

Caracterización óptica de la superficie de los aceros inoxidable destinados a edificación

Eduardo Blanco y Juan María González-Leal

Departamento de Física de la Materia Condensada. Facultad de Ciencias.

Universidad de Cádiz. 11510 – Puerto Real (Cádiz).

La incorporación del acero inoxidable en el exterior de las construcciones se ha convertido en un elemento vanguardista que identifica a aquellas edificaciones que quieren marcar ciertas referencias en el mundo arquitectónico.

Aunque históricamente el acero inoxidable ha sido un material poco utilizado en este ámbito, ya que su coste es algo mayor que el de los metales convencionales utilizados en la construcción, sí se le reconoce como un material con un tremendo valor en términos de durabilidad y bajo mantenimiento.

Además, se podrían añadir razones de carácter ambiental y de ahorro energético que también justificarían su uso en el recubrimiento de edificios. La delgada e invisible capa de óxido de cromo que se desarrolla naturalmente en la superficie del acero inoxidable, la convierte en un reflector térmico y solar casi perfecto. Esto se traduce en que su uso en fachadas y tejados permite un ahorro de energía en los sistemas de climatización, tanto en climas cálidos como fríos. Igualmente, reducen el conocido como efecto de isla

de calor en entornos urbanos, así como contribuyen a mitigar el cambio climático, no solamente por la reducción de la energía necesaria tanto para calentar como para enfriar los edificios, sino también por la eficiencia con la que el acero inoxidable refleja la luz, sin producir radiación térmica infrarroja, lo que devuelve la energía solar al espacio sin la componente responsable del calentamiento global.

No hay que olvidar tampoco el importante factor estético que el uso de acabados de inoxidable aporta a las edificaciones. El lustre y brillo, que en formas más o menos curvas, aportan al exterior de los edificios añaden un atractivo único al empleo de este material.

Sin embargo, su uso no está libre de controversias por el impacto que puede tener en el entorno circundante, especialmente cuando va acompañado del empleo de superficies curvas cóncavas, llegando a inducir sobrecalentamientos puntuales significativos en edificios y espacios circundantes. A este efecto hay que añadir el deslumbramiento que el reflejo del sol, o de otras

fuentes luminosas, en estas superficies puede provocar a conductores y personas que transiten o vivan en dicho entorno.

La incorporación de micro-texturas en el acabado del acero inoxidable puede mitigar estos efectos no deseados, transformando la reflexión puramente especular, con un único ángulo de reflexión, propia del acero inoxidable altamente pulido, a una reflexión difusa, donde la intensidad reflejada se distribuye entre múltiples direcciones.

Aunque los estudios energéticos han determinado que el uso de micro-texturas en el acabado no menoscaba las ventajas del acero inoxidable en relación con el rendimiento energético, su innegable impacto visual es un factor muy importante a considerar. El grado y extensión de estas micro-texturas van a condicionar el balance entre reflexión especular y reflexión difusa de un determinado acabado del inoxidable, y, por tanto, entre el aspecto satinado o mate de la superficie de la edificación.

Para la ponderación de estos factores se hace necesario que, para la caracterización de los aceros inoxidable destinados a edificación, se introduzca un parámetro cuantitativo que de cuenta de dicho balance. De esta manera, los técnicos en edificación, pueden disponer de un criterio objetivo, ante la toma de decisiones, sobre las características reflectoras buscadas para el recubrimiento en acero inoxidable de una determinada edificación.

NORMATIVA

Europa no dispone aún de normas específicas para cuantificar las propiedades ópticas de los aceros inoxidables. No obstante, encontramos un acercamiento creciente de los fachadistas a disponer de parámetros ópticos que les permitan conocer el comportamiento de un acabado superficial de un acero inoxidable. Lo más cercano en cuanto a normativa lo encontramos en la British Standard del Reino Unido, en su norma "Light reflectance value (LRV) of a surface – Method of test", BS 8493:2008+A1:2010. Esta norma, como se indica en su introducción, surge por la necesidad de cuantificar el contraste óptico de superficies, para garantizar una visibilidad y legibilidad adecuada de texto o pictogramas, a personas con algún grado de discapacidad visual.

VALOR DE REFLECTANCIA DE LA LUZ (LRV)

El parámetro LRV al que se hace referencia en la norma es un indicador de la cantidad de luz que percibe una persona al ser reflejada por una superficie. Este parámetro, que en castellano podemos llamar valor de reflectancia luminosa, está definido en la norma CIE 15:2004 sobre colorimetría, de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

Es importante tener en cuenta que en la observación de cualquier superficie por una persona, utilizando el sentido de la vista, la percepción visual se verá influida por la fuente de luz empleada y la sensibilidad a la luz visible del ojo del observador. Por tanto, no será igual la percepción usando luz artificial o natural, o en este caso, si es al amanecer, al mediodía o al atardecer. Y de la misma manera, la percepción no será la misma para un ojo con alguna limitación en su sensibilidad o un ojo sano, y en este caso, la sensibilidad no será la misma a medio día (visión fotópica), al amanecer o al atardecer (visión mesotópica), o por la noche (visión escotópica).

Así, en la definición del parámetro LRV, se considera que la iluminación corresponde al iluminante estándar D65, cuyo espectro describe las condiciones medias de iluminación al mediodía en Europa Occidental, y se considera, igualmente, un observador con una sensibilidad estándar en su percepción de los colores. Bajo estas condiciones de medida

se establece el parámetro LRV, que en la mencionada norma CIE 15:2004 aparece referido como el valor Y10 de la terna de valores triestímulos, los cuales modelan cómo el ojo humano percibe los colores primarios rojo, verde y azul.

Las especificaciones tanto del equipamiento como de las condiciones de medida, para la determinación del parámetro LRV, vienen establecidas en la norma CIE 130:1998, en la que se indica la relación entre el ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie y la recolección de la luz reflejada empleando una esfera

A la vista de lo anterior, se infiere que un acero inoxidable con un valor alto del parámetro LRV tendría una superficie clara, mientras que un valor bajo indica que su superficie sería más oscura.

De forma adicional, si observamos valores similares en el parámetro LRV, en ambas geometrías ópticas, es decir, tanto con la luz especular incluida (di) como excluida (de), nos indica que se trata de una superficie mate. Si los valores de LRV son diferentes, entonces se trataría de una muestra brillante; tanto más



Probetas de inoxidable suministradas por ACERINOX, S.A.: Izqda. 01VASP (Ac.22) con LRV (di) 57,868 y (de) 55,450; Drcha. 03V3MCB (Ac.71) con LRV (di) 56,384 y (de) 10,521.

integradora. La geometría de medida permite discriminar entre la luz reflejada de forma especular o de forma difusa. Esto es de interés, como se ha comentado anteriormente, para caracterizar el comportamiento de una superficie respecto a su acabado satinado o mate, respectivamente. En particular, la norma CIE 130:1998 establece las geometrías 8°/di (especular incluida) y 8°/de (especular excluida), así como sus complementarias di/8° y de/8°, para la colorimetría de superficies a partir de medidas de reflexión óptica.

brillante, cuanto mayor sea la diferencia entre los valores de LRV.

Todo lo anterior ilustra la utilidad del parámetro LRV a la hora de cuantificar el contraste óptico entre superficies, así como para tener un indicador objetivo de la claridad de una superficie. Sin embargo, la reflexión de la luz por una superficie es un proceso complejo, que en el caso de LRV está simplemente promediado y se queda solo en la integración de la energía de la radiación reflejada, pero nada dice sobre cómo se distribuye espacialmente esta luz reflejada.

Como ya hemos adelantado en párrafos anteriores, la luz reflejada por una superficie puede tener una componente especular, que cumple la ley de la reflexión, y una componente difusa, relacionada con la rugosidad o texturizado superficial. La reflexión difusa presenta una distribución

angular fuertemente relacionada con la rugosidad o texturizado superficial. En ciertos casos, si el texturizado presenta algún patrón periódico, con un espaciado del orden a la longitud de onda de la radiación visible, se pueden observar fenómenos de difracción óptica.

REFLECTANCIA BIDIRECCIONAL

Si quisiéramos modelar de forma rigurosa el comportamiento de la luz que incide sobre una superficie de un acabado concreto de acero inoxidable, para por ejemplo, incluirlo en el renderizado de una infografía de un proyecto que incluya este material en una fachada, no podemos limitarnos a usar simplemente el valor de LRV y asumir que la distribución de la componente de la luz difusa es isótropa, sino que necesitamos conocer cómo es esta distribución angular de forma exacta. Los errores en las aproximaciones serán más patentes en el caso de superficies altamente texturadas o rugosas y a altos ángulos de incidencia y/o observación.

La medida necesaria para caracterizar completamente la reflexión de la luz por una superficie de forma exacta se conoce como reflectancia bidireccional. El referirse a ella como bidireccional es por el hecho de que es una función que depende tanto de la dirección de incidencia de la radiación sobre la superficie como de la dirección del observador. Esta geometría se considera en el sistema de coordenadas con el que se aborda estos estudios y que se ilustra en la figura 1.

La función de distribución de la reflectancia bidireccional (BRDF), construida a partir de estas medidas, sería la función que permitiría para una posición dada de la fuente luminosa sobre una superficie y una posición también dada para el observador, conocer qué intensidad luminosa estaría alcanzando al observador. Sería una función de 4 variables, en tanto que sobre el sistema de referencia anterior, se necesitan 2 ángulos para caracterizar la posición de la fuente, y 2 ángulos para la posición del observador.

La BRDF nos daría también información sobre dónde encontraríamos una mayor concentración de radiación luminosa alrededor de esa superficie, por si por ejemplo, se tratara de fachadas o cubiertas que pudieran producir efectos de concentración de la radiación solar en los alrededores del edificio.

Remitimos al lector interesado en profundizar en los detalles de medida y modelado de

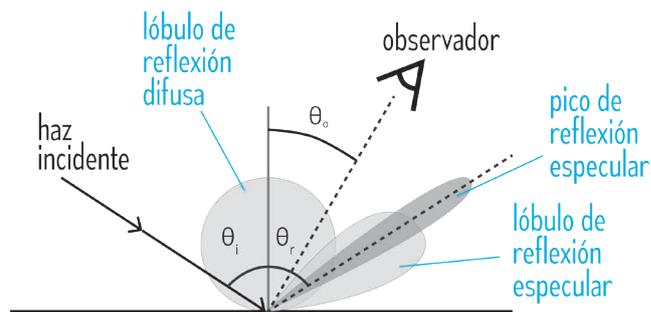


Figura 1: Esquema ilustrativo del efecto de la rugosidad en la distribución espacial de la intensidad de la luz reflejada sobre una superficie.

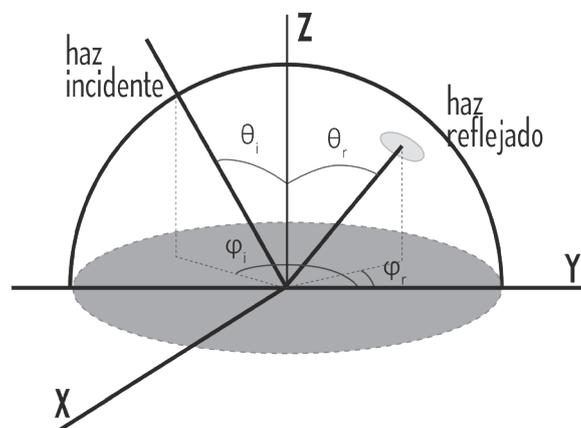


Figura 2: Ilustración del marco de referencia empleado para la medida de la reflectancia bidireccional.

la BRDF a la literatura que puede encontrar en revistas especializadas. No obstante, no queremos finalizar el artículo sin destacar que el Servicio de fotometría y radiometría de la Universidad de Cádiz trabaja con Acerinox Europa en la caracterización óptica de sus acabados de aceros inoxidables destinados a fachadas y elementos constructivos visibles, y colabora en tareas de I+D+i para el desarrollo de técnicas ópticas singulares para la caracterización óptica de sus productos.