

Modificación de las propiedades de las piezas por tratamiento QPQ

Resistencia a la corrosión

Para determinar la resistencia a la corrosión de probetas y piezas se sometieron a la prueba (DIN 50 021) de salpicadura de agua con sal y a la prueba de inmersión (DIN 50 905/ Parte 4).

Para la prueba de salpicadura con sal las probetas fueron introducidas a una cámara salina donde fueron bañadas con una solución salina. Bajo supervisión continua se determina el tiempo en que aparece el primer signo de corrosión. La prueba más sencilla se lleva a cabo con una solución al 5% de sal de cocina a una temperatura de 35°C. Esta prueba se identifica en la norma con la abreviación SS. Condiciones más difíciles se llevan a cabo con la prueba ESS, donde la solución es además cambiada por ácido acético. Las condiciones son aún más agresivas con la prueba CASS, donde además junto al ácido acético es alimentado cloruro de cobre y la temperatura es elevada a 50°C.

En la Fig. 8 se pueden observar los resultados de una prueba en cámara salina según DIN 50 021 de vástagos de acero 1035 recubiertas con cromo duro o nitruradas bajo el proceso TENIFER. Los vástagos fueron pulidos después de ser templados por inducción y posteriormente fueron recubiertos con una película de 15-20 µm de cromo duro o 90 minutos nitrurados, para alcanzar una capa de unión de 15-20 µm. Para los vástagos nitrurados se analizaron diferentes variantes como nitrurado con baño de enfriamiento oxidante con y sin pulido intermedio así como proceso QPQ.

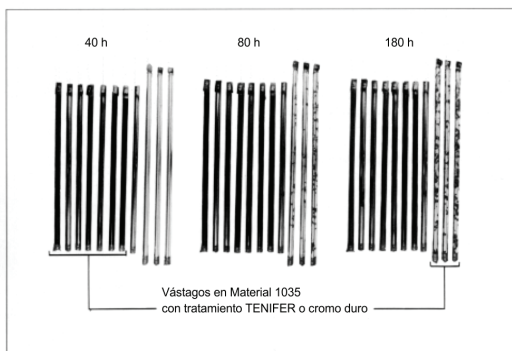


Fig. 8: Comparación de la resistencia a la corrosión de pernos en Material 1035 después del nitrurado o cromo duro en una prueba de salpicadura de sal según DIN 50021 SS

Después de 40 horas en la cámara salina aparecieron los primeros puntos de corrosión en los vástagos cromados. La corrosión estaba casi generalizada después de 80 horas, y después de 180 horas presentaba un ataque muy fuerte de corrosión. En cambio todos los vástagos nitrurados no presentaban ningún punto de corrosión después de 40 horas, y después de 180 horas

los vástagos tratados con QPQ no presentaban ningún signo de corrosión, mientras que en las otras variantes del nitrurado solo presentaban algunos puntos de corrosión.

La prueba mas dura de corrosión según DIN 50021 es la prueba CASS. Los resultados de prueba de vástagos tratados con el proceso QPQ contra vástagos con una capa de 10-12 µm y 30-35 µm de cromo duro se muestran en la Fig. 9. Las pruebas fueron llevadas a cabo por el Instituto de Prueba de Materiales en Darmstadt. Se puede reconocer una mejor resistencia a la corrosión con el proceso QPQ que con el cromo duro. Con el cromo duro no se encontró ninguna diferencia para una capa de 10-12 µm y 30-35 µm.

Después de 8 horas de prueba las piezas cromadas presentaban corrosión en toda el área de prueba. Las piezas tratadas con QPQ mostraban en cambio después de 16 horas de prueba una ligera corrosión de aprox. 10%.

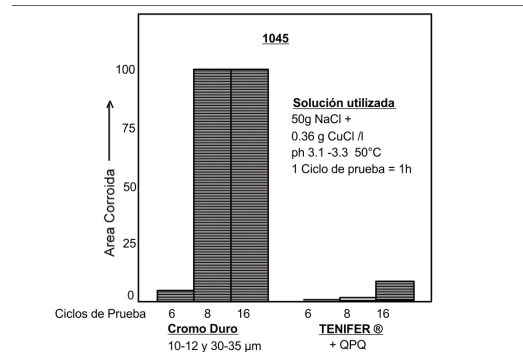


Fig. 9: Prueba salina según DIN 50021 CASS en vástagos cromados o con tratamiento QPQ.

La Fig. 10 muestra la rugosidad y la resistencia a la corrosión de piezas en diferentes pasos del proceso QPQ. En piezas rectificadas se observó una rugosidad de $R_m = 2.5 \mu m$. Después del nitrurado aumenta la rugosidad a un valor de $R_m = 5 \mu m$. Por medio del pulido la rugosidad se reduce a $1 \mu m$ y no se modifica durante el proceso de oxidación posterior en el baño de enfriamiento. La gráfica inferior nos muestra la resistencia a la corrosión según la prueba SS en horas. En la pieza rectificada se presentó corrosión después de poco tiempo. Después de nitrurar la pieza 90 minutos con enfriamiento posterior en baño salino la resistencia a la corrosión está por arriba de las 200 horas. Con el pulido baja la resistencia a la corrosión a 120 horas, y después del tratamiento en el baño de enfriamiento (25 minutos a 370 °C) aumenta la resistencia a la corrosión por arriba de las 200 horas.

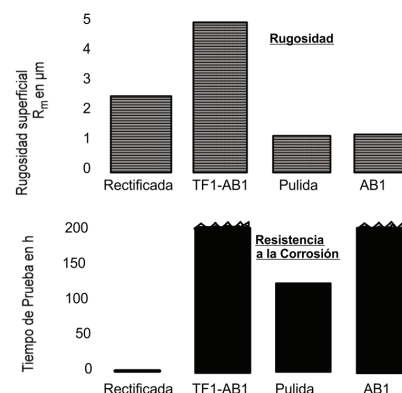


Fig. 10: Rugosidad y resistencia a la corrosión (DIN 50021) de probetas en 1045 para diferentes procesos.

Trabajo intermedio en el QPQ

Para disminuir la rugosidad superficial después del nitrurado y el enfriamiento en baño salino, pueden utilizarse diferentes procedimientos para el trabajo intermedio:

- Lapeado con lija con tamaño de grano de 360 o más fina.
- Pulido con discos especiales plásticos
- Pulido en vibradores
- Lapeado con chorro de perlas de vidrio con un diámetro de 40-70 μm .

Las mejores calidades superficiales se obtienen con el lapeado o pulido con disco. Con este proceso intermedio se alcanzan rugosidades de $R_m = 0.6-1.2 \mu\text{m}$. Con el pulido en vibradores se pueden alcanzar rugosidades de $R_m = 1.5 \mu\text{m}$ y con chorro de perlas de vidrio de $R_m = 2-2.5 \mu\text{m}$.

En las pruebas por inmersión (DIN 50905 parte 4) se utiliza una solución corrosiva de 3% de sal de mesa y 0.1% peróxido de hidrógeno (H_2O_2). La inmersión de la pieza en la solución se lleva a cabo libre de grasa en la superficie de la misma.

En la Fig. 11 se muestran los resultados comparativos de probetas con diferentes procesos superficiales en un acero 1045 bonificado después de 2 semanas de prueba. En la primera hilera se encuentra la probeta con el proceso de nitrurado QPQ con una pérdida de peso promedio calculada por m^2 y 24 horas. Con una pérdida de peso de 34 g/m^2 se encuentra esta probeta significativamente mejor que las tratadas química o galvánicamente. Para una capa de $12 \mu\text{m}$ de cromo duro y también $45 \mu\text{m}$ de doble capa de cromo se alcanzó una pérdida de peso de 7 g/m^2 y fue 20 veces mayor a la pieza nitrurada. La pieza con un recubrimiento de $20 \mu\text{m}$ de níquel mostró una pérdida de peso de 2.9 g/m^2 . Únicamente la pieza con un recubrimiento triple de $37 \mu\text{m}$ de cobre así como $45 \mu\text{m}$ de níquel y $1.3 \mu\text{m}$ de cromo puede compararse con la pieza tratada con el proceso TENIFER.

Resultados de pruebas de inmersión según DIN 50905, Pieza 4
Medio: 3% NaCl 0.1 % H_2O_2
Material 1045

Capa o proceso	Pérdida de peso en g/m^2 por 24 h
90' TF1 \rightarrow 10' 350 °C AB1 \rightarrow Agua Pulido 20' 400 °C AB1 \rightarrow Agua	0.34
12 μm Cromo Duro	7.1
Doble cromado: 20 μm Suave 25 μm Duro	7.2
Níquel 20 μm , templado	2.9
Triplex: 37.0 μm Cobre 45.0 μm Nickel 1.3 μm Cromo	0.45

Fig. 11: Pruebas de inmersión (DIN 50905, Parte 4). Pérdida de peso para diferentes probetas en acero 1045 después de 2 semanas de inmersión.

Resistencia a la Fatiga

La difusión de nitrógeno aumenta la resistencia a la fatiga de las piezas. Influyen en la resistencia a la fatiga:

- La profundidad de la capa influida por el nitrógeno
 - El contenido de nitrógeno en la capa de difusión
 - Para aceros no aleados, el estado de solución del nitrógeno
- Además deben considerarse la forma de la pieza, la estructura y la dureza. Mientras que para aceros no aleados la velocidad de enfriamiento después de nitrurado influye en la resistencia a la fatiga, para aceros aleados no se ha observado ninguna influencia.

El aumento en la resistencia a la fatiga después de un tratamiento TENIFER de 1 a 2 horas es de un 100% tanto para aceros aleados como no aleados.

En este resumen se observó que en piezas cromadas la resistencia a la fatiga disminuyó. Lo mismo se aplica para el galvanizado. En cambio para el nitrurado aumenta la resistencia a la fatiga, aún tratándose de aceros no aleados enfriados en baño salino.

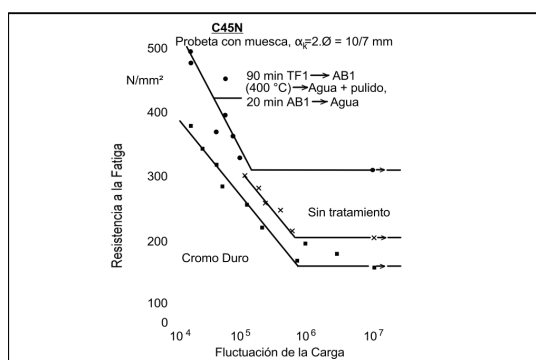


Fig. 15: Comparación de piezas nitruradas, cromadas y no tratadas sometidas a cargas alternas

En la Fig. 15 se ven los resultados de una prueba de probetas en material 1045. Después del proceso TENIFER se observó un aumento en la resistencia a la fatiga de un 50%. En cambio para el cromo duro se observó una reducción en la resistencia en la fatiga del 20%.

Contenido de oxígeno en la capa de unión después del proceso QPQ

Metalográficamente no se observa ninguna diferencia en la capa de unión entre una pieza enfriada en aceite, agua o baño salino.

Termitec, S.A. de C.V.

Lazaro Cárdenas 12
Col. Benito Juárez C.P. 07250
Tel. (01 55) 9173 0159
5367 3052
5367 3054

termitec@iserve.net.mx

Traducido del Folleto "TENIFER-QPQ-VERFAHREN" de durferrit® por EV (04/03/96).

Tenifer® es una marca registrada de Durferrit GmbH.
El proceso Tenifer® es conocido como Tuffride® en los países de habla inglesa y como Melonite® en los EUA.