

# Compresión de oxígeno a alta presión sin peligro

Walter Thalmann

Los procesos de gasificación, sobre todo en los tiempos modernos para las centrales térmicas, necesitan oxígeno a presiones cada vez mayores. En la actualidad, hay centrales que funcionan con presión final de 85 bar.

**M**uchos materiales, como hierro y acero, utilizados en la construcción clásica de máquinas, pueden quemarse intensamente en atmósfera de oxígeno cuando son fuertemente calentados. Ello puede conducir a enormes daños y, dado que en contadas ocasiones hay instaladas máquinas de reserva, provocar largas interrupciones de servicio. Por tal motivo, cuando se trate de instalaciones de oxígeno se requiere un cuidado especial al planificar, seleccionar el material y fabricar. Ello no solamente atañe al mismo compresor sino también a

accesorios tales como intercambiadores de calor, tuberías y valvulería.

Tras una serie de accidentes (en algunas ocasiones trágicos) con compresores de diversos productores, a principios de los 70 los principales fabricantes europeos y usuarios de turbocompresores de oxígeno, entre ellos Sulzer Turbo, se unieron en un Grupo de trabajo en el que se establecieron líneas directrices para la construcción y funcionamiento seguros de tales instalaciones, normas que, tras varias revisiones, se encuentran ya en su 5ª edición. Entretanto, el Grupo de trabajo se ha integrado en

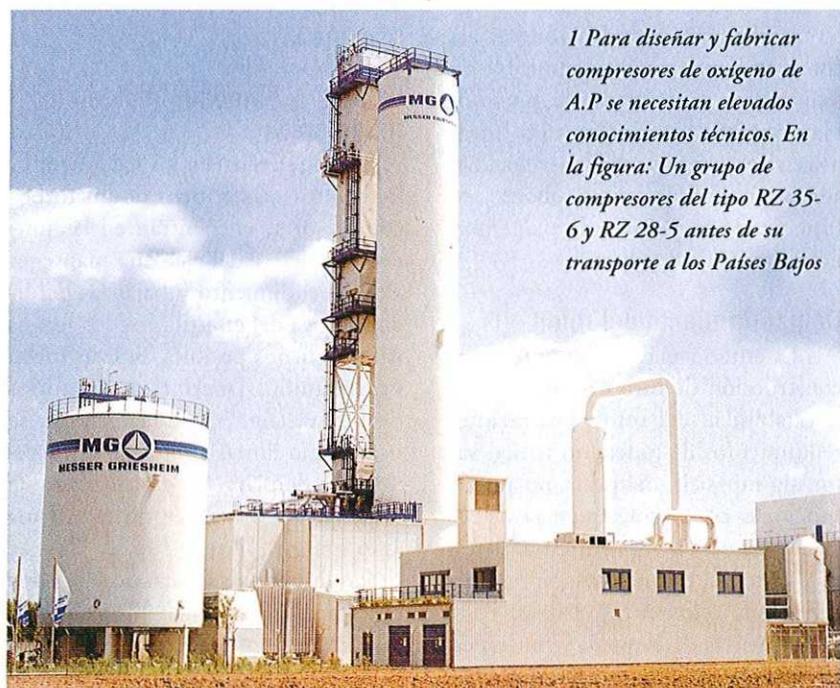
la "European Industrial Gas Association" (EIGA).

Sulzer goza de una larga tradición en la construcción de turbocompresores de oxígeno y hace ya muchos años que es uno de los líderes en este campo (fig. 1). La primera máquina de este tipo entró en funcionamiento en Noruega en 1929. Comprimía 13,5 toneladas de oxígeno por hora a una presión final de 2,9 bar. Como accionamiento servía una turbina hidráulica. Desde entonces, las exigencias han aumentado considerablemente y hoy se pide a los compresores de oxígeno que compriman más de 100 t/h y a presiones finales de hasta 85 bar.

## Pionero en la compresión

Sulzer Turbo no sólo domina estas exigencias sino que está en condiciones de suministrar soluciones para necesidades extraordinarias. Ya a principios de los 70, Air Liquide hizo el pedido de un compresor que, en un circuito experimental, comprimiera 360 toneladas de oxígeno por hora de 95 a 100 bar. A principios de los 80, Sulzer construyó junto a Air Products and Chemical Inc. en los EE.UU. una instalación de ensayos en la que se trabajaba con presiones de oxígeno de hasta más de 140 bar (fig. 2). Air Liquide y Air Products construyen instalaciones de separación de aire, en las que, a partir del aire, se obtiene no sólo oxígeno sino también nitrógeno y argón para su aprovechamiento industrial.

Desde principios de los 70, se han venido haciendo innumerables ensayos para aclarar el comportamiento de inflamación de diversas partes del compresor e investigar los



*1 Para diseñar y fabricar compresores de oxígeno de A.P se necesitan elevados conocimientos técnicos. En la figura: Un grupo de compresores del tipo RZ 35-6 y RZ 28-5 antes de su transporte a los Países Bajos*

materiales adecuados para la construcción de compresores de oxígeno. En ellos y con relación al desencadenamiento de incendios, se tomaron en consideración las causas siguientes:

- \* Fricción entre rotor y estator como consecuencia de las elevadas oscilaciones del eje o de avería del cojinete.

- \* Aumento de la temperatura del gas a causa de un movimiento de remolino en las zonas de corriente baja.

- \* Impacto de partículas de suciedad sobre las piezas en la corriente de gas.

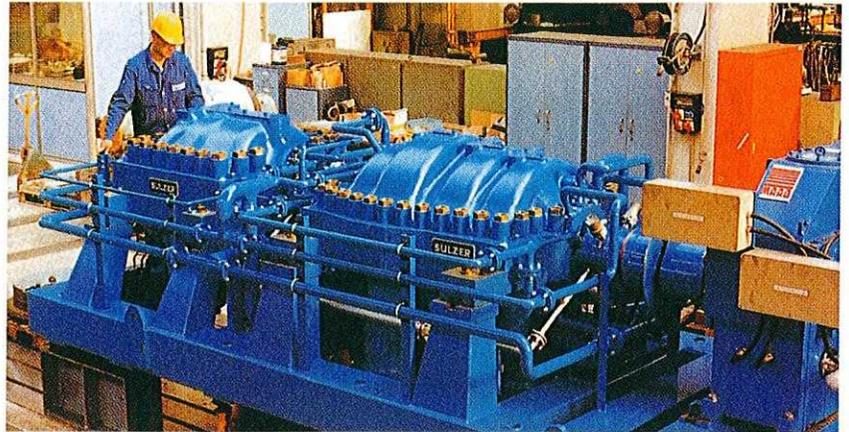
- \* Erosión de la superficie a causa de contaminaciones en la corriente de gas.

- \* Acumulación y autoinflamación de partículas orgánicas de suciedad en zonas de corriente muerta.

- \* Descargas electrostáticas.

Para estimar el potencial de peligro de tales estados de operación, con el paso de los años se llevaron a cabo innumerables ensayos, en parte con presiones de oxígeno de hasta 170 bar. Se investigaron las temperaturas de inflamación de diferentes materiales utilizados en la construcción de turbocompresores. Se llevaron a cabo pruebas de rozamiento con juntas de laberinto así como ensayos de impacto con partículas (residuos de soldadura, herrumbre), que pudieran ser arrastradas por la corriente de oxígeno. Mediante ensayos de fricción con diferentes materiales, se aclaró por un lado el comportamiento de inflamación y por otro el comportamiento de incendio de los materiales.

A partir de todos estos ensayos, pudieron establecerse directrices para la elección de materiales y el diseño de los compresores. A la vista de la destrucción que puede ocasionar un incendio de oxígeno, el enfoque empleado en la fabricación, con acento en la seguridad, está justificado y ha dado buenos resultados. Hace casi 20 años que ninguno de los turbocompresores de oxígeno Sulzer instalados en el mundo ha sufrido daños.



2. Con el compresor Demox se obtuvieron 145 bar, la mayor presión de oxígeno jamás alcanzada por un turbocompresor

Los turbocompresores para oxígeno se diferencian de las máquinas que comprimen otros gases esencialmente en los siguientes puntos:

- \* Juntas laberínticas para eje y álabes, con anillos de monel (aleaciones principalmente de Cu y Ni) y aplicaciones de juntas recubiertas de plata en el estátor.

- \* Rodetes y difusores de acero altamente aleado.

- \* Caja de compresor y piezas internas de fundición esferoidal.

- \* Cojinete de emergencia axial en cada caja de compresor.

- \* Puesta a tierra del eje.

Además de ello, frente a otros turbocompresores hay limitaciones en lo referente a la velocidad circunferencial máxima de los rodets así como en la temperatura admisible de oxígeno en función de la presión. Hay que añadir asimismo las líneas directrices para la máxima velocidad admisible de flujo en las tuberías, en función de la presión de oxígeno y del material de la tubería.

### Comportamiento del rotor

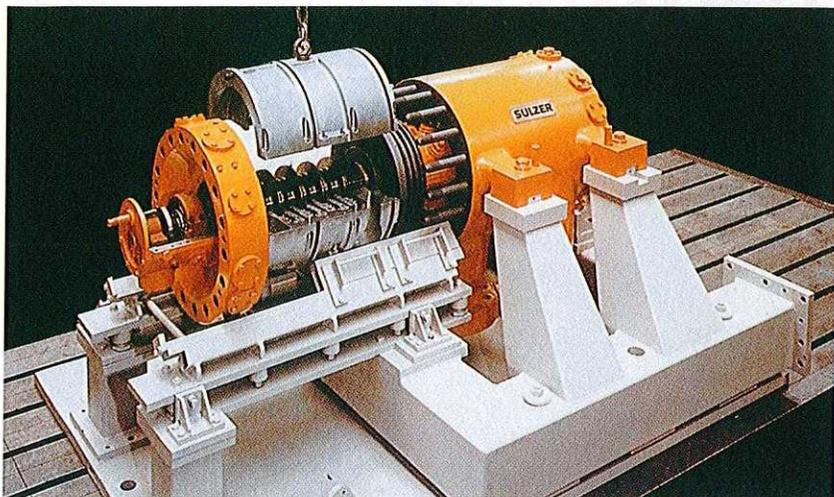
El criterio más importante en la construcción de turbocompresores es la estabilidad del rotor. Los mejores rendimientos de rodete no tienen valor alguno si la máquina no puede funcionar como consecuencia de oscilaciones del eje. El comportamiento mecánico del rotor tiene gran importancia en estos compresores. Si, a consecuencia de elevadas vibraciones, se produce un rozamiento del rotor

con el estátor, el peligro de incendio es muy grande. Por lo tanto, el pronóstico fiable del comportamiento del rotor, ya durante el diseño, es extraordinariamente importante. Las mejoras posteriores son a menudo muy costosas y demoran la entrada en funcionamiento del compresor.

Con independencia del gas a comprimir, cada máquina se examina en un amplio análisis lateral y de torsión acerca del comportamiento del rotor en servicio, al arrancar y disparar, así como en caso de desequilibrio. Sobre todo con presiones elevadas, se aclara también si son necesarias medidas tocantes al diseño para contrarrestar la excitación de las oscilaciones procedentes de las juntas laberínticas.

### La plata y el monel impiden la inflamación

Con referencia a los rozamientos, los puntos más críticos de un turbocompresor se encuentran en las juntas de rodete y del eje. Para mantener alto el rendimiento y bajas las pérdidas de gas, deben utilizarse los juegos más pequeños posibles. Sulzer Turbo utiliza anillos laberínticos giratorios de monel (fig. 3). En el estator, se usan como juntas anillos de cobre revestidos de plata. La elección de este material se debe a que no se inflama sino que primero se funde. De este modo, los anillos laberínticos pueden enterrarse en la capa de plata sin causar grandes daños. Como los anillos de monel no se desgastan en un inci-



3. En las juntas laberínticas se utilizan anillos de cobre recubiertos de plata. Los anillos laberínticos pueden enterrarse en la capa de plata, sin causar grandes daños

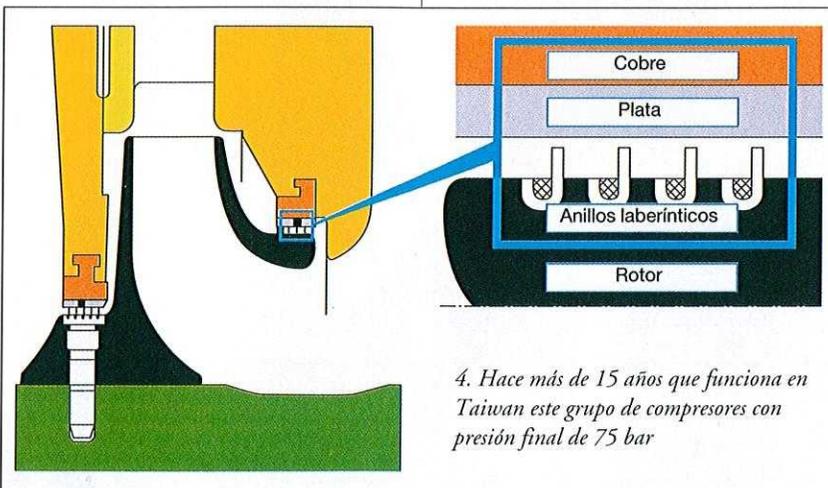
dente semejante, el juego laberíntico permanece ampliamente inalterado, sin que pueda afectar al rendimiento de la máquina.

Durante el proceso de fabricación, todas las piezas reciben un tratamiento especial para evitar posibles contaminaciones. Antes del montaje final (dado el caso tras una prueba de funcionamiento de fábrica) la máquina se desarma y cada pieza es limpiada en un local especial. Para el transporte, se cierran herméticamente todos los orificios y el interior de la caja es sometido a una ligera sobrepresión de nitrógeno.

### Tipos de caja

Para las cajas de compresor se utilizan dos tipos diferentes de cons-

trucción. Para presiones de hasta 75 bar se usan cajas con separación horizontal, para presiones finales más altas, los denominados compresores de tipo tubular, con división vertical.



4. Hace más de 15 años que funciona en Taiwan este grupo de compresores con presión final de 75 bar



Ambos tipos pueden construirse sin y con uno o dos pares de tubuladuras para la refrigeración intermedia externa.

5. Caja interior de uno de los dos compresores de oxígeno Sulzer Turbo utilizados en una central en Italia

El programa de turbocompresores para oxígeno cubre por el momento una gama de volumen de entrada de 3.000 m<sup>3</sup>/h a 100.000 m<sup>3</sup>/h. Con máquinas de una caja pueden alcanzarse relaciones de presión de aproximadamente 6 a 16; de dos cajas, hasta cerca de 70.

### Corriente a partir de residuos de petróleo

En una instalación de gasificación de residuos de petróleo de Taiwan funciona desde 1981 un grupo de compresores de Sulzer Turbo, que comprime 36 toneladas de oxígeno por hora de 1,8 a 75 bar. El grupo se compone de dos cajas separadas horizontalmente (fig. 4).

En 2000, entrará en funcionamiento una central eléctrica en el sur de Italia, en la que dos turbocompre-

sos comprimirán cada uno 75 toneladas de oxígeno por hora a 85 bar (fig. 5). En el proceso montado a continuación se gasificarán residuos de petróleo procedentes de una refinería con el oxígeno. El combustible así obtenido para la generación de corriente se quemará en una turbina de gas. Según la información del cliente, se cubrirá cerca del 2% de la demanda italiana de corriente.

En Italia y en EE.UU, se construyen actualmente otras instalaciones de dimensiones similares. ■