

Beize lässt Stahl rissig werden

Rund ein Dutzend Kraftwerke werden später fertig als geplant. Als Ursache wurden fehlerhafte Schweißnähte ausgemacht.

Von Simon Wallenborn



Gefährdeter Stahlriss: Im neuen Kesselhaus des Braunkohlekraftwerks Neurath-Grevenbroich brannte teilweise bereits das Feuer. Doch haben feine Risse in den Schweißnähten die Inbetriebnahme erst einmal gebremst.

Die Energiebranche ist entschlossen. Bis zum Jahr 2012 werden nach und nach alle Atomreaktoren abgeschaltet, so dass es gilt, die sich aufbauende „Stromindustrie“ zu schließen. Die Regierung setzt hier vor allem auf die erneuerbaren Energien. Doch werden Kohlekraftwerke sowie Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke die Hauptlast tragen müssen. Deren Inbetriebnahme wird sich jedoch verzögern. Denn bei rund einem Dutzend Anlagen, die gerade gebaut werden, bereitet der für die Kraftwerkessel eingesetzte Hightech-Stahl (T24) Schwierigkeiten. Dabei ist freilich klar: Die aufgetauchten Probleme liegen nicht allein daran, dass man „billige“ Stähle eingebaut hat.

In modernen Kohlekraftwerken herrschen Hüllentemperaturen. Entsprechend groß sind Anforderungen an den Kesselstahl. Er muss neben einer guten Zeitstandfestigkeit – der Fähigkeit, die Festigkeit möglichst lange zu halten – einen großen Widerstandskraft gegen Versprödung und Oxidationen aufweisen, ohne dabei die statische Schmelz- und Schweißbarkeit zu verlieren. Genau diese Eigenschaften verspricht man sich von der Werkstofflegierung T24. Durch das Zulegieren von Chrom, Molybdän und Titan soll der Stahl an Zeitstandfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit gewinnen. So können Kesselrohre aus diesem Stahl nach den Erkenntnissen der Werkstoffforscher Drücke von bis zu 300 bar und Temperaturen von 620 Grad (über einen Zeitraum von rund einem Dutzend Jahren) aushalten. Das schaffen die bisher eingesetzten Stähle nicht. Entsprechend niedriger liegen die Dampftemperatur und damit die Wirkungsgrade älterer Anlagen. Denn nach den Erkenntnissen der Thermodynamik lässt sich die Verbrennungswärme der Kohle umso vollständiger in nutzbare Energie wie Strom umwandeln, je höher die Temperatur des zur Turbine geleiteten Dampfes liegt und je weniger Abwärme anfällt, die an die Umgebung abgegeben wird.

Damit wird klar, dass die modernen Kesselstähle enorme Belastungen aushalten müssen. Und Praxiserfahrungen gibt es bisher kaum. Entsprechend überlegen man über die Risse an den Schweißnähten, die auftreten, als die Behälter unter Druck gesetzt wurden. Als Ursache wird ein zu aggressives Beizmittel vermutet, das zum Enternen von

Zunderresten und zur Oberflächenbehandlung verwendet wird. Das Beizmittel löste – unerwartet – Spannungsrisskorrosion aus. In Schweißnähten herrschen zumeist lokal überhöhte Spannungen, sogenannte lokale Spannungsspitzen, die kleine (trans- und interkristalline) Risse verursachen. Diese Mikrorisse sind erst mal keine Mängel. Sie sind im spannungsreichen Kristallgefüge von Metallen gar nicht zu verhindern. Jeder kleinste Schwachpunkt in diesem Gefüge kann sie auslösen. An der vermeintlich gravierendsten Fehlstelle kommt es dann zum Riss. Doch einerseits können Hindernisse im Tausendtel-Millimeter-Bereich oder eine Ruhephase reichen, um sie wieder vollends zum Stillstand zu bringen. Andererseits finden manche Risse eine Vorzugsrichtung und wachsen bis zu einem katastrophalen Bruch. Doch diese Möglichkeiten sind den Ingenieuren der Hightech-Stähle bekannt und werden in Ermüdungsexperimenten mit praxisnahen Umgebungsparametern genau analysiert. Die theoretischen Zeitstandfestigkeitswerte enthalten also schon die Möglichkeit von Mikrorissen im Material oder den Schweißnähten.

Warum kommt es nun doch zu diesen Undichtigkeiten in den Kesseln? Das Rezept für Spannungsrisskorrosion ist denkbar einfach. Als Zutaten sind nur Zugspannungen, die am Bauteil anliegen, eine schon begonnene Rissbildung sowie ein Angriffsmedium nötig. Hier kommt die verwendete Beize ins Spiel, die eigentlich zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit beitragen soll. Aber in diesem Fall initiierte die zu aggressive gewählte Beize Rissbildung und Rissfortschritt. Bei höchsten Stählen ist diese Korrosion oder Versprödung oft wasserstoffinduziert. Während der Korrosion in wässrigen Kondensaten von Säuren, hier der Beize, entsteht immer in gewissen Mengen atomarer Wasserstoff. Dieser diffundiert viel schneller in den Werkstoff, als sich Wasserstoffmoleküle bilden könnten. Im Stahl lagert er sich in das Metallgefüge, bevorzugt an Fehlstellen und Korngrenzen (Grenzen im atomaren Gebilde) ein und führt zu einer Versprödung des Materials. Durch diesen Prozess ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Risse um ein Vielfaches höher als gewollt, und das Bauteil kann schon weit unter den errechneten Zeitstandfestigkeitswerten versagen.

Auch in der Vergangenheit kam es immer wieder zu ähnlichen Problemen mit dem Werkstoff Stahl. Schon bei der Einführung der Schweißnähte musste man feststellen, dass die Schweißnähte eine besonders anfällige Stelle für Brüche sind. Aus Gründen der rationalen Fertigung wurde die Schweißtechnik im Zweiten Weltkrieg beim Bau der Liberty-Schiffe verwendet, obwohl sie noch nicht angereift war. Ergebnis des zu forschen Einsatzes war, dass etwa 100 Schiffe dieses Typs sanken. In kalten Gewässern versprödeten die Schweißnähte rapide, so dass die Schiffe regelrecht auseinanderbrachen.

Die „Stahlkrankheit“ der Spannungsrisskorrosion ist ebenfalls alles andere als unbekannt. Das Vordach der Berliner Kongresshalle stürzte 1980 wegen unzureichend vor Umwelteinflüssen geschützten Stahlträgern ein. Der Stahl der „schwangeren Auster“ war nicht überall einwandfrei in Beton eingebettet worden. Äußere Einflüsse wie Temperaturdifferenzen, Wind, Schnee und Setzungen üben richtungswechselseinnde Belastungen aus, die zur Ermüdung oder zur Rissbildung im Material führten. Als angreifendes Medium reichte Wasser und Kohlenstoffdioxid, um den Bruch einiger Spanndrähte und schließlich den Einsturz des Dachs auszulösen.

Die Ursache eines Bruches kann aber auch ganz einfach die Verwendung von minderwertigen oder nicht geeignetem Stahl sein. Der durch umklickende Strommasten verursachte Stromausfall im Münsterland 2005 geht darauf zurück. Die veralteten Strommasten konnten den Eis- und Schneemassen in Kombination mit der dynamischen Belastung durch das Schwingen der tonnenreichen Leitungen nicht standhalten. Bei der Herstellung dieses Stahls wurde der Schmelz des Rohreihens statt reinen Sauerstoffs nur Umgebungsluft zugeblasen. So enthält das Material mehr Stickstoff aus der Umgebungsluft, als es sollte. Der Verlust von Festigkeit und Zähigkeit über Jahrzehnte hinweg ist die Folge.

Auch nach so vielen Jahren der Erfahrung und Forschung kommt es also immer noch vor, dass das Verhalten von Stahllegierungen nicht hundertprozentig genau vorausgesagt werden kann. Und auch diesmal kann der Materialfehler gravierende Folgen haben. Denn die Verbraucher müssen nun mit Preiststeigerungen beim Strom rechnen.

Sicheres Bohren nach Erdwärme

Von der Beschaffenheit des Untergrunds hängt ab, welche Bohrtechnik einzusetzen ist. Ein neuer Hütte-Bohrer hat alle Verfahren im Angebot.

Kostenlos Heizen mit Erdwärme: Unter diesem verlockenden Motto startete vor einigen Jahren ein mittlerweile eingebremster Geothermie-Boom. Hat man doch mit dieser Technik wenig erfreuliche Erfahrungen machen müssen. So kämpft man in der Schwarzwaldgemeinde Staufen noch immer gegen das Aufquellen des Bodens, das die Gebäude darüber hebt. Hier hatte man beim Niederbringen der Erdsondenlöcher Anhydrit-Linsen „angestochen“, so dass Wasser eindringen konnte. Dabei entsteht Gips, es wird Wärme frei, und das Volumen des Kalziumsulfats nimmt um bis zu 60 Prozent zu. Spektakulär war auch eine unkontrolliert sprudelnde Wasserfontäne neben dem Wiesbadener Finanzamt. Hier hatte man „gespannte Wasser“, einen sogenannten Arteser, angebohrt.

In diesen und weiteren Fällen war meist Schlämpe die Ursache der „Störungen“. Wäre man mit mehr Sacknetzen

Bohrplatz aus sollen im Zuge des Ausbaus der Neubausiedlung nach und nach die Sondenlöcher niedergebracht werden. Der Forschungsbohrer wird vorn am Bohrgestänge einen „Doppelkopf“ tragen. Das sind zwei hintereinander angeordnete Bohrgreife, die gegenläufig drehen. Das vordere treibt das Außengestänge, die Schutzverrohrung, während das hintere Getriebe das Innengestänge bewegt. Dadurch kann man sehr genau die angepeilte Richtung halten, zudem lässt sich das gelöste Gestein „kontrolliert“ nach oben fördern. Und noch einen weiteren Vorzug hat der Doppelkopf. Sollte man einen Arteser anstecken, kann man in das Schutzrohr eine Art Rückschlagventil einbauen und so den Wasserfluss stoppen.

Das Besondere des neuen Bohrers ist seine Vielseitigkeit. Für alle denkbaren Geologien kann die jeweils passende Technik genutzt werden. Dank einer von dem Witterer Unternehmen Kamat gelieferten, kraftvollen Kolbenpumpe (Plungerpumpe) stehen flexible Drücke bis zu 1500 bar zur Verfügung, mit denen entweder wasserhydraulische oder pneumatische Bohrhämmer betrieben werden können. Zudem ist mit dem Multifunktionsbohrer auch klassisches Rotarybohren möglich. Dabei wird das Bohrgestänge von einem Drehtisch oben am Bohrgestänge bewegt, und die das Bohrlinck nach oben transportierende Spülung fließt durch das Innere des Gestänges.

Doch die Anlage kann noch mehr. Mit ihr lässt sich das von Bracke und seinen Kollegen am Geothermiezentrum entwickelte Geotelling-Verfahren nutzen. Dabei wird der Boden mit einem scharfen, kraftvollen Wasserstrahl versehen: Aus senkrecht nach unten weisenden Düsen des unten am Schutzrohr angeflanschten Bohrkopfs spritzt Wasser mit einem Druck von zum Teil über 1000 bar gegen das Erdreich. Damit es bei dieser Prozedur zuverlässig „atomisiert“ wird, setzt man abrasives Material (Korund) zu. Auch sehr harte Gesteine lassen sich so zerlegen. Nur muss das abgeloste Gestein zum Teil aus dem Bohrlöch geschafft werden, während bei Lockerböden das abgeloste Material zum Großteil in den Porenräumen des Bohrlöches verschwindet.

Nach den Angaben von Bracke reduzieren sich mit Geotelling die Bohrzeiten (bei weicherem Gestein) deutlich. Auch die Kosten liegen unter denen der herkömmlichen Technik, was vor allem damit begründet wird, dass weniger Material auf den Bauteilen herumgehoben werden muss. Patentiert ist eine Technik zum Bergen des Bohrkopfs. Keine einfache Aufgabe, muss der doch durch das Schutzrohr nach oben gezogen werden.



nis und einem für das Abteufen der Geothermie-Bohrlöcher speziell ausgelegten Gerät an diese Aufgaben herangegangen, hätte man den Ärger vermeiden können. Die havarierten Löcher wurden nämlich mit simplen, aus dem Brunnenbau bekannten Bohranlagen hergestellt. Dabei wird das Loch nicht durch ein zweites, äußeres Schutzrohr gegen seitlich einbrechendes Gestein geschützt. Auch ist es mit dieser Einfachtechnik nicht möglich, im Bereich des Bohrkopfes einströmendes Wasser zu stoppen.

Diese Probleme können mit der Bohranlage HBR 207 GT, die jetzt am Geothermiezentrum (GZB) in Bochum in Betrieb genommen wurde, vermutlich nicht auftreten. Denn bei dem rund 20 Tonnen schweren Gerät, das sich auf Raupenketten vorwärtsbewegt, handelt es sich um den „innovativsten“ Bohrer, der nach Aussage von GZB-Direktor Rolf Bracke je für die oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie (bis 1000 Meter) entwickelt wurde. Die von der Hütte Bohrtechnik GmbH in Olpe gefertigte Anlage beherrscht alle gängigen Bohrverfahren, zudem kann man mit ihr auch schräg, mit einem maximalen Neigungswinkel von 30 Grad, in den Boden eindringen. Dadurch wird es möglich, mehrere Löcher von einem Standort aus sternförmig niederzubringen, was den mit der Bohrtätigkeit verbundenen Lärm und die nicht unerheblichen Störungen an der Erdoberfläche in Grenzen hält. So ist geplant, den Bohrer, wenn er die Erdsondenlöcher für die Wärmepumpenanlage des neuen Geothermiezentrums hergestellt hat, auf eine Baustelle in Bottrop zu verfrachten. Hier soll er helfen, ein neues Wohngebiet (Innovation City) wärmetechnisch zu erschließen: Von einem eigens angelegten



Mit einer Rückzugskraft von 40 Tonnen kann ein 1000-Meter-Bohrgestänge gezogen werden.