

NHIỆT ĐỘ NÓNG CHẢY CỦA CÁC KIM LOẠI PLATINUM VÀ COBALT DƯỚI ÁP SUẤT CAO

Nguyễn Thị Hồng¹, Nguyễn Thị Dung¹, Nguyễn Thị Thảo¹, Trịnh Văn Toàn²,
Lê Thùy Dương³, Lê Thị Lý⁴

TÓM TẮT

Platinum và cobalt là hai kim loại chuyển tiếp quý hiếm, có nhiều ứng dụng trong đời sống nhờ các tính chất vật lý ưu việt như tính trơ, khả năng chống ăn mòn cao và độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt của chúng như tính trơ, rất ít bị ăn mòn thậm chí ở điều kiện khắc nghiệt, độ dẫn điện và dẫn nhiệt tương đối tốt. Việc nghiên cứu tính chất nóng chảy của platinum và cobalt là nền tảng cho nhiều tiến bộ công nghệ, giúp nâng cao hiệu quả và khả năng ứng dụng của các kim loại quý này trong các lĩnh vực quan trọng của đời sống. Trong nghiên cứu này, đường cong nóng chảy phụ thuộc áp suất của platinum và cobalt được tính toán dựa trên sự kết hợp điều kiện nóng chảy Lindemann với hệ số Grüneisen trong mô hình Debye và phương trình Vinet. Kết quả tính toán số được thực hiện tới áp suất 80 GPa cho thấy nhiệt độ nóng chảy tăng tương đối nhanh theo áp suất. Đường cong nóng chảy thu được của platinum và cobalt dưới áp suất cao có sự tương đồng tốt với dữ liệu thực nghiệm được đưa ra so sánh. Điều này chứng tỏ, mô hình tính toán lý thuyết được đề xuất có thể áp dụng để nghiên cứu tính chất nóng chảy của các kim loại khác trong điều kiện áp suất cao.

Từ khóa: Nhiệt độ nóng chảy, platinum, cobalt, áp suất cao, hệ số Grüneisen, điều kiện nóng chảy Lindemann.

DOI: <https://doi.org/10.70117/hdujs.84.2.2026.900>

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu hành vi nóng chảy của kim loại chuyển tiếp ở áp suất cao có ý nghĩa khoa học rộng rãi, đặc biệt là đối với khoa học trái đất và hành tinh [1-3], vật lý vật chất ngưng tụ, địa vật lý [4]. Platinum (Pt) và cobalt (Co) là những đại diện tiêu biểu của kim loại chuyển tiếp với đặc tính khó nóng chảy, độ cứng cao, rất ít bị ăn mòn ngay cả trong điều kiện khắc nghiệt nên được ứng dụng rộng rãi trong đời sống [5-8]. Pt được sử dụng nhiều trong các trang thiết bị thí nghiệm, đồ trang sức mỹ nghệ... Một số hợp kim với Pt có thể được sử dụng trong y học để điều trị ung thư. Co là một nguyên liệu không thể thay thế cho các ứng dụng công nghệ cao như xe điện, điện thoại thông minh, tuabin gió và công nghệ quân sự. Ngoài ra, Co còn được sử dụng làm chất xúc tác trong quá trình tổng hợp kim cương đa tinh thể và sử dụng để

¹Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Hồng Đức; Email: nguyenthihongvatly@hdu.edu.vn

²Trường THPT Thọ Xuân 4, tỉnh Thanh Hóa

³Trường THCS Cù Chính Lan, tỉnh Thanh Hóa

⁴Trường THCS Thiệu Phú, tỉnh Thanh Hóa

phát triển các tinh thể kim cương đơn lớn trong các ứng dụng công nghiệp [9] và trong y sinh. Một số hợp kim của Co được ứng dụng trong công nghiệp như công nghiệp dầu khí, mạ điện, lớp phủ bề mặt vật liệu, công nghiệp hạt nhân, chế tạo chất siêu làm lạnh...

Trong những thập kỷ qua, các nghiên cứu thực nghiệm [3], [10-12] và lý thuyết [13-15] đã tập trung vào tính chất nóng chảy của một số kim loại chuyển tiếp trong điều kiện khắc nghiệt [4], [16-19]. Tuy nhiên, việc xác định chính xác điểm nóng chảy của các kim loại chuyển tiếp vẫn là một thách thức đối với cả nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết bởi vẫn tồn tại những sự khác biệt lớn giữa các phép đo bằng ô mạng để kim cương nung nóng bằng laser [11], [20-22] các thí nghiệm sóng xung kích [23] và các mô phỏng lý thuyết [24-25]. Nguyên nhân của những sự khác biệt như vậy vẫn đang được nghiên cứu thêm.

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu tính chất nóng chảy và tính toán số sự phụ thuộc áp suất của nhiệt độ nóng chảy của các kim loại chuyển tiếp Pt và Co ở áp suất lên tới 80 GPa. Đồng thời, so sánh kết quả thu được với các dữ liệu lý thuyết và thực nghiệm của các công trình trước đó. Kết quả nghiên cứu có thể cung cấp thêm cơ sở dữ liệu về các tính chất nóng chảy của kim loại chuyển tiếp Pt và Co đồng thời cũng cung cấp một phương pháp nghiên cứu lý thuyết đơn giản để nghiên cứu hành vi nóng chảy của kim loại nói chung.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để nghiên cứu bài toán nóng chảy của vật liệu, chúng tôi kết hợp biểu thức hệ số Grüneisen trong mô hình Debye với mô hình nóng chảy Lindemann [26]. Mô hình nóng chảy Lindemann được F.A. Lindemann đưa ra năm 1910 và sau đó đến năm 2001, nhóm của Wang và cộng sự (2001) đã chứng minh rằng mô hình này tương đương với công thức sau [27].

$$T_m = \text{const} \cdot V^{2/3} \cdot \theta_D^2, \quad (1)$$

trong đó, T_m là nhiệt độ nóng chảy của kim loại, V là thể tích tinh thể, $\theta_D = \hbar\omega_D / k_B$ là nhiệt độ Debye, ω_D là giá trị tần số dao động cực đại tương ứng với bán kính Debye được gọi là tần số Debye.

Lấy logarit tự nhiên hai vế của biểu thức (1) và thực hiện một số phép biến đổi toán học thu được:

$$\frac{\partial \ln(T_m)}{\partial V} = \frac{2}{3} \frac{\partial \ln V}{\partial V} + 2 \frac{\partial \ln \theta_D}{\partial V} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{V} - \gamma_G \right), \quad (2)$$

trong đó, $\gamma_G = -\frac{\partial \ln \omega_D}{\partial \ln V}$ là hệ số Grüneisen, đặc trưng cho mức độ phụ thuộc thể tích tinh thể của các tần số dao động phonon ω_D do hiệu ứng phi điều hòa của mạng tinh thể gây ra.

Ở vùng áp suất thấp, hệ số Grüneisen được xem như không đổi, nhưng khi áp suất tăng cao, nghiên cứu của W. Zhang và cộng sự (2014) [16] cho thấy hệ số Grüneisen sẽ giảm dần theo áp suất. Khi xem xét vấn đề này, nhiều lý thuyết đã được đưa ra [29-31]. Tuy nhiên, các kết quả đầu ra được tính toán từ các lý thuyết này chưa thực sự mô tả tốt các ảnh hưởng

của áp suất đến hệ số Grüneisen ở vùng áp suất cao [32]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng đề xuất của L. Burakovsky và cộng sự (2004) để nghiên cứu các nhiệt độ nóng chảy của kim loại, trong đó hệ số Grüneisen được xây dựng có biểu thức dạng [33].

$$\gamma_G = \frac{1}{2} + \gamma_1 \eta^{1/3} + \gamma_2 \eta^s, \quad (3)$$

trong đó $\gamma_1, \gamma_2, s > 1$ là các tham số phụ thuộc vào vật liệu nghiên cứu, $\eta = V/V_0$ là hệ số nén, V_0 là thể tích tinh thể ở áp suất không.

Kết hợp các biểu thức (2) và (3) và thực hiện một số phép biến đổi toán học, kết quả thu được:

$$T_m = T_0 \eta^{-1/3} \exp \left\{ 6\gamma_1 (1 - \eta^{1/3}) + \frac{2\gamma_2}{s} (1 - \eta^s) \right\} \quad (4)$$

trong đó T_0 là nhiệt độ nóng chảy của kim loại ở điều kiện môi trường.

Biểu thức (4) là biểu thức mô tả sự phụ thuộc hệ số nén của nhiệt độ nóng chảy T_m . Trong công trình [34], Cohen và cộng sự (2000) đã chứng tỏ rằng, phương trình trạng thái Vinet cho kết quả chính xác nhất mối liên hệ áp suất - thể tích - nhiệt độ tại áp suất cao. Vì vậy, để xem xét ảnh hưởng của áp suất đến nhiệt độ nóng chảy T_m chúng tôi sử dụng phương trình trạng thái Vinet được xây dựng có dạng sau [35]

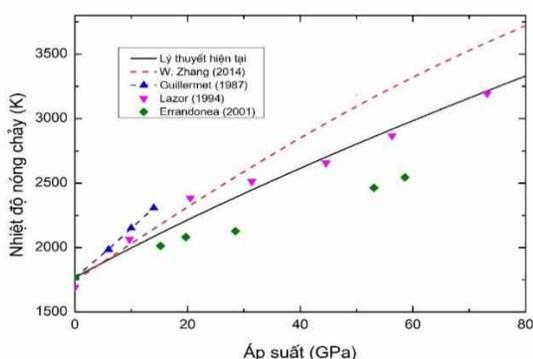
$$P = 3K_0 \eta^{-2/3} (1 - \eta^{1/3}) \exp \left[\frac{3}{2} (K'_0 - 1) (1 - \eta^{1/3}) \right], \quad (5)$$

trong đó, K_0 các môđun nén khối đẳng nhiệt và K'_0 là đạo hàm bậc nhất theo áp suất của K_0 .

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

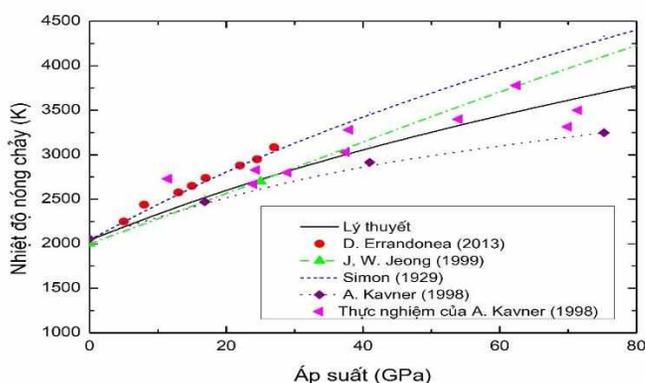
Để xem xét về hiệu quả của mô hình lý thuyết hiện tại trong việc tính toán và phân tích sự phụ thuộc áp suất của nhiệt độ nóng chảy của kim loại Co và Pt, chúng tôi sử dụng các biểu thức thu được từ Phần 2, trong đó, các tham số $\gamma_1, \gamma_2, s, K_0, K'_0$, nhiệt độ nóng chảy của các kim loại Co và Pt ở điều kiện môi trường T_{0m} (K) được lấy từ thực nghiệm và được đưa ra ở Bảng 1.

Kim loại	K_0 (GPa)	K'_0	γ_1	γ_2	s	T_{0m} (K)
Co	209,345 [36]	3,244 [36]	0,88 [37]	0,39 [37]	5,5 [37]	1768 [37]
Pt	280,03 [38]	6,3289 [38]	1,16 [37]	1,01 [37]	8,3 [37]	2041 [37]



Hình 1. Nhiệt độ nóng chảy của kim loại Co dưới ảnh hưởng của của áp suất

Hình 1 biểu diễn đường cong nóng chảy của kim loại Co dưới ảnh hưởng của áp suất đến 80 GPa (đường liền nét màu đen). Một số dữ liệu thực nghiệm và lý thuyết trước đây cũng được đưa vào để so sánh. Đồ thị cho thấy, nhiệt độ nóng chảy của Co tăng khi áp suất tăng. Điều này phù hợp với thực tế khi áp suất tăng, áp lực tác dụng lên tinh thể tăng khiến các nguyên tử bị đẩy lại gần nhau, tức là khoảng cách giữa các nguyên tử giảm. Khi khoảng cách giữa các nguyên tử giảm, lực tương tác giữa chúng (bao gồm lực Van der Waals, lực ion, ...) trở nên mạnh hơn, cần nhiều năng lượng hơn để phá vỡ những liên kết này để vật liệu chuyển từ trạng thái rắn sang lỏng. Đường cong nóng chảy phù hợp tốt với các điểm thực nghiệm của các công trình được đưa ra so sánh và đường cong lý thuyết của P. Lazor và cộng sự (1993) [39]. Đường cong nóng chảy thu được cũng cao hơn các điểm thực nghiệm của D. Errandonea và cộng sự (2001) [17] nhưng lại thấp hơn các điểm thực nghiệm của A.F. Guillermet (1987) [40]. Mặc dù có sự chênh lệch này, đường cong nóng chảy hiện tại có giá trị gần với thực nghiệm hơn so với đường cong nóng chảy lý thuyết của W. Zhang và cộng sự (2014) [16]. Điều này cho thấy kết quả của nghiên cứu có thể bổ sung thêm cơ sở dữ liệu cho hành vi nóng chảy của kim loại Co.



Hình 2. Nhiệt độ nóng chảy của kim loại Pt dưới ảnh hưởng của của áp suất

Hình 2 biểu diễn đường cong nóng chảy phụ thuộc áp suất của kim loại Pt ở nhiệt độ phòng. Tính toán số được thực hiện đến 80 GPa (đường liền nét). Các điểm thực nghiệm của D. Errandonea và cộng sự (2013) (hình tròn màu đỏ) [4], của A. Kavner và cộng sự (1998)

(tam giác màu hồng) và các đường lý thuyết của A. Kavner và cộng sự (1998) (đường chấm - tứ giác màu tím) [42], J. W. Jeong và cộng sự (1999) (đường nét gạch - tam giác màu xanh lá cây) [19] và F. Simon và cộng sự (1929) (đường nét gạch-chấm màu xanh da trời) [41] cũng được đưa vào để so sánh. Đồ thị cho thấy, nhiệt độ nóng chảy của Pt tăng khi áp suất tăng tương tự như đường cong nóng chảy của kim loại Co. Đồ thị cũng cho thấy, kết quả tính toán của nghiên cứu phù hợp khá tốt với một số dữ liệu thực nghiệm của A. Kavner và cộng sự (1998). Sự chênh lệch nhiệt độ nóng chảy giữa đường cong lý thuyết của nghiên cứu với các dữ liệu thực nghiệm được đưa ra là vào khoảng từ 0,6% đến 14%. Mặc dù vẫn còn có sự chênh lệch so với một số điểm thực nghiệm, nhưng đường cong lý thuyết này nằm trong khoảng giữa các điểm thực nghiệm được đưa ra, gần với các kết quả thực nghiệm của A. Kavner và cộng sự (1998) hơn so với các đường cong nóng chảy lý thuyết của D. Errandonea và cộng sự (2013) và cả đường cong lý thuyết của A. Kavner và cộng sự (1998).

Sự sai khác giữa đường cong nóng chảy lý thuyết trong nghiên cứu với các dữ liệu thực nghiệm được đưa ra đối với cả hai kim loại Co và Pt có thể được giải thích do các nguyên nhân sau: (1) do hạn chế của lý thuyết nóng chảy Lindemann khi áp dụng cho kim loại ở áp suất cao; (2) do giả thiết của Burakovsky chưa thực sự mô tả tốt sự phụ thuộc áp suất của hệ số Grüneisen; (3) do khi nghiên cứu hành vi nóng chảy của Pt và Co chúng tôi đã bỏ qua yếu tố cấu hình electron trong cấu trúc điện tử và coi như cấu trúc tinh thể là ổn định trong khoảng áp suất nghiên cứu.

So sánh độ dốc của đường cong nóng chảy của hai kim loại Co và Pt cho thấy độ dốc của đường cong nóng chảy của kim loại Co thấp hơn đáng kể so với kim loại Pt. Điều này chứng tỏ sự phụ thuộc áp suất của nhiệt độ nóng chảy của kim loại Pt là mạnh hơn so với kim loại Co. Nguyên nhân của sự sai khác này có thể là do kim loại Pt có liên kết nguyên tử mạnh hơn thông qua các electron lớp d mà nó có, tức là cần nhiều năng lượng hơn để có thể làm nóng chảy vật liệu. Đồ thị cũng cho thấy tốc độ tăng của nhiệt độ nóng chảy giảm dần ở áp suất cao. Chẳng hạn, ở áp suất $P = 2,9$ GPa, đường cong nóng chảy của Co có độ dốc là 23,76 K/GPa, đường cong nóng chảy của Pt có độ dốc là 32,25 K/GPa. Trong khi đó, tại áp suất $P = 70$ GPa, độ dốc của đường cong nóng chảy của Co là 16,58 K/GPa, của Pt là 17,18 K/GPa.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo, đặc tính nóng chảy của các kim loại chuyển tiếp Pt và Co đã được nghiên cứu bằng phương pháp bán thực nghiệm với điều kiện áp suất lên đến 80 GPa. Các đường cong nóng chảy thu được của Co và Pt đều có kết quả gần với một số dữ liệu thực nghiệm được đưa ra. Điều này cho thấy, phương pháp mà chúng tôi đề xuất có thể áp dụng để nghiên cứu nhiệt độ nóng chảy của các kim loại khác trong những điều kiện khắc nghiệt hơn. Một số sai khác giữa kết quả lý thuyết và thực nghiệm có thể được giải thích là do mô hình lý thuyết mà chúng tôi đưa ra chưa mô tả đầy đủ hành vi nóng chảy của vật liệu. Để giải quyết vấn đề này, cần phải được tiếp tục nghiên cứu một cách đầy đủ và có hệ thống tiếp. Tuy nhiên, các kết quả thu được từ nghiên cứu này cũng đã góp phần làm tăng cơ sở dữ liệu về nóng chảy áp suất cao, mở rộng kiến thức về các tính chất vật lý của trạng thái rắn trong điều kiện khắc nghiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Anzellini et al. (2021), *Melting line of calcium characterized by in situ LH-DAC XRD and first-principles calculations*, Scientific Reports, vol.11, pp.15025-15034.
- [2] C. M. Liu et al. (2012), *Melting curves and entropy of fusion of body-centered cubic tungsten under pressure*, J. Appl. Phys., vol.112, pp. 13518-13527.
- [3] D. Errandonea et al. (2010), *The melting curve of ten metals up to 12 GPa and 1600 K*, J. Appl. Phys., vol.108 (3), pp.33517-33527.
- [4] D. Errandonea (2013), *High-pressure melting curves of the transition metals Cu, Ni, Pd, and Pt*, Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys., 87(5)1-5.
- [5] Y. M. Lau et al., (2002), *Properties and applications of cobalt-based material produced by electron-beam-induced deposition*, J. Vac. Sci. Technol., vol. A 20 (4), pp.1295-1302.
- [6] C. Zhang et al. (2022), *Platinum-based drugs for cancer therapy and anti-tumor strategies*, Theranostics, 12(5) 2115-2132.
- [7] A. A. Vodyashkin et al. (2022), *Current methods for synthesis and potential applications of cobalt nanoparticles: A review*, Crystals, vol.12, pp.272-298.
- [8] S. Alassadi et al. (2022), *A chemical perspective on the clinical use of platinum-based anticancer drugs”* vol. 51, p. 10835-10846.
- [9] M. Akaishi et al. (1982), *Sintering behaviour of the diamond-cobalt system at high temperature and pressure*, J. Mater. Sci., 17(1)193-198.
- [10] A. Lazicki et al. (2012), *High-pressure-temperature phase diagram and the equation of state of beryllium*, Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys., 86(17)174118- 174128.
- [11] D. Errandonea et al. (2003), *Melting of tantalum at high pressure determined by angle dispersive x-ray diffraction in a double-sided laser-heated diamond-anvil cell*, Journal of Physics Condensed Matter, 15(45)7635-7649.
- [12] A. M. J. Schaeffer et al. (2012), *High pressure melting of lithium*, Physical Review Letters, 109(18)185702- 185707.
- [13] A. B. Belonoshko et al. (2012), *High-pressure melting curve of platinum from ab initio Z method*, Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics, 85(17) 174104-174111.
- [14] S. N. Luo et al. (2003), *Maximum superheating and undercooling: Systematics, molecular dynamics simulations, and dynamic experiments*, Phys. Rev. B, vol.68, pp. 134206-134217.
- [15] C. Dai et al. (2002), *Model for assessing the melting on Hugoniot of metals: Al, Pb, Cu, Mo, Fe, and U*, J. Appl. Phys., 92(9) 5019-5026.
- [16] Z. Zhang et al. (2014), *Molecular dynamics study of melting curve, entropy of fusion and solid-liquid interfacial energy of cobalt under pressure*, Phys. B Condens. Matter, vol. 440, pp.33-58.
- [17] D. Errandonea et al. (2001), *Systematics of transition-metal melting*, Phys. Rev. B, vol. 63, pp.132104-132108.
- [18] J. Wang et al. (2020), *The melting curve of cobalt under high pressure*, Solid State Communications, vol.307, pp.113805- 113809.

- [19] J. W. Jeong et al. (1999), *Molecular-dynamics simulations for the shock Hugoniot meltings of Cu, Pd and Pt*, Journal of Physics Condensed Matter, 11(19) 3799-3806.
- [20] A. V. Perelmuter et al. (2013), *Localisation: Theory and Experiment*, Handb. Mech. Stab. Eng., vol.1469, pp.1469-1564.
- [21] D. Errandonea (2006), *Phase behavior of metals at very high P-T conditions: A review of recent experimental studies*, Journal of Physics and Chemistry of Solids, vol.67, no.9-10, pp. 2018-2027.
- [22] J. Ruiz-Fuertes et al. (2010), *Microscopic evidence of a flat melting curve of tantalum*, Physics of the Earth and Planetary Interiors, vol.181, pp.69-72.
- [23] J. M. Brown et al. (1983), *Rarefaction velocities in shocked tantalum and the high pressure melting point*, Shock Waves Condens., vol. Chapter II, pp.91-94.
- [24] A. B. Belonoshko et al. (2004), *High-pressure melting of molybdenum*, Physical Review Letters, 92(19)195701-195704.
- [25] Z. L. Liu et al. (2008), *Molecular dynamics simulations of the melting curve of tantalum under pressure*, Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics, 77(2) 024103-024112.
- [26] L. Burakovsky et al. (2000), *Analysis of dislocation mechanism for melting of elements: Pressure dependence*, J. Appl. Phys., 88(11) 6294-6301.
- [27] Y. Wang et al. (2001), *Melting of iron and other metals at earth's core conditions: A simplified computational approach*, Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys., 65(1)14104-14107.
- [28] R. Boehler (1983), *Melting temperature, adiabats, and Grüneisen parameter of lithium, sodium and potassium versus pressure*, Phys. Rev. B, 27(11) 6754-6762.
- [29] E. Grüneisen et al. (1912), *Theorie des festen Zustandes einatomiger Elemente*, Ann. Phys., 344(12)257-306.
- [30] J. C. Graf et al (2004), *High-Pressure Debye-Waller and Grüneisen Parameters of Gold and Copper*, Shock Compression of Condensed Matter, vol.65, pp.65-68.
- [31] R. Jeanloz (1989), *Shock wave equation of state and finite strain theory*, J. Geophys. Res., 94(B5) 5873-5886.
- [32] C. Nie et al. (2015), *A comparative study of Burakovsky's and Jacobs's volume dependence Grüneisen parameter for fcc aluminum*, Phys. B Condens. Matter, vol. 468-469, pp.7-15.
- [33] L. Burakovsky et al. (2003), C. W. Greeff, and D. L. Preston, "Analytic model of the shear modulus at all temperatures and densities" Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys., vol. 67, no. 9, p. 94107- 94116.
- [34] R. E. Cohen et al. (2000), *Accuracy of equation-of-state formulations*, Am. Mineral., 85(2) 338-344.
- [35] P. F. Vinet et al. (1987), *Compressibility of solids*, J. Geophys. Res. Geophys Res, 92(B9) 9319-9325.
- [36] H. B. Mohammed et al. (2023), *Variation of Bulk Modulus, Its First Pressure Derivative, and Thermal Expansion Coefficient with Applied High Hydrostatic Pressure*, Adv. Condens. Matter Phys., vol. 2023, pp.13-26.

- [37] L. Burakovsky et al. (2004), *Analytic model of the Grüneisen parameter all densities*, J. Phys. Chem. Solids, vol. 65, no.8-9, pp.1581-1587.
- [38] A. D. Chijioke et al. (2005), *High-pressure equations of state of Al, Cu, Ta, and W*, Journal of Applied Physics, 98(7), 073526-073534.
- [39] S. S. P. Lazor et al. (1993), *Laser-heated diamond anvil cell experiments at high pressure: Melting curve of nickel up to 700 kbar*, Phys. Chem. Miner., vol. 20, pp. 86-90.
- [40] A. F. Guillermet (1987), *Critical evaluation of the thermodynamic properties of cobalt*, A.F. Guillermet, Int. J. Thermophys, vol.8, pp. 481-488.
- [41] F. Simon et al. (1929), *Bernerungen zur Schmelzdruckkurve*, Z. Anorg. Allg. Chem, vol.178, pp.309-316.
- [42] A. Kavner et al. (1998), *High-pressure melting curve of platinum*, Journal of Applied Physics, 83(12)7553-7559.

MELTING TEMPERATURE OF PLATINUM AND COBALT METALS UNDER HIGH PRESSURE

Nguyen Thi Hong, Nguyen Thi Dung, Nguyen Thi Thao, Trinh Van Toan,
Le Thuy Duong, Le Thi Ly

ABSTRACT

Platinum and cobalt are considered two rare transition metals with wide applications in life due to their excellent physical properties such as inertness, corrosion resistant even under harsh conditions, and relatively high electrical and thermal conductivity. Studying the melting properties of platinum and cobalt has been the basis for many technological advances, helping to improve the efficiency and applicability of these precious metals in important areas of life. In the present work, the pressure-dependent melting curves of platinum and cobalt are calculated based on the combination of Lindemann melting conditions with the Grüneisen parameter in the Debye model and Vinet's equation of state. The numerical calculation results performed up to pressure 80 GPa show that the melting temperature increases relatively rapidly with increasing pressure. The obtained melting curves of platinum and cobalt under high pressure have a good similarity with the experimental data given for comparison. This demonstrates that the proposed theoretical computational model can be applied to study the melting properties of other metals under high pressure conditions.

Keywords: *Melting temperature, platinum, cobalt, high pressure, Grüneisen parameter, Lindemann melting conditions.*

* Ngày nộp bài: 23/04/2025; Ngày gửi phản biện: 25/04/2025; Ngày duyệt đăng: 28/02/2026