



ELEMENTOS QUE GENERAN IMPERFECCIONES EN LOS DIAMANTES

Margarita Clarisaila Crisóstomo Reyes
Instituto Politécnico Nacional – CECyT 8
mcrisostomo@ipn.mx

Ruth Álvarez Feregrino
Instituto Politécnico Nacional – CECyT 2
ralvarezf@ipn.mx

Jacqueline Rebollo Paz
Instituto Politécnico Nacional – CECyT 10
jrebollo@ipn.mx

Resumen

El estudio de los diamantes abarca su formación, estructura y las características que llevan a su clasificación y coloración. Científicamente, los diamantes son formas de carbono cristalizado, creados bajo condiciones extremas de presión y temperatura en las profundidades de la Tierra. La clasificación de los diamantes se basa en las impurezas presentes, especialmente el nitrógeno y el boro. Estas impurezas y defectos en la red cristalina influyen en la coloración de los diamantes. Mientras que los diamantes puros son incoloros y altamente valorados, las impurezas como el nitrógeno y el boro pueden dar lugar a una variedad de colores, desde amarillos y marrones hasta azules y rosas. El color es un factor crucial en la valoración de los diamantes, tanto en términos de estética como de rareza y propiedades especiales como conductividad eléctrica. Este trabajo muestra algunos arreglos estructurales y la clasificación de los diamantes según el tipo de impureza.

Palabras clave: diamantes, clasificación, características, defectos estructurales, impurezas.

El diamante, conocido científicamente como un mineral compuesto de carbono cristalizado,

es una sustancia fascinante tanto por su estructura como por sus múltiples aplicaciones.

La cristalización del diamante implica que ha sido sometido a extremas condiciones de temperatura y presión durante millones de años, resultando en su característica forma cristalina. La formación de los diamantes data de hace más de 3 mil millones de años (Cape Town Diamond Museum, 2016). Se forman a profundidades de aproximadamente 140 a 190 kilómetros debajo de la superficie de la Tierra (Mat, 2023) (Geology page, 2020).

El diamante más perfecto desde un punto de vista cristalográfico y químicamente puro es transparente e incoloro y estos ejemplares son los más valiosos y raros. Sin embargo, la mayoría presentan ciertas impurezas o imperfecciones estructurales que alteran su color, pudiendo presentar tonalidades como amarillo, rojo, rosa, entre otros, ver Figura 1. Según el Instituto Gemológico de América (GIA), que es la autoridad líder en certificación de diamantes, estos se clasifican según su color en una escala alfabética que va desde la D (totalmente incoloro) hasta la Z (colores fuertemente pigmentados).



Figura 1. Diamantes de distintos colores (Color Diamond: Origin, Market and price of Natural vs. artificial, 2019c).

Además de su uso en joyería, los diamantes tienen aplicaciones importantes en la industria. Por ejemplo, debido a su dureza, se utilizan en herramientas de corte y perforación. En la

tecnología, los diamantes se emplean en la fabricación de componentes para dispositivos electrónicos, aprovechando su alta conductividad térmica y su resistencia a la abrasión (Chandler, 2020).

Estructura

Los diamantes están constituidos por átomos de carbono con hibridación sp^3 , cada átomo de carbono forma enlaces covalentes con cuatro carbonos vecinos, creando una estructura cristalina tetraédrica (Ramírez Solano, 2016), ver Figura 2. Esta estructura es extremadamente rígida y confiere al diamante su famosa dureza. Son buenos conductores del calor debida a las vibraciones de su arreglo atómico lo que permite una eficiente disipación del calor (Téllez B., 2010).

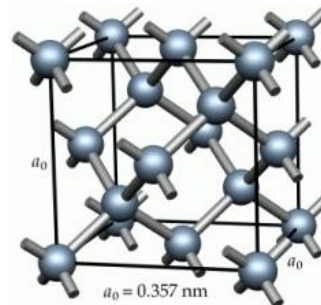


Figura 2. Estructura de diamante (Ramírez Solano, 2016).

Clasificación

Para clasificar a los diamantes se debe considerar su origen, las impurezas intersticiales y defectos estructurales. Un diamante puro está hecho solamente de átomos de carbono y dispuestos en un patrón repetitivo regular. Sin embargo, dentro de la red puede existir elementos como el nitrógeno y boro que reemplazan a algunos átomos de carbono. Estas imperfecciones causan una coloración en el



diamante. La clasificación se basa en la presencia o ausencia de impurezas de nitrógeno y boro y su arreglo en la estructura. Los diagramas bidimensionales que se muestran en la Figura 3, muestran el tipo de imperfecciones o los dopajes que existen al cambiar un átomo de carbono de la estructura original por un átomo de nitrógeno o boro (Breeding & Shigley, 2009).

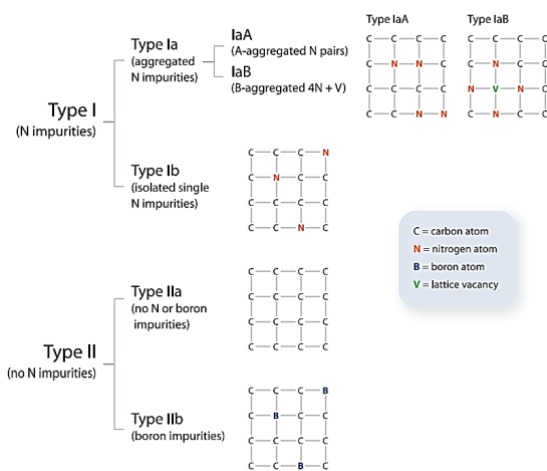


Figura 3. Clasificación de los tipos de diamante basada en la presencia o ausencia de impurezas de nitrógeno y boro en la red cristalina del diamante (Breeding & Shigley, 2009).

El sistema de clasificación para los diamantes tipo I y II se fundamenta en las características de impurezas y las estructuras atómicas dentro de su red de carbono. Los diamantes del tipo IaA tienen impurezas de nitrógeno en agrupaciones de dos átomos contiguos, denominados agregados A o centros A, que están separados de otros nitrógenos en la estructura. Por otro lado, los diamantes tipo IaB poseen una formación distinta con cuatro átomos de nitrógeno rodeando un espacio vacío (un lugar en la red que normalmente es ocupado por un átomo de carbono pero que está vacío).

Esta configuración es el resultado de la fusión de dos centros A y se les llama agregados B o centros B.

En cuanto a los diamantes tipo II, se categorizan en IIa y IIb. Los del tipo IIa carecen de impurezas detectables de nitrógeno o boro, mientras que los del tipo IIb, a pesar de no tener nitrógeno detectable, incluyen impurezas de boro. Estas impurezas, generalmente átomos individuales que sustituyen al carbono en la red, confieren a los diamantes tipo IIb cualidades como la conductividad eléctrica.

La clasificación de un diamante está intrínsecamente relacionada con su color original, el color modificado por tratamientos y los métodos de síntesis, ver Figura 4. Las impurezas en el diamante determinan los tipos de defectos que se forman naturalmente en la red y cómo estos evolucionan durante los procesos de crecimiento sintético o tratamientos.



Figura 4. Diamantes naturales, sintéticos y tratados. Fotos: GIA staff

Conclusiones

Los diamantes son minerales extraordinarios que ofrecen un fascinante estudio en términos de su formación, estructura y propiedades únicas. Su proceso de formación natural bajo extremas condiciones de presión y temperatura



en el manto terrestre resulta en una estructura cristalina tetraédrica distintiva que otorga a los diamantes su notable dureza y alta conductividad térmica. La presencia y disposición de impurezas como el nitrógeno y el boro son fundamentales en la clasificación de los diamantes, divididos en tipos Ia, Ib, IIa, y IIb, cada uno con características específicas y distintas.

El color de los diamantes, que varía desde incoloro hasta una gama de tonos vívidos, es una consecuencia directa de estas impurezas y defectos estructurales.

El estudio de los diamantes tiene implicaciones importantes en diversas aplicaciones industriales y tecnológicas, aprovechando sus propiedades excepcionales. Algunas de sus características abren posibilidades en la innovación tecnológica.

Referencias

Breeding, C. M., & Shigley, J. E. (2009). The “type” classification system of diamonds and its importance in gemology. <https://www.gia.edu>. <https://www.gia.edu/doc/type-classification-system-of-diamonds-SU09.pdf>

Cape Town Diamond Museum. (2016, 22 diciembre). How diamonds are formed | Cape Town Diamond Museum. <https://www.capetowndiamondmuseum.org/about-diamonds/formation-of-diamonds/#:~:text=Diamonds%20were%20formed%20over%203,the%20surface%20of%20the%20Earth>

Chandler, D. L. (2020, 5 octubre). Normally an insulator, diamond becomes a metallic conductor

when subjected to large strain in a new theoretical model. <https://phys.org/>. <https://phys.org/news/2020-10-scientists-electrifying-diamond.html>

Color Diamond: Origin, Market and price of Natural vs. artificial. (2019c, febrero 21). Recuperado de <https://www.indiamants.com/en/news/diamond/color-diamond-natural-or-artificial-origin.html,070>

Geology, page. (2020, 1 agosto). How diamonds are formed. Geology Page. <https://www.geologypage.com/2016/06/how-diamonds-are-formed.html#:~:text=Most%20natural%20diamonds%20are%20formed,the%20age%20of%20the%20Earth>

King, H. M. (s. f.). Diamond: a gem mineral with properties for industrial use. <https://geology.com/minerals/diamond.shtml#:~:text=Industrial%20diamonds%20are%20mostly%20used,gemstones%20are%20not%20as%20important>.

Mat, M. (2023, 25 septiembre). Diamond. Geology Science. <https://geologyscience.com/minerals/diamond/>

Ramírez Solano, J. (2016). Aplicación de Nanoalambres de Diamante a las Nuevas Tecnologías en Comunicaciones y Electrónica [Tesis de licenciatura]. Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhucán.

Téllez B., F. (2010, marzo). La estructura de los diamantes. Ciencia y Desarrollo, artículos. <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/241/Articulos/Diamantes/Diamantes2.html>