Development researchers have succeeded in raising power generation efficiency at power plants from 30 to approximately 45-50 per cent

High-temperature valves in modern high-performance power plants

In times of increasingly stringent requirements complying with environmental legislation and scarcity of raw materials, the effective and environmentally responsible handling of available resources becomes more and more important. This applies also to the area of power generation

صمامات درجة الحرارة العالية في مصانع الطاقة عالية الأداء

في حالات المتطلبات الصارمة بشكل متزايد والتي تتفق مع التشريعات البيئية وندرة المواد الخام، تصبح المعالجة الفعالة والمسئولة بيئيًا للموارد المتاحة أكثر أهمية. ويطبق ذلك أيضًا على مجال توليد الطاقة

With the continuous technological development of power plants, development researchers have succeeded in raising power generation efficiency at power plants from approximately 30 per cent to 45–50 per cent. This means cutting the CO2 emission roughly in half with the same amount of power produced. This remarkable increase in efficiency was essentially achieved by operating the power plant at higher pressures and temperatures.

Raising the steam parameters to temperatures up to 750°C and pressures up to 500bar at the same time requires the qualification and optimisation of suitable materials and power plant components to meet these demands. This also is also true when it comes to valves, which must be able to withstand extraordinary loads during the plant's lifespan of approximately 40-50 years.

في ظل التطور التقني المستمر لمصانع الطاقة، نجح باحثو التطوير في رفع كفاءة توليد الطاقة في مصانع الطاقة من حوالي 30 في المائة إلى 45-50 في المائة. ويعني ذلك تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى النصف تقريبًا مع إنتاج نفس القدر من الطاقة. وقد تم تحقيق هذه الزيادة الملحوظة في الفعالية بشكل أساسي عن طريق تشغيل مصنع الطاقة بدرجات حرارة وضغط أعلى.

إن رفع مقاييس البخار إلى درجات حرارة تصل إلى 750 درجة مئوية والضغط إلى 500 بار في الوقت ذاته يتطلب كفاءة واستخدامًا للمواد المناسبة وعناصر مصنع الطاقة لتفي بتلك المتطلبات. ويكون ذلك حقيقةً أيضًا عندما يتعلق الأمر بالصمامات، التي يجب أن تكون لديها القدرة على تحمل الضغوط غير العادية خلال عمر المصنع الذي يبلغ حوالي 50-40 عامًا.

متطلبات خاصة تتعلق بالصمامات

لضمان تشغيل الصمامات بشكل موثوق في البداية، يجب اختيار جميع المواد المناسبة. عادةً، يتم استخدام فولاذ يحتوي على نسبة 9 إلى 12 في المائة من الكروم لدرجات الحرارة التي تصل إلى 360 درجة مئوية (مثل مواد 1.4901 أو ASTM A182 من الدرجة F92). ويتم استخدام السبائك المعتمدة على النيكل فقط مثل2.4663 (سبيكة 617) لدرجات الحرارة التي تتجاوز 700 درجة مئوية. تلك السبائك تكون مكلفة للغاية، كما أن تشغيلها بالماكينات صعب ويتطلب معرفة فنية إنتاجية عالية للغاية.

لضمان أقصى حماية لعناصر مصنع الطاقة، يجب أن تفي متطلبات المواد بمواصفات طاقة محددة بالإضافة إلى متطلبات المعايير الأوروبية وVdTÜV (رابطة نوادي المراقبة الفنية).

عند إنشاء مصنع طاقة وإغلاقه، تتعرض عناصر الأنابيب وكذلك التركيبات إلى فروق عالية للغاية في درجة الحرارة. تعمل فروق درجات الحرارة هذه على إجهاد المواد ونتيجة للفرق في التمدد الحراري للعناصر فقد تتسبب في ضغوط غير مرغوب فيها. وهناك خطر آخر يتمثل في حقيقة أن ساق الصمام قد تتمدد بشكل أقل من جسم الصمام خلال مرحلة التسخين ونتيجة لذلك سترتفع حافة الصمام قليلاً عن مقعد الصمام مما يتسبب في تسرب داخلي.

ونتيجة لذلك، يجب الاهتمام بشكل خاص عند اختيار المواد الخاصة بعناصر الصمام لضمان أن تكون المواد المستخدمة لها نفس معاملات التمدد الحراري. ولمنع حافة الصمام من الارتفاع عند تغير درجة الحرارة، يوصى بتوليد قوة إغلاق حافة الصمام بواسطة مجموعة زنبرك، والتي ستعوض الفروق في التمدد الحراري.

وعلى الرغم من ذلك، ليس من الضروري أن تتحمل المواد المعدنية فقط في الصمام درجات الحرارة والضغط العالية للغاية ولكن يجب أيضًا أن تتحمل عناصر منع التسرب، خصوصًا الغلاف، الذي يغلق ساق الصمام ديناميكيًا في اتجاه الجو. ومن اللازم استخدام أغلفة الجرافيت هنا. إلا أن الجرافيت يبدأ في الأكسدة في وجود الأكسجين في الهواء بداية من درجة حرارة 550 درجة مئوية؛ الأمر الذي يؤدي إلى تحرك سدادة الساق إلى منطقة تكون درجات الحرارة بها أقل إلى حد كبير وبالتالي يتلاشى خطر الأكسدة، ولذلك يوصى بذلك. يمكن تحقيق ذلك عبر تمديد الغطاء واستخدام المزيد من أضلع التبريد.

وأخيرًا، يجب فحص وصلات اللحام بشكل دقيق. وتعتبر مواد درجة الحرارة العالية، خصوصًا تلك المشابهة لـ 1.4901 حساسة للغاية لتكون الشقوق الحرارية أثناء اللحام. حتى في حالة عدم وجود أي لحام في الصمام نفسه، يجب أن نضع في الاعتبار أنه عند لحام الصمام في مجموعة الأنبوب يجب أن يتعرض اللحام لعلاج حراري لاحق؛ ويحدث ذلك على مدى نصف ساعة على الأقل (وفقًا لحجم وصلة الالتئام) في درجة حرارة تصل إلى 750 درجة مئوية تقريبًا.

وتنطبق متطلبات عالية بشكل خاص على استخدام اللحام للوصلات التي يطلق عليها وصلات الأبيض وأسود والتي تستخدم بشكل متكرر في العملية الخاصة بواجهة الأدوات. ولتجنب الاضطرار إلى عمل وصلة اللحام في موقع العمال، يتم عمل هذه الوصلة الخاصة مسبقًا على صمام العزل الأولي، على سبيل المثال، عن طريق لحام قطعة قصيرة من الأنبوب مع المواد 1.4952 مع جسم الصمام من 1.4901. إن إنتاج أعمال اللحام كهذه يتطلب معرفة فنية شاملة باللحام وكذلك المعالجة الحرارية اللاحقة ويجب تأكيدها عن طريق ملف مهني لإجراءات اللحام.

مشروعات البحث والتطوير

لملاحظة واختبار مواد الأنابيب والغلايات المبتكرة بالغة القوة في ظل الظروف القهرية، تم إنشاء مشروعات البحث والتطوير منذ عدة سنوات.

إن الاستنتاجات التي تم التوصل إليها منذ ذلك الحين تم استخدامها في تطوير بعض العناصر مثل صمامات الحماية والتحكم والصمامات الكروية من النوع المزود بإبرة، والسدادات وأنظمة التغليف، والتي يمكن استخدامها بأسلوب موثوق واقتصادي حتى في درجات الحرارة التي تتجاوز 700 درجة مئوية.

أحد تلك المشروعات هو COMTES700 (اختصارًا لـ "منشأة اختبار العناصر لمصنع طاقة بدرجة حرارة 700 درجة مئوية"). بدأ المشروع في يوليو 2004 وقد تم تحقيقه من خلال التعاون الوثيق بين جهات تصنيع ومشغلي مصانع الطاقة الأوروبية. بعد تصنيع وتركيب العناصر بنجاح في مصنع طاقة شولفين، جيلزنكيرشن، ألمانيا، تم تشغيل مصنع الاختبار بدايةً من يوليو 2005 حتى ديسمبر 2011.

Special requirements concerning valves

To ensure the reliable operation of the valves at the onset, all the right materials must be selected. Normally, steels with 9 to 12 per cent of chromium are used for temperatures up to 630°C (e.g. material 1.4901 or ASTM A182 grade F92). Only nickel-based alloys such as 2.4663 (Alloy 617) are used for temperatures above 700°C. These alloys are very expensive, and their difficult machining requires extremely high production know-how.

To ensure top safety of the power plant components, the material requirements must meet specific power plant specifications in addition to those of the EN and VdTÜV standards.

When a power plant is started up and shut down, the piping components as well as the fittings are subjected to extremely high temperature differences. These temperature differences strain the materials and due to different thermal expansion of the components they may cause undesirable tensions. Another risk consists of the fact that the valve stem can expand less during the heating phase than the valve body and as a result the valve tip will slightly lift off the valve seat causing internal leaks.

As a result, special attention must be given when selecting materials for valve components to ensure that the materials used have the same thermal expansion coefficients. To prevent the valve tip from lifting off during temperature changes, the initiation of the closing force of the valve tip via a spring assembly, which compensates the thermal expansion differences, is recommended.

However, it is not simply the metallic materials of a valve that must withstand the extremely high pressures and temperatures but also the sealing elements, especially the packing, which seals the valve stem dynamically toward the atmosphere. Graphite packings are used here as a rule. However, graphite begins to oxidise in the presence of oxygen in the air from 550°C; moving the stem seal to an area where the temperatures are considerably lower and no more risk of oxidation is present is therefore advised. This can be achieved by extending the bonnet and using

AS-Schneider dual shut-off valve installed in COMTES700 for a long-tern design test at 700 °C (insulation removed)

additional cooling ribs.

Lastly, the welding joints must be thoroughly scrutinized. High-temperature materials, especially those such as 1.4901 are very sensitive to the formation of heat cracks during welding. Even if the valve itself does not have any welds, one should bear in mind that when welding the valve in the pipe assembly the weld must be subjected to subsequent heat treatment; this takes place over a period of at least half an hour (depending on the size of the seam) at a temperature of approximately 750°C.

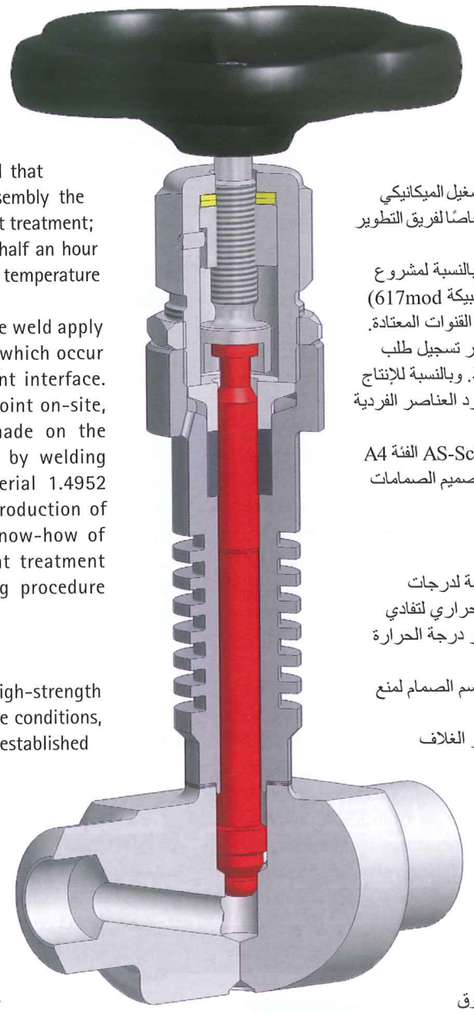
Particularly high requirements on the weld apply for so-called black-white connections which occur frequently at the process to instrument interface. To avoid having to make the welding joint on-site, this special connection is already made on the primary isolation valve, for example, by welding a short piece of pipe with the material 1.4952 to the valve body from 1.4901. The production of such welds requires comprehensive know-how of welding and also the subsequent heat treatment and must be evidenced by a welding procedure qualification record.

Research and development projects

To observe and test innovative high-strength boiler and piping materials under extreme conditions, research and development projects were established several years ago.

The insights gained since then have been used in the development of components such as safety, control and needle type globe valves, seals or coating systems, which can be employed in a reliable and economic manner even at temperatures above 700°C.

One of those projects is COMTES700 (acronym for "Component Test Facility for a 700°C Power Plant"). The project began in July 2004 and was made possible through close collaboration between European power plant operators and manufactures. After the successful manufacturing and installation of the components in the power plant Scholven, Gelsenkirchen, Germany, this test plant was operated from July 2005 to December 2011.



AS-Schneider A4-Series

AS-Schneider A4 Series:
Development for the COMTES700 research project

In June 2004 AS-Schneider received the order by ALSTOM Power Boiler GmbH to develop an isolation valve for the COMTES700 test plant which would be able to withstand temperatures up to 750°C at 400bar.

The high requirements on the valve design and the very difficult mechanical machinability of the material Alloy 617 presented a special challenge to our development team.

Material procurement also turned out to be quite complex. For the research project, there were special material specifications (Alloy 617mod) and as a result the material could no longer be procured through customary channels. Each component manufacturer had to register his material demand in advance at the performing steel forge. For the subsequent production of components not planned the individual component supplier had to help each other out with left-over material.

The performance specification for the AS-Schneider A4 Series was prepared based on the VGB directive R 107 L "Ordering and design of valves in thermal power plants".

The essential points were:

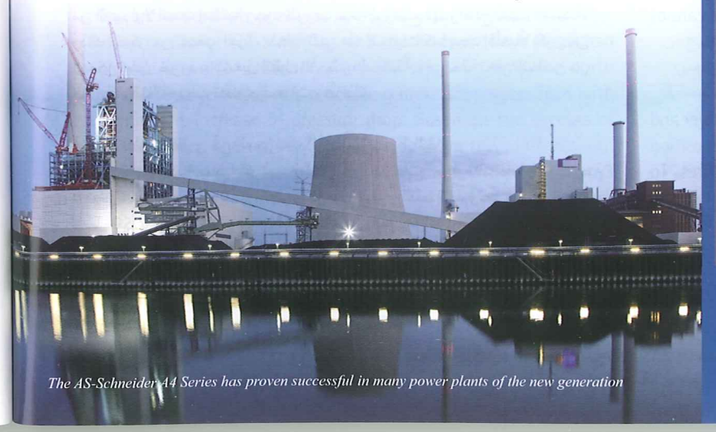
- All materials used must be suitable for the high temperatures and exhibit the same thermal expansion coefficients to rule out material tensions and leaks on the valve seat during temperature changes from room temperature to 750°C;
- The valve head units will be solidly welded to the valve body to prevent leaks from developing;
- The valve is to be equipped with a metal back seat which completely relieves the packing (stem seal toward the atmosphere) when the valve is fully opened;
- Packing and stem thread must have a sufficient distance to the valve body so that the temperature on these components is markedly lower and reliable operation is guaranteed at temperatures up to 750°C;
- The closing force of the valve tip must be introduced via a spring assembly that can compensate the thermal expansion differences to prevent the valve tip from lifting during temperature changes;
- A vent hole must be present above the packing through which the hot steam is directed away from the handwheel in the event of a leaking packing;

Conclusion

When searching for the perfect solution, our engineers dared to chart unknown technical terrain. The specified requirements were harmonised with the latest technologies in close cooperation with ALSTOM and the resulting prototypes were successfully tested in the framework of a long-term design test at 700°C in the COMTES700 plant.

The AS-Schneider A4 Series is available in different materials such as 1.4901 (P92) and Alloy 617 and has proven successful in many power plants of the new generation. ■

This article was written by Markus Häffner, design & development manager, AS-Schneider.



The AS-Schneider A4 Series has proven successful in many power plants of the new generation

AS-Schneider A4 الفئة:
تطوير مشروع بحث COMTES700

في يونيو 2004 استلمت AS-Schneider طلبًا من شركة Power Boiler GmbH ALSTOM لتطوير صمام عزل لمصنع اختبار COMTES700 والذي يجب أن يكون قادرًا على تحمل درجات حرارة تصل إلى 750 درجة مئوية عند 400 بار.

وقد شكلت المتطلبات المرتفعة لتصميم الصمام والتشغيل الميكانيكي بالماكينات بالغ الصعوبة لمادة السبيكة 617 تحديًا خاصًا لفريق التطوير لدينا.

كما اتضح أن توريد المواد معقد بدرجة كبيرة. وبالنسبة لمشروع البحث، كانت هناك مواصفات خاصة للمواد (السبيكة 617mod) ونتيجة لذلك لم يعد من الممكن توريد المواد عبر القنوات المعتادة. كان من اللازم على كل شركة مصنعة لكل عنصر تسجيل طلب المواد الخاص بها مقدمًا عند القيام بتشكيل الفولاذ. وبالنسبة للإنتاج اللاحق للعناصر غير المخطط لها يجب على مورد العناصر الفردية مساعدة الآخرين فيما يتعلق بالمواد المتبقية.

لقد تم إعداد مواصفات الأداء الخاصة بـ AS-Schneider الفئة A4 استنادًا إلى توجيهات VGB R 107 L "طلب وتصميم الصمامات في مصانع الطاقة الحرارية".

كانت النقاط الأساسية:

- يجب أن تكون جميع المواد المستخدمة مناسبة لدرجات الحرارة المرتفعة وتظهر نفس معاملات التمدد الحراري لتفادي الضغوط المادية والتسرب بمقعد الصمام عند تغير درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة إلى 750 درجة مئوية؛
- سيتم لحام وحدات رأس الصمام بثبات في جسم الصمام لمنع حدوث التسرب؛
- سيتم تزويد الصمام بمقعد خلفي معدني يحرر الغلاف تمامًا (سدادة ساق تجاه الجو) عند فتح الصمام بالكامل؛
- يجب أن تكون هناك مسافة كافية بين الغلاف وحز الساق وبين جسم الصمام حتى تكون درجة الحرارة على تلك العناصر أقل بشكل ملحوظ وحتى نضمن التشغيل الموثوق عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 750 درجة مئوية؛
- يجب أن يتم توليد قوة الإغلاق الخاصة بحافة الصمام بواسطة مجموعة زنبرك يمكنها تعويض فروق التمدد الحراري لمنع ارتفاع حافة الصمام عند تغير درجة الحرارة؛
- يجب وجود فتحة تهوية فوق الغلاف بحيث يخرج منها البخار الساخن بعيدًا عن العجلة اليدوية في حال تسبب الغلاف في تسرب؛

الخلاصة

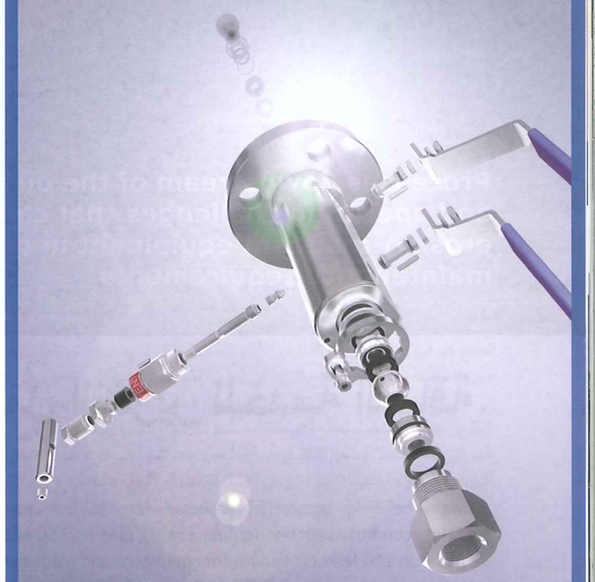
عند البحث عن الحل الأمثل، أقدم مهندسونا على تخطيط منطقة فنية غير معروفة. وقد تم التوفيق بين المتطلبات المحددة وأحدث التقنيات في تعاون وثيق مع ALSTOM وقد تم اختبار النماذج الأولية الناتجة بنجاح في إطار اختبار التصميم طويل المدى عند درجة حرارة 700 درجة مئوية في مصنع COMTES700. تتوفر AS-Schneider الفئة A4 بمواد مختلفة مثل 1.4901 (P92) وسبيكة 617 وقد ثبت نجاحها في العديد من مصانع الطاقة من الجيل الجديد.

تمت كتابة هذا المقال بقلم ماركوس هيفنر، مدير التصميم والتطوير، AS-Schneider

schneider
Tailored to Your Business

Your Partner for Instrumentation Products

Visit us at
ADIPEC 2013
10. – 13.11.2013
Abu Dhabi | German Pavilion
Hall 8 I Booth 8366



The AS-Schneider Group with its headquarters in Germany is one of the World's Leading Manufacturers of Instrumentation Valves and Manifolds.
With our own subsidiaries in Romania, Singapore, Dubai and Houston and professional partners in over 20 countries around the world, we are everywhere our customers need us.

AS-Schneider Middle East FZE
P.O. Box 18749
Dubai
United Arab Emirates
Tel: +971 4 880 85 75
Fax: +971 4 880 85 76
www.as-schneider.ae