دراسة حالة اخفاق بأنابيب الغلايات بمحطة توليد الطاقة الكهربائية

د. فوزي الشاوش* م. حسن الكميشي* - م. عبدالحميد الواعر*

مقدمة

تعتبر الغلايات احدى أهم المعدات التى تستخدم فى انتاج الطاقة المستخدمة بمحطات توليد الطاقة الكهربائية وهذه الدراسة تسر باختصار أحد أهم المشاكل التى تعرضت لها احدى الغلايات والتى تتمثل فى انهيار عدة أنابيب بسبب الحرارة العالية أثناء عمليات التشغيل . ومن المعروف أن الغلايات تحتوى على عدة أنابيب والتى عددها يعتمد على حجم الغلاية وموضوعة ببوتقة عادة ماتكون مصنوعة من نفس المعدن .

الرسم التخطيطى فى الشكل (1) يوضح موقع الغلاية المنهارة والمعدات الأخرى أنابيب الغلاية المنهارة عادة تمر بداخلها مياه تؤخذ من محطة تحلية مجاورة وبضغط عالى نسبيا مقداره (٩٥٠ Psi 90) .

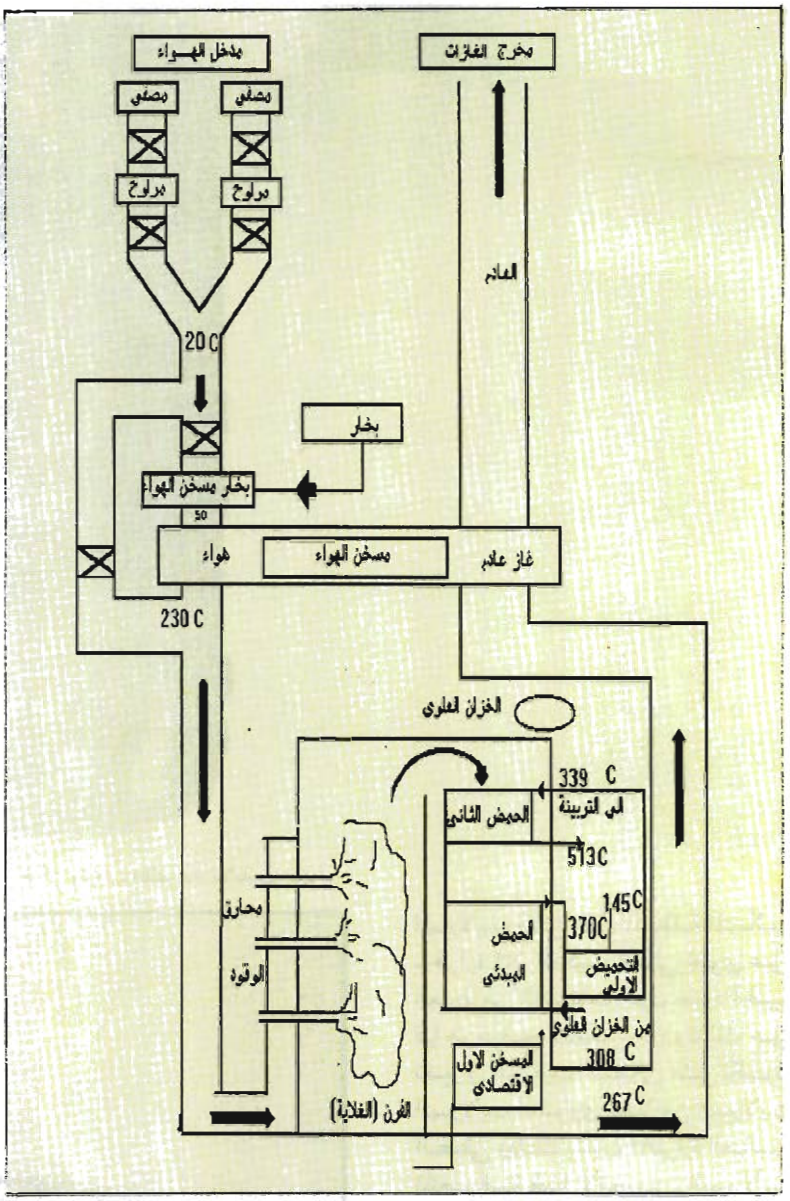
ولمعرفة أسباب انهيار أنابيب الغلاية خضعت عينات عديدة أخذت من عدة أنابيب إلى فحوصات ميتالورجيه عديدة تمثلت فى الفحص البصرى والفحص المجهرى (الميكروسكوبى) وذلك للتعرف على التركيب النسيجى والتركيب الكيميائى والتأكد من التغير فى الخواص الميكانيكية مثل قياس الصلادة وذلك من أجل التعرف على ميكانيكية الانهيار لهذه الأنابيب .

الفحص البصرى

عدة عينات أخذت من المنطقة المنهارة كما هو موضح بالشكل (2) والأخرى بعيدا عن هذه المنطقة تم فحصها باستخدام مجهر ضوئى منخفض التكبير (من 1 إلى 16 مرة) وذلك لمعرفة مدى أثر الحرارة العالية عليها وكذلك للتعرف على المؤثرات الأخرى مثل التآكل

* الشركة العامة للكهرباء

● ورقة مقدمة بالانجليزية الى المؤتمر العلمى الاوروبى للتاكل (سبتمبر) 1997 النرويج .



شكل ـ 1 ـ مسار الهواء والغازات بالمحطة .

(الترسبات) . نتائج الفحص البصرى وضحت أن أنابيب الغلاية تعرضت لحرارة عالية أثناء التشغيل مما أدى إلى تغير فى التركيب النسيجى والذى بدوره سبب ضعف فى خواصها الميكانيكية وتشكلها تشكلا لدنا ومن استطالتها وانبعاجها وتمزقها (شروخ طولية وعرضية) . النوع الاخير من الشروخ عادة يحدث مصاحبا للكسر الطولى وتعرف عادة بالشروخ الثانوية . الفحص البصرى وضح أيضا بأن سطح الأنابيب الخارجى والداخلى مغطاة برواسب ناتجة من الحرارة العالية وكذلك الأملاح الموجودة بالمياه .

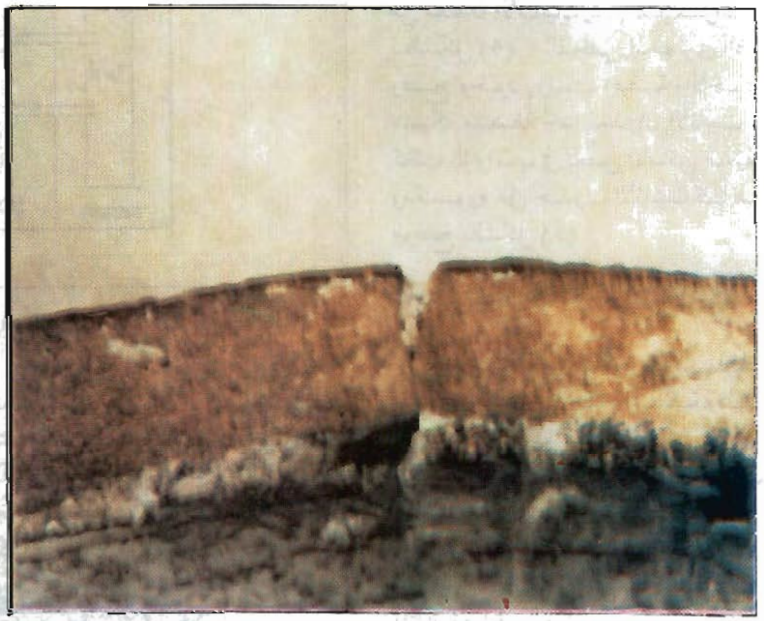
الفحص المجهرى

نظرا لمحدودية الكشف البصرى بالعين المجردة للعينات لذلك نلجأ عادة الى فحصها مجهريا وذلك باستخدام مجهر منخفض التكبير (من 1 الى 16 مرة) . نتائج الفحص المجهرى أكدت لنا بأن أنابيب الغلاية قد تعرضت إلى حرارة عالية مما سبب تغير فى خواصها الميكانيكية نتيجة التغير فى التركيب النسيجى ومع وجود الضغط العالى نسبيا بداخل الأنابيب أدى إلى انبعاجها وتشققها (حدوث شروخ بها) . والفحص المجهرى بين أيضا وجود العديد من الشروخ الصغيرة وهى ماتعرف (micro cracks) . حدوث هذه الشروخ ناتج عن تعرض الأنابيب الى اجهادات عالية وعادة حدوثها يكون مصاحبا للشروخ الأصلية (الأم) . وهذه الشروخ قد لو حظت على الجدران الداخلية والخارجية للأنابيب كما هو موضح بالشكل (3) . عدة مقاطع عرضية لعينات أخذت من عدة أماكن منها القريب من المنطقة المنهارة (المتأثرة بالحرارة) والأخرى بعيدا عن هذه المنطقة وضحت وجود عدة شروخ متفاوتة فى التغلغل فمنها العميق ومنها غير العميق ويمر فقط خلال الترسبات وتليل من معدن الأنابيب كما هو موضح بالشكل (4) . الفحص المجهرى أيضا وضح وجود رواسب رقيقة والأخرى سميكة ملتصقة جدا بجدران الأنابيب . كانت الرواسب فى بعض الأماكن ضعيفة ومكسورة على جدران الأنابيب كما هو موضح بالشكل (5) .

فحص التركيب البنائى

العديد من العينات أخذت من المنطقة المنهارة وبعيدا عن هذه المنطقة وذلك لفحصها مجهريا باستخدام مجر ضوئى عالى التكبير نسبيا (X-250) . العينات كانت قد أخذت فى الاتجاه الطولى والعرضى وذلك للتعرف على أثر الحرارة على التركيب البنائى . عند المنطقة غير المتأثرة بالحرارة كان التركيب البنائى يحتوى على كل من طور الفيريت وطور

شكل (2) : ـ مظهر عام للأنابيب المنهارة .



شكل (3) : ـ مظهر مجهري يبين كسور رقيقة وخشنة .

البيرلايت ولكن عند المنطقة المتأثرة بالحرارة كان التركيب البنائي يحتوى على العديد من التشققات حول حدود الحبيبة كما هو موضح بالشكل (6) وكذلك على تغير في التركيب البنائي مثل تكون البيرلايت الكروى بدلا من البيرلايت الطبقى وذلك بسبب الحرارة العالية المتعرضة لها الأنابيب . البيرلايت الكروى غير مرغوب فيه بالنسبة للصلب المنخفض الكربون بسبب تأثيره على الخواص الميكانيكية مثل الصلادة .

اختبار الصلادة

أجريت قياسات الصلادة على عدة عينات أخذت من أنابيب العلاية حيث أن البعض منها يمثل المنطقة المنهارة (المنبعجة) والمتأثرة بالحرارة والأخرى بعيدة عن هذه المنطقة . قراءات الصلادة

شكل (4) : ـ رواسب رقيقة ولاصقة على سطح الانابيب الداخلية والخارجية

توضح لنا وجود فروق صغيرة بين هذه المناطق حيث كانت الصلادة فى المنطقة المتأثرة بالحرارة حوالى (80 Hv) بينما كانت فى المنطقة البعيدة (غير المتأثرة بالحرارة) حوالى (110 Hv) كما هو موضح بالجدول (1) .

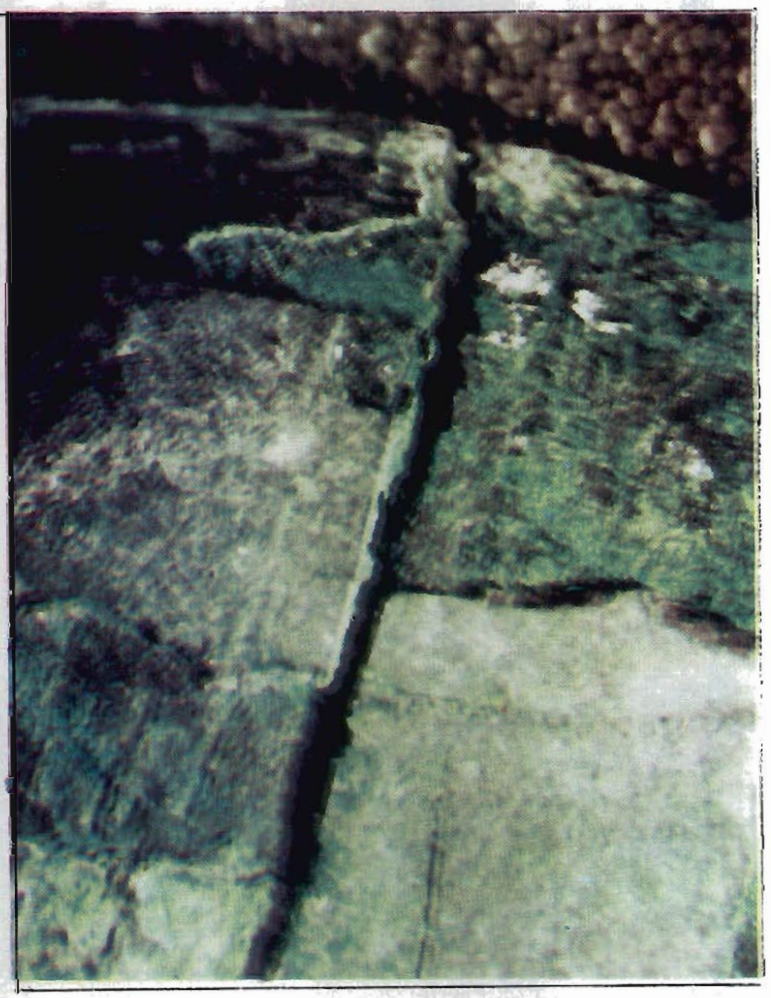
اختلاف قراءات الصلادة يمكن عزوها الى الاختلاف فى الخواص الميكانيكية للتركيب النسيجى للمنطقتين وهذا يمكن عزوه إلى أثر الحرارة على التركيب النسيجى مثل التغير فى حجم الحبيبة وكذلك الى التكسير فى طبقة البيرلايت الطولى وتحوله إلى بيرلايت كروى .

التحاليل الكيميائية

نتائج التحليل الكيميائى لعينات أخذت من مناطق مختلفة من أنابيب

جدول ـ 1 ـ قياسات الصلادة للأنابيب الغلاية .

المـــواد	المنطقة السليمة	المنطقة المنهارة
طـولـــي	110	90
عمـــودي	110	95



شكل (5) : - مقطع مجهرى (التجليخ) للانابيب المنهارة تبين كسور رقيقة وخشنة .

الغلاية بينت أن أنابيب الغلاية مصنوعة من الصلب المنخفض الكربون كما هو موضح فى الجدول (2) . وهذا النوع من الصلب شائع الاستخدام فى الغلايات وكذلك كمعدن أساسى للبوتقة .

استخدام هذا النوع من الصلب لا يتحمل درجات الحرارة العالية وكذلك الأخطاء غير المتوقعة والناتجة عن عمليات التشغيل .

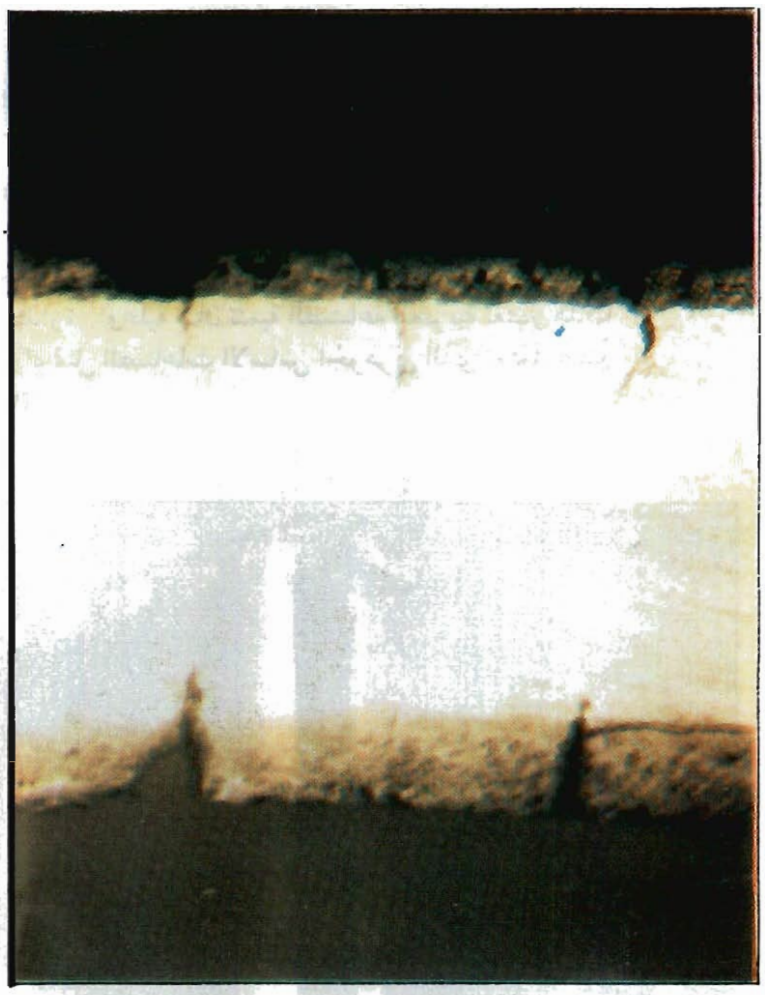
اضافة بعض عناصر سبائك الكروم (Cr) والمولبيديوم (Mo) الى الصلب الكربونى يحسن من خواصه الميكانيكية عند درجات الحرارة العالية والمفاجئة وكذلك الناتجة من أخطاء فى نظام التشغيل .

ميكانيكية الانهيار

خضعت الأنابيب المنهارة الى دراسة ميثالورجية اشتملت على كل من الكشف البصرى والكشف المجهرى واختبار الصلادة والتحليل الكيميائى ودراسة التركيب النسيجى للأنابيب أو البنية المجهرية وذلك للتعرف على ميكانيكية انهيارها ونتائج الاختبارات هذه بينت حدوث انهيار للأنابيب بسبب تعرضها للحرارة العالية والناتجة من حدوث خلل مفاجىء فى نظام تبريد وتسخين مجاور للغلاية مما سببت الحرارة العالية الى تغير فى الخواص الميكانيكية لهذه الأنابيب وأدى هذا إلى حدوث تشكل لدن للأنابيب (plastic deformation) وانبعاجها وتشققها . الضغط العالى نسبيا بالأنابيب ساعد فى عملية انبعاج وتشقق هذه الأنابيب وكانت جميع الشروخ المصاحبة للانبعاج طولية وقليل منها كانت عرضية بالنسبة لاتجاه المياه بالأنابيب . وكذلك أدت الحرارة العالية إلى تكون بعض الترسبات على الجدار الخارجى والداخلى للأنابيب عند المنطقة المنبعجة (bulged point) وأيضا عند المنطقة البعيدة وغير المتأثرة بالحرارة . وبعيدا عن منطقة الانبعاج لا توجد أى علامات تدل على حدوث تآكل يذكر مما يدل على أن عملية الانهيار كان سببها الحرارة العالية

جدول ـ 2 ـ التحليل الكيميائى للأنابيب الغلاية .

العناصر	كربون	منجنيز	فوسفور	كبريت	كروم	موليبديم
صلب كربوني	0.108	0.35	0.03	0.03	0.05	0.03



شكل (6) : ـ مقطع مجهرى للانابيب المنهارة يبين الكسور خلال مقطع الانابيب .

والمفاجئة للأنابيب .

الدراسة المثالورجية اشتملت أيضا على الكشف النسيجى للأنابيب عند المنطقة المنهارة (المنبعجة) وكذلك بعيدا عن هذه المنطقة وذلك لغرض معرفة أثر الحرارة العالية عليها . بينت الفحوصات أن الحرارة كانت عالية مما أدت الى تغير فى التركيب البنائى مثل حجم الحبيبة وتكون البيرلايت الكروى والذى بدوره سبب انخفاض فى المقاومة القصوى وكذلك صلادة الأنابيب مما أدى إلى ضعفها وتعرضها للانهيار . كما بينت الدراسة أن ميكانيكية كسر وتشقق الأنابيب كانت حول حدود الحبيبات والتى تعتبر أضعف المناطق فى التركيب النسيجى .

الاستنتاجات

1 ـ انهارت الأنابيب نتيجة تعرضها للحرارة العالية والناتجة من انهيار احدى نظم التبريد والتسخين الملاحق للغلاية .

2 ـ الحرارة العالية مع وجود الضغط العالى نسبيا داخل الأنابيب أدى إلى تشكلها تشكلا لدنا ومن تم انبعاجها وتمزقها أى حدوث شروخ بها عبر مناطق ضعيفة مثل حدود الحبيبات .

3 ـ نوعية الصلب الذى صنعت منه الأنابيب لا يتحمل درجات الحرارة العالية والمفاجئة . ■

المراجع

1. **B.J. Moniz and W.I, Pollock, process industries corrosion, the theory and practice, NACE, Texas, 1986.**
2. **A S M Hand book, Failure Analysis and Prevention, Vol. 11, Materials Park, OH: A S M International 1986.**
3. **Manual Operation for Power Plant.**