliului. Tehnicile mecanice de îndepărtare a metalului cauzează, în general, producerea de microfisuri și jumelări metalografice. Prelucrările finale au, uzual, o adâncime de 0,002 la 0,005 inci, pentru minimizarea deteriorărilor de suprafață. Deși cele mai multe operațiuni de prelucrare sunt efectuate fără răcire pentru evitarea contaminării cipurilor, utilizarea unui mijloc de răcire poate reduce adâncimea deteriorării asigurând prelungirea duratei de viață a sculei. Prelucrarea finală trebuie urmată de o decapare/ frezare chimică de cel puțin 0,002 inci adâncime de la nivelul suprafeței pentru îndepărtarea deteriorărilor prelucrării. Poate fi necesară o relaxare a tensiunilor la 1350^oF, urmată de o frezare chimică de 0,0005 inci, pentru piesele cu toleranță strânsă. Tehnicile de îndepărtare a resturilor libere de metal includ frezări chimice și prelucrări electrochimice. Găurirea pânelor poate conduce la delaminări și sporturi, afară de cazul când suportul burghiului este de tipul celor cu cuplu controlat, iar burghiul propriu zis este bavurat cu carbid.

Îmbinarea – Piesele pot fi îmbinate mecanic prin nituire, dar numai nituire prin presiune pentru evitarea deteriorării beriliului, prin bulonare, filetare sau prin fittinguri de presiune special proiectate pentru evitarea deteriorării. Îmbinările mai pot fi făcute prin brazare, lipire, sudare, adevizi și prin difuzie. Sudarea prin fuziune nu este recomandată. Brazarea poate fi efectuată cu zinc, aluminiu-silicon sau cu metale de umplutură pe bază de argint. Multe elemente, inclusiv cuprul, pot cauza fragilitate când sunt utilizate ca metale de umplutură pentru brazare. Totuși, tehnici de fabricare specifice au fost dezvoltate de diverși fabricanți în scopul de se putea utiliza la brazare cât mai multe materiale comune. Pentru fiecare metodă de îmbinare, proceduri detaliate specifice pot fi urmărite în referința 7.2.0(f).

Tratamente de suprafață – Un tratament de suprafață cum ar fi decaparea/frezarea chimică, pentru îndepărtare resturilor metalice după prelucrare, este recomandat pentru asigurarea proprietăților specifice. Acest tratament de suprafață este în mod special important când beriliul urmează a fi îmbinat mecanic.

Condiția de presare la cald – Efectul temperaturii asupra proprietăților mecanice ale beriliului presat la cald este prezentat în fig. 1 și 2

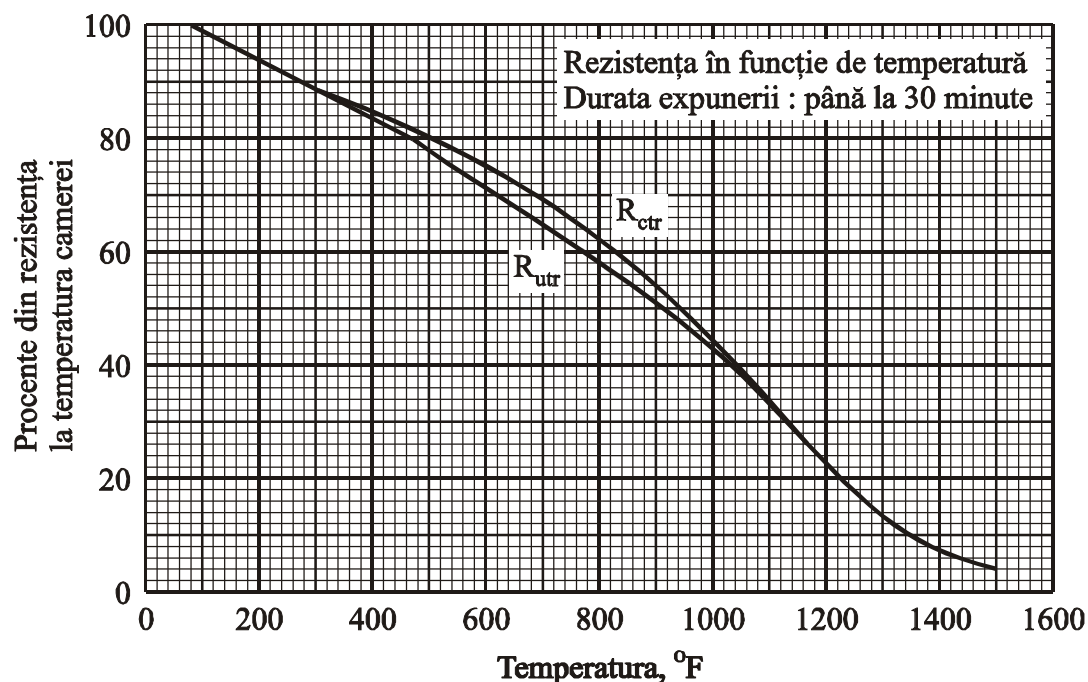


Fig. 1 – Efectul temperaturii asupra rezistențelor la întindere, ultimă și de curgere, respectiv R_{ut} și R_{ctr} , pentru bare, tije, tuburi și profile prelucrate din beriliu presat la cald

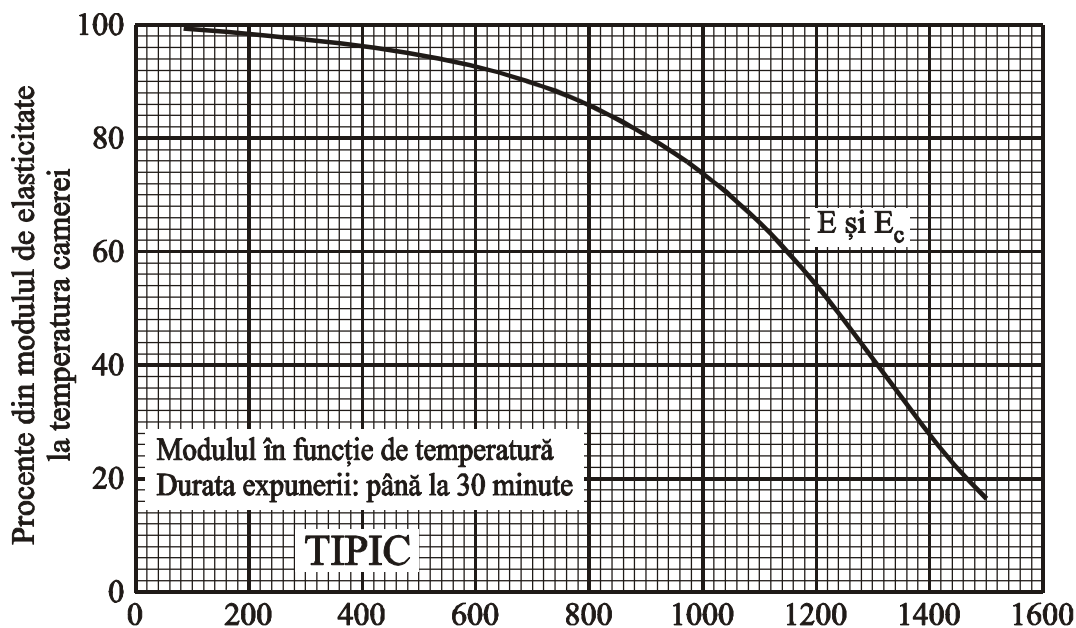


Fig. 2 – Efectul temperaturii asupra modulului de elasticitate la întindere și compresiune (E și E_c) pentru bare, tije tuburi și forme prelucrate din beriliu presat la cald

3. CUPRUL SI ALIAJE DE CUPRU

3.1. GENERALITĂȚI

Proprietățile cu semnificație majoră în proiectele în care se utilizează cupru și aliaje de cupru sunt conductivitatea electrică și cea termică, rezistența la coroziune și bunele calități la presiunea de contact (antiuzură prin frecare). Cuprul și aliajele de cupru sunt non-magnetice și pot fi ușor îmbinate prin sudură, brazare și lipire. Utilizarea aliajelor de cupru este uzual atribuită uneia sau mai multora din proprietățile de mai sus; în plus, pentru obținerea formelor dorite, ele se pot ușor turna și prelucra, atât la cald, cât și la rece.

Domeniul de instabilitate termică pentru cupru și aliajele de cupru începe, în general, undeva după temperatura camerei (150°F). Flambajul, relaxarea și diminuarea rezistenței la rupere sub tensiune sunt factori ce apar după 150°F . Aliajele de cupru sunt frecvent utilizate la temperaturi de până la 480°F . Gama dintre 480 și 750°F este considerată foarte înaltă pentru aliajele de cupru, întrucât cuprul și multe din aliajele sale încep să se oxideze ușor peste 350°F , ceea ce necesită protecție. Bronzurile ce conțin Al, Si și Be se oxidează la o mai mică extindere a temperaturilor decât aliajele roșii de cupru. Precipitarea întărește aliajele, astfel că cupru-beriliul reține rezistența până la temperaturile de îmbătrânire, de 500 la 750°F .

Aliajele de cupru, folosite în aplicații care cer rezistență la presiunea de contact (lagăre) și la uzură, includ, în scopul creșterii rezistenței lor și a capacității de suportare a sarcinilor, cupru-cositor-plumb, cupru-cositor, bronz cu silicon, bronz cu mangan, bronz cu aluminiu și beriliu cu cupru

Aliajele cu beriliu pe bază de cupru pentru lagăre sunt ușor turnabile printr-un număr de tehnici : turnare statică în nisip; turnare centrifugală pentru forme tubulare; și turnare continuă în diferite forme. Bronzul cu cositor, denumit uneori bronz fosforat din cauza utilizării fosforului în scopul dezoxidării topiturii și îmbunătățirii turnabilității, este un aliaj cu rezistență scăzută. El se furnizează, în general, ca turnat static (în nisip) sau ca turnat centrifugal (profile tubulare obținute prin rotația formelor de grafit). Bronzul cu mangan este consideraabil mai rezistent decât cel cu cositor și este ușor de turnat, având și o bună duritate și nefiind tratat termic. Aliajele de bronz cu aluminiu, în special cele cu nichel, silicon și mangan în procent de peste 2%, răspund la tratamentul termic, care conduce la o rezistență mai mare și la limite mai înalte privind uzura prin frecare și oboseala față de bronzul cu mangan. Bronzul cu aluminiu este utilizat sub formă de turnate static și centrifugal sau de piese ce pot fi prelucrate din tije forjabile și bare. Cuprul cu beriliu este materialul de lagăre pe bază de cupru cu cea mai înaltă rezistență, datorită modului cum răspunde la ranforsarea prin precipitație. Cuprul cu beriliu este, de asemenea, disponibil în forme turnate static și centrifugal, dar este, în general, utilizat sub forme forjate, ca extrudate, forate și prelucrate.

Cuprul cu beriliu, din cauza rezistenței sale înalte, este utilizat și ca material pentru arcuri. În acest tip de aplicații, limitele sale elastice înalte, ca și buna sa conductivitate electrică sunt semnificative. Cuprul cu beriliu rezistă cu ușurință până la 500°F , ceea ce este mai mult decât în cazul altor aliaje de cupru obișnute. Arcuri din cupru cu beriliu sunt fabricate uzual din benzi sau sârme.

3.2. CUPRU CU BERILIU

Comentarii și proprietăți – Cuprul cu beriliu se referă la o familie de aliaje pe bază de cupru conținând beriliu și cobalt sau nichel care fac ca aliajul să devină ranforsabil prin precipitare. Date asupra unui singur aliaj de înaltă rezistență, denumit C17200, care conține 1,90 procente (nominal) de beriliu, sunt prezentate în această secțiune. Acest aliaj este potrivit pentru piese ce necesită o înaltă rezistență, o bună comportare la uzură și rezistență la coroziune. Aliajul C17200 este disponibil sub formă de tije, bare, profile, tuburi mecanice și turnate.

Considerații privind fabricarea – Revenirile prin tratare la cald ale barelor sunt desemnate cu TB00 pentru condiția tratat în soluție și cu RD04 pentru condiția tratat în soluție plus prelucrat la rece. După operațiile de fabricare, materialul poate fi ranforsat prin tratament termic de precipitare (îmbătrânire). Tijele și barele sunt, de asemenea, obținabile prin frezare în condițiile TF00 și TH04. Tubulatura obținută mecanic este disponibilă în condiția TF00 (AMS 4535). Operațiunile de prelucrare a tijelor, barelor și tuburilor sunt, uzual, efectuate pe material în condițiile TF00 sau TH04. Acestea elimină contracția volumetrică de 0,02 procente, care are loc în timpul ecuisării prin precipitare, fiind un factor de menținere a dimensiunilor finale în toleranțele admise. Acest material are o bună prelucrabilitate în toate condițiile.

Benzile sunt, de asemenea, disponibile în condiții de tratabilitate termică. Piesele sunt ștanțate sau formate în revenire tratabilă la cald și, subsecvențial, supuse unui tratament termic de precipitare. Pentru benzi, revenirile tratabile termic sunt desemnate TB00, TD01, TD02 și TD04, indicând o cantitate progresiv mai mare de prelucrări la rece prin frezare. Când produsele obținute din aceste reveniri sunt tratate termic prin precipitare de către utilizator, desemnarea devine, respectiv : TF00, TH01, TH02 și TH04. Benzile sunt și ele obținabile prin prelucrare mecanică în condiții de ranforsare. Valorile de proiectare pentru aceste condiții nu sunt incluse.

Considerații asupra mediului – Aliajele de cupru cu beriliu au o bună rezistență la coroziune și nu sunt susceptibile la fragilizare datorită hidrogenului. Temperatura de serviciu maximă pentru produsele de cupru cu beriliu C17200 este de 500OF cu expunere de până la 100 ore.

Tratamentul TF00 – Curbe tipice tensiune-deformație la întindere și compresiune și modul de elasticitate tangent sunt prezentate în fig. 3 și 4.

Tratamentul TH04 – Curbe tipice tensiune-deformație la întindere și compresiune și modul de elasticitate tangent sunt prezentate în fig. 5.

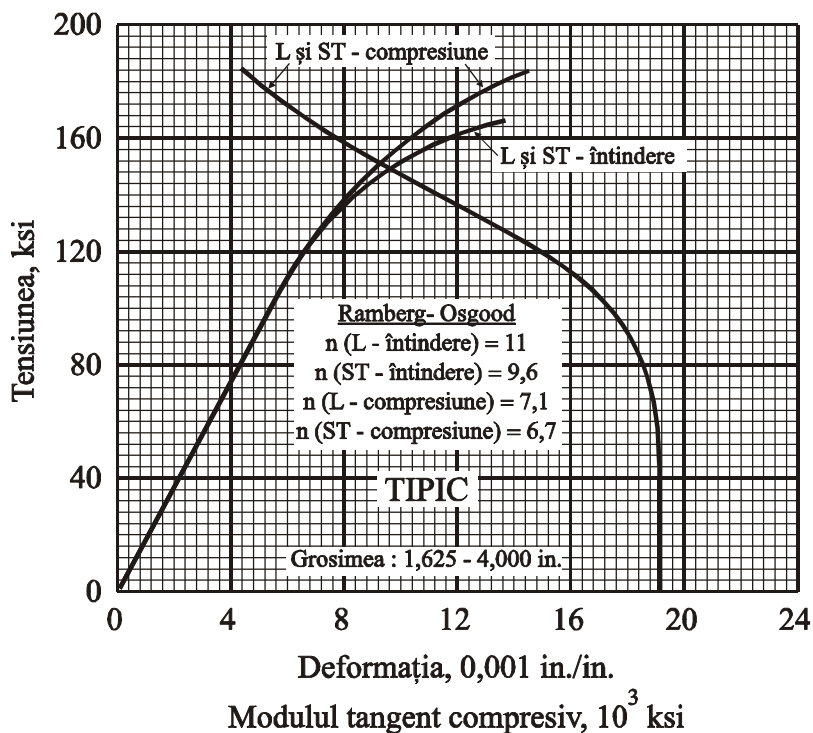


Fig. 3 – Curbe tipice tensiune-deformație la întindere și compresiune și modul tangențial compresiv pentru bare și tije din aliajul de cupru cu beriliu C17200, în condiția TF00

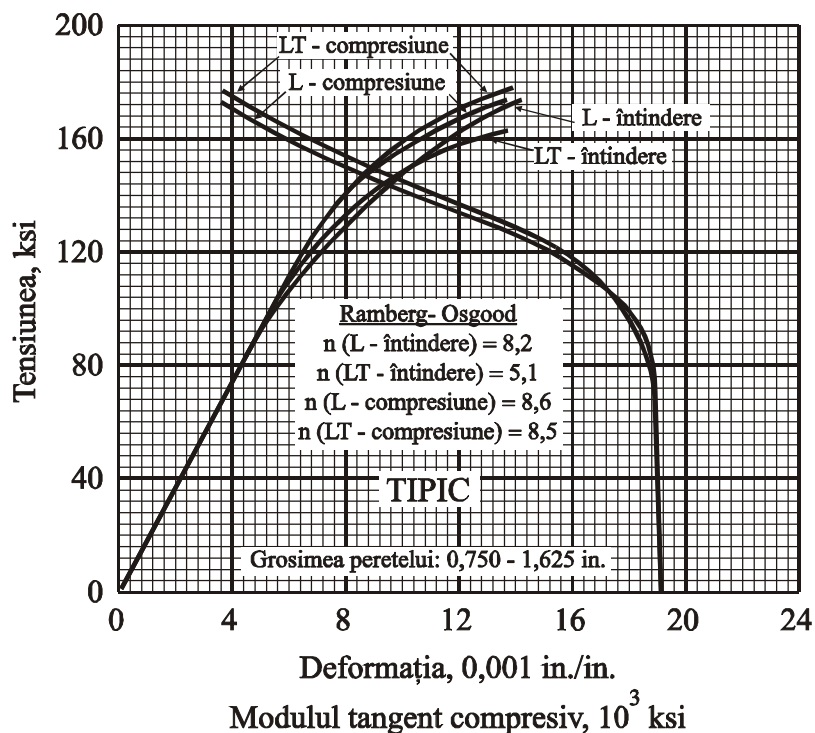


Fig. 4 – Curbe tipice tensiune-deformație la întindere și compresiune și modul tangențial compresiv pentru tubulatură mecanică din aliajul de cupru cu beriliu C17200, în condiția TF00

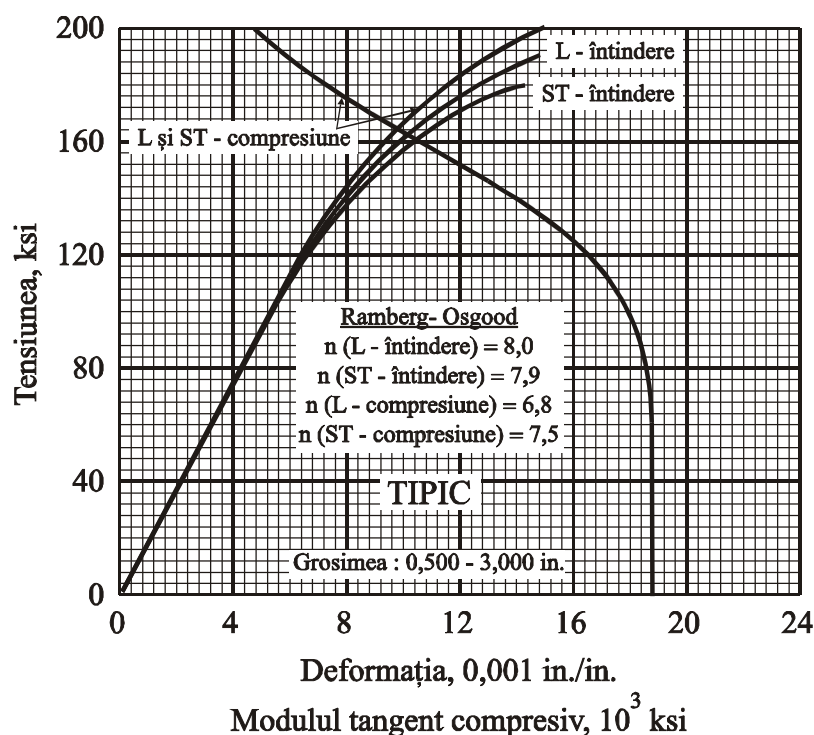


Fig. 5 – Curbe tipice tensiune-deformație la întindere și compresiune și modul tangențial compresiv pentru bare și tije din aliajul de cupru cu beriliu C17200, în condiția TH04

4. CONCLUZII

Studiul prezentat intenționează să consemneze punerea în evidență a evaluării materialelor și aliajelor hibride pe bază de beriliu și din punct de vedere al proprietăților fizice și mecanice pentru utilizarea acestora la fabricarea elementelor structurilor de rezistență din domenii cu înalt grad de fiabilitate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Williams, R. F., and Ingels, S. E., - *"The Fabrication of Beryllium—Volume I: A Survey of Current Technology,"* NASA TM X-53453 (July 1966).
- [2] Williams, R. F., and Ingels, S. E., - *"The Fabrication of Beryllium Alloys—Volume II: Forming Techniques for Beryllium Alloys,"* NASA TM X-43453 (July 1966).
- [3] Williams, R. F., and Ingels, S. E., - *"The Fabrication of Beryllium—Volume III: Metal Removal Techniques,"* NASA TM X-53453 (August 1966).
- [4] Williams, R. F., and Ingels, S. E., *"The Fabrication of Beryllium—Volume IV: Surface Treatments for Beryllium Alloys,"* - NASA TM X-53453 (July 1966).
- [5] Williams, R. F., and Ingels, S. E., - *"The Fabrication of Beryllium—Volume V: Thermal Treatments for Beryllium Alloys,"* NASA TM X-53453 (July 1966).
- [6] Williams, R. F., and Ingels, S. E., *"The Fabrication of Beryllium—Volume VI: Joining Techniques for Beryllium Alloys,"* NASA TM X-53453 (July 1966).

- [7] **Stonehouse, A. J., and Marder, J. M.**, “*Beryllium*,” ASM Metals Handbook, Tenth Edition, Vol. 2, pp. 683-687, 1990.
- [8] **Corle, R. R., Leslie, W. W., and Brewer, A. W.**, “*The Testing and Heat Treating of Beryllium for Machine Damage Removal*,” RFP-3084, Rockwell International, Rocky Flats Plant, DOE, Sept. 1981.
- [9] **Hanafee, J. E.**, “*Effect of Annealing and Etching on Machine Damage In Structural Beryllium*,” J. Applied Metal Working, Vol. 1, No. 3, pp. 41-51 (1980).
- [10] **Breslen, A. U., and Harris, W. B.**, “*Health Protection in Beryllium Facilities, Summary of Ten Years' Experience*,” U.S. Atomic Energy Commission, Health and Safety Laboratory, New York Operations Office, Report HASL-36 (May 1, 1958).
- [11] **Breslen, A. U., and Harris, W. B.**, “*Practical Ways to Collect Beryllium Dust*,” Air Engineering, 2(7), p. 34 (July 1960).
- [12] **Cholak, J., et al.**, “*Toxicity of Beryllium, Final Technical Engineering Report*,” ASD TR 62-7-665 (April 1962).
- [13] “*Beryllium Disease and Its Control*,” AMA Arch. Ind. Health, 19(2), pp. 91-267 (February 1959). Stokinger, H. E., “*Beryllium, Its Industrial Hygiene Aspect*,” Academic Press (1966).
- [14] **7.2.1.1(f) Rossman, M. D., Preuss, O. P., and Powers, M. B.**, *Beryllium-Biomedical and Environmental Aspects*, Williams and Wilkins, Baltimore, Hong Kong, London, Munich, San Francisco, Sydney, and Tokyo, 319 pages (1991).
- [15] **Crawford, R. F., and Barnes, A. B.**, “*Strength Efficiency and Design Data for Beryllium Structures*,” ASD TR 61-692 (1961).
- [16] “*The Selection and Application of Wrought Copper and Copper Alloy*,” by the ASM Committee on Applications of Copper, ASM Metals Handbook, Vol. 1, 8th Edition, pp. 960-972 (1961).
- [17] “*The Selection and Application of Copper Alloy Castings*,” by the ASM Committee on Copper Alloy Castings, ASM Metals Handbook, Vol. 1, 8th Edition, pp. 972-983 (1961).
- [18] CDA Standard Handbook, “*Part 2—Wrought Mill Producers Alloy Data*,” and “*Part 7—Cast Products Data*,” Copper Development Association, New York.