

La curva inferior de la **Fig. 9.9** muestra la resistencia a la fatiga de una probeta sometida a torsión alternativa. Dado que el fenómeno de fatiga está relacionado con la existencia de zonas del material con deformación plástica localizada y dado que la fluencia en materiales dúctiles está determinada por el criterio de Von-Mises, resulta natural esperar alguna relación entre este criterio y la resistencia a la fatiga bajo condiciones de carga biaxial, incluyendo torsión. Esta relación se muestra en la **Fig. 9.10**, (que no es otra cosa que la elipse de Von-Mises en la que se ha reemplazado la tensión de fluencia por S_n), de la que se deduce que el límite de fatiga en torsión alternativa ($\sigma_1 = -\sigma_2$), es $S_n = 0.58 S'_n$. Esto puede ser tenido en cuenta alternativamente, adoptando un *Factor de Carga* $C_L = 0.58$ para el caso de torsión. Dado que los gradientes de tensiones presentes en torsión son similares a los de flexión, no resulta inesperado que como en flexión, la resistencia a la fatiga en torsión para 10^3 ciclos sea $0.9 S_{uS}$, donde S_{uS} es la resistencia última en corte. En el caso de no disponer del valor de S_{uS} , puede utilizarse la siguiente relación empírica para aceros: $S_{uS} = 0.8 S_u$.

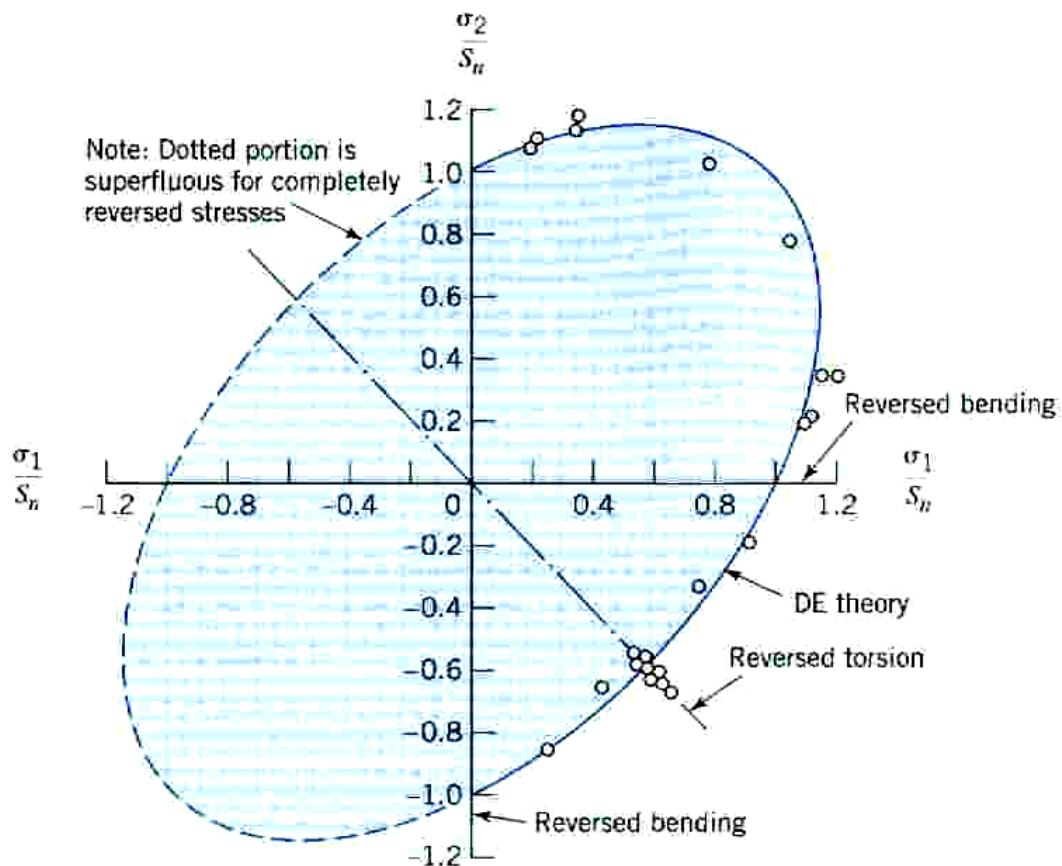


Fig. 9.10 Curva $\sigma_1 - \sigma_2$ para tensión alternativa en materiales dúctiles.

9.6 Influencia de la condición superficial y del tamaño sobre la resistencia a la fatiga.

Hasta aquí hemos asumido que las curvas de Wöhler corresponden a probetas con superficies pulidas de manera de no incorporar defectos superficiales que pudiesen representar concentradores de tensión. Sin embargo la condición superficial de la mayoría de las piezas de producción es tal que es necesario en general considerar que tales superficies incluyen pequeñas discontinuidades que representan puntos de mayor vulnerabilidad a la fatiga. Para tener en cuenta esta circunstancia se suele afectar la resistencia a la fatiga del material (correspondiente a la probeta pulida), por un *Factor de Condición Superficial* C_S . De esta manera, el límite de fatiga de una pieza con una dado factor de superficie C_S , estará dado por el producto del límite de fatiga de la probeta pulida multiplicada por C_S . Los valores de C_S correspondientes a distintas condiciones superficiales para aceros en función de la resistencia a la tracción están indicados en la **Fig. 9.11**.

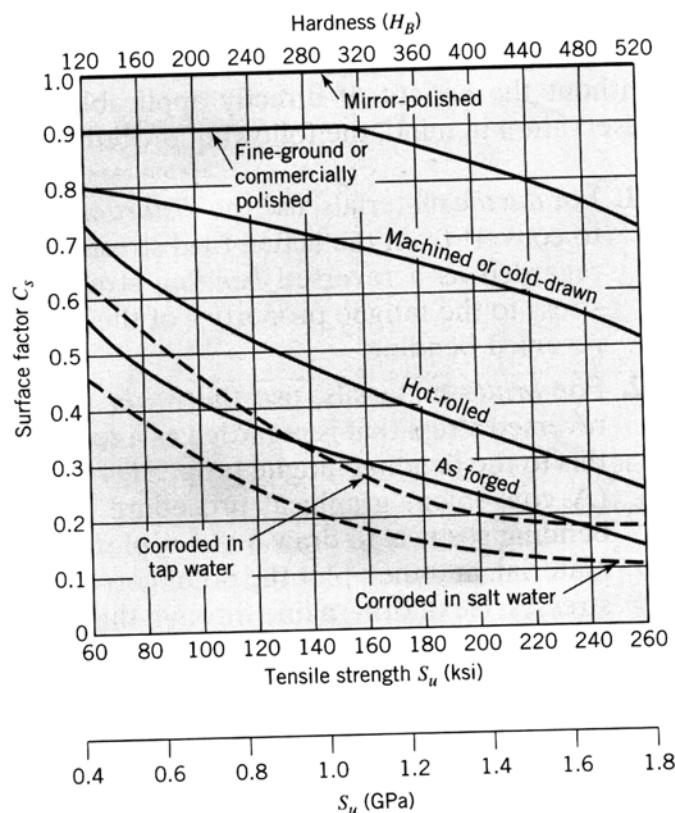


Fig. 9. 11 Factores de condición superficial para aceros

Es importante destacar que al modificar la curva de Wöhler correspondiente a la probeta pulida para incluir la condición superficial, se suele afectar por C_S sólo el

límite de fatiga, ya que para 10^3 ciclos el estado de la superficie tiene una influencia despreciable sobre la resistencia a la fatiga.

Otro aspecto que es necesario incorporar en el cálculo de la resistencia a la fatiga de una pieza es el denominado *efecto de tamaño*. Ya hemos visto que se verifica experimentalmente que el gradiente de tensiones en la sección tiene influencia sobre la resistencia a la fatiga de una pieza o probeta sujeta a flexión o torsión alternativa. Sin embargo, una gran cantidad de datos experimentales muestra que si el diámetro de la pieza o probeta es superior a aproximadamente 10 mm, los beneficios del gradiente de tensiones desaparece. De manera que en piezas de diámetro superior a los 10 mm sujetas a flexión o torsión alternativa, el factor de gradiente de tensiones C_G debe ser 0.9 al igual que en piezas sometidas a tracción alternativa. Si el diámetro es de 10 mm o menor, se adopta $C_G = 1$. Si la pieza es de sección no circular, el valor del radio es reemplazado por la distancia desde el eje neutro a la fibra superficial.

9.7 Efecto de la concentración de tensiones.

Ya hemos visto que el efecto de la presencia de un concentrador de tensiones sobre la resistencia a la fatiga puede tenerse en cuenta mediante un factor efectivo de entalla a la fatiga K_f que según (9.19) puede escribirse como

$$K_f = 1 + (K_t - 1)q \quad (9.26)$$

Los valores del factor de sensibilidad a la entalla q dependen del material y de la geometría como se muestra en la Fig. 9.12.

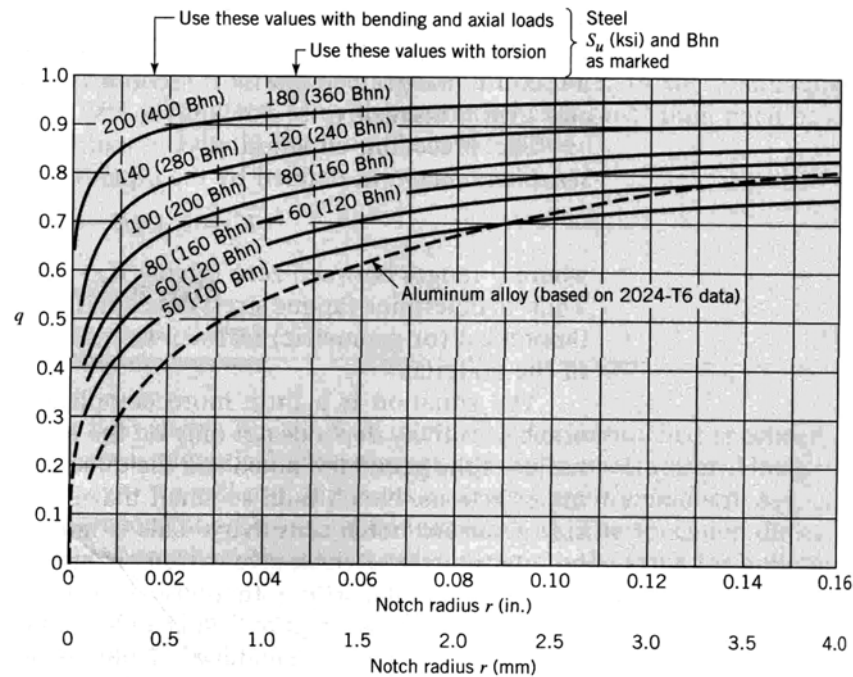


Fig. 9.12 Factor de sensibilidad a la entalla

Ya hemos indicado que para fatiga controlada por tensión (alto ciclo), se suele adoptar el criterio de multiplicar por K_f sólo el límite de fatiga y dejar inalterada la resistencia a la fatiga para bajos ciclos. Si bien este criterio es en general adecuado para materiales dúctiles de baja y media resistencia (acero, aluminio, magnesio, etc.), en el caso de aleaciones de alta resistencia de estos mismos materiales, existe evidencia experimental que sugiere que el efecto de entalla es el mismo a alto ciclos que a bajos ciclos.

La **Fig. 9.13** muestra valores del factor teórico elástico de concentración de tensiones K_t para algunas situaciones frecuentes en la práctica.

Es importante destacar que las consideraciones anteriores son aplicables a situaciones en las cuales el fenómeno de fatiga está esencialmente controlado por tensión, es decir condiciones de fatiga de alto ciclo. En los casos en el vértice del concentrador exista una deformación plástica importante, nos encontramos frente a una situación de fatiga de bajo ciclo donde el fenómeno se encuentra controlado por deformación y por lo tanto es necesario recurrir al método de la deformación local para la estimación de la resistencia a la fatiga.

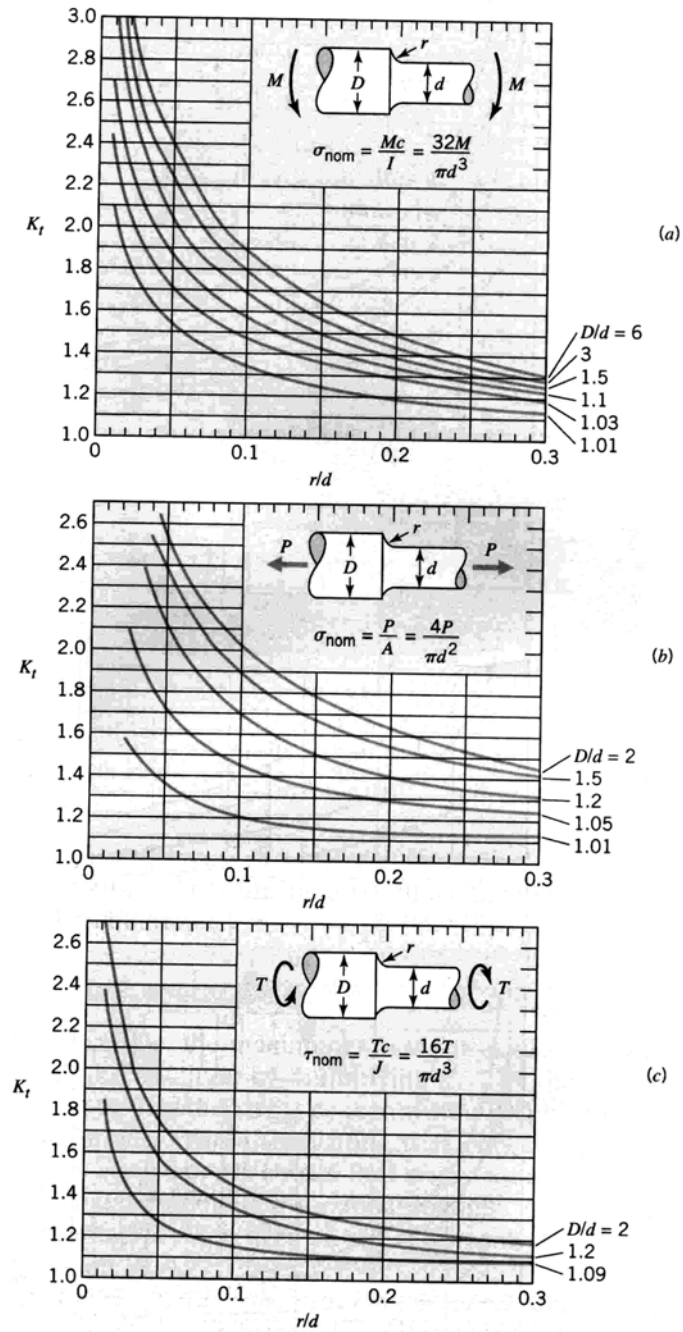


Fig. 9.13 Factor de concentración de tensiones para transición de diámetros en flexión (a), carga axial (b) y torsión (c).