

PATENTSCHRIFT 139 300

Patentbibliothek
des AfEP

Wirtschaftspatent
Berichtigt gemäß § 82 Zivilprozeßordnung

Int. Cl.³

(11) 139 300 (44) 22.10.80 3(51) G 01 N 3/18
(21) WP G 01 N / 208 431 (22) 13.10.78
(44)¹ 19.12.79

(71) siehe (72)

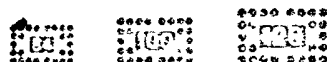
(72) Koppe, Werner, Dr.-Ing.; Maul, Konrad, Dipl.-Phys.;
Illmann, Walter, DD

(73) siehe (72)

(74) Hartmut Kipf, ORGREB-Institut für Kraftwerke, Abt.
Rechtsschutz und Nutzung, 1058 Berlin, Schönhauser
Allee 149

(54) Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer eines
zeitstandbeanspruchten Bauteiles

¹⁾ Ausgabetag der Patentschrift für das gemäß § 5 Absatz 1 AnuG zum PatG erteilte Patent



Titel der Erfindung

Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer eines Zeitstandbeanspruchten Bauteiles

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer eines zeitstandbeanspruchten Bauteiles, insbesondere in Wärmekraftwerken oder Anlagen der chemischen Industrie.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Werkstoffe zeitstandbeanspruchter Bauteile unterliegen während des Betriebes ständigen Gefügeänderungen, insbesondere in Form von Ausscheidungen und Kriechdehnungen. Aus diesem Grund sind derartige Bauteile, in Abhängigkeit von den projektierten Betriebsparametern, jeweils nur für eine bestimmte Betriebszeit ausgelegt. In der Regel treten in der Praxis mehr oder weniger starke Abweichungen von den projektierten Betriebsparametern auf. Diese bewirken Verkürzungen oder Verlängerungen der tatsächlich möglichen Betriebszeit der betreffenden Bauteile und Baugruppen. Zur Sicherung der Verfügbarkeit ist daher die Kenntnis des tatsächlichen Werkstoffzustandes von ausschlaggebender Bedeutung. Um rechtzeitig Rekonstruktionsmaßnahmen einleiten zu können und andererseits die vorhandenen Reserven voll auszus schöpfen, muß die Entwicklung der wichtigsten Werkstoffkennwerte über einen bestimmten Zeitraum vorausschaubar sein. Erreicht die Betriebszeit von langzeitbeanspruchten Bauteiler Größenordnungen von 50 000 bis 100 000 Stunden, so ist die Restlebensdauer, d. h. der Zeitpunkt des Auswechsels dieser Bauteile zu ermitteln, damit die Beanspruchung nicht zur Zerstörung der Bauteile führt. Neben Prüfungen unmittelbar an den

Bauteilen sind dazu Untersuchungen an Probestücken aus langzeitbeanspruchten Bauteilen erforderlich.

Es wird eine Vielzahl von Methoden zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten angewandt, deren Werte jedoch keine aussagekräftigen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Restlebensdauer zulassen. Besonders ausgeprägt ist die Tendenz, durch Kurzzeitversuche rasch zu Ergebnissen zu kommen. Bisher kam es in Fortsetzung derartiger Untersuchungen oftmals zu beträchtlichen Korrekturen der Aussagen.

Es ist bekannt, durch Kurz- und Langzeitprüfungen die Zeitstandfestigkeit oder Schädigung von warmfesten Stählen bei hohen Temperaturen zu ermitteln, ohne daß für die Kraftwerkspraxis verwertbare Verfahren festgelegt werden konnten.

Außerdem beschäftigen sich weitere Arbeiten mit röntgenografischen Methoden, Leitfähigkeits-, Koerzitivfeldstärke- und Dichtebestimmungen. Diese Untersuchungen zeigen zunächst auswertbare Tendenzen, jedoch müssen diese erst noch durch umfangreiche Versuchsserien bestätigt werden. Unifizierte Methoden und die Ermittlung der Restlebensdauer durch Erfassung von Betriebsdaten und ihre Auswertung mittels Rechner bilden eine weitere Richtung zur Ermittlung des Werkstoffzustandes.

So ist bekannt, die Lebensdauer kontinuierlich zu ermitteln, wobei aus den zu vorgegebenen Zeitabständen durchgeführten Druck- und Temperaturmessungen an den Bauteilen auftretende Vergleichsspannungen bestimmt werden. Als Bezugsgröße dient dabei die plastische Dehngeschwindigkeit, die als Gleichung für die verwendeten Werkstoffe dargestellt und zusammen mit Berechnungsformeln für die Vergleichsspannung einem Rechner eingegeben wird. Obwohl bei diesem Verfahren das Werkstoffverhalten berücksichtigt wird, ist der Aufwand für eine derartig kontinuierliche Überwachung auch nur für Neubaukraftwerke mit großen Ausbauleistungen gerechtfertigt.

Weiterhin ist ein Verfahren zur Behandlung von Probestücken für die Ermittlung des Erschöpfungsgrades und der Restlebensdauer von Proben aus zeitstandbeanspruchten Bauteilen bekannt geworden, bei dem mittels Langzeitversuchen Aussagen über die noch vorhandene Lebensdauer bzw. über abzuleitende Überwachungs- und Rekonstruktionsmaßnahmen zeitstandbeanspruchter

Bauteile in einem Wärmekraftwerk gemacht werden. Dabei wird ein Teil des ausgebauten Probestückes derart einer regenerierenden Wärmebehandlung unterzogen, daß der Wert der Zugfestigkeit bei beiden Probestücken annähernd gleich ist. Die anschließenden Langzeitversuche werden bei oder nahe der Betriebstemperatur des Bauteils vorgenommen. Gegenüber dem üblichen Langzeitversuch wird dadurch zusätzlich eine Aussage darüber gewonnen, ob eine irreversible Schädigung des Werkstoffzustandes während des Betriebes erfolgt ist (z. B. Mikrorisse). Nachteilig ist, daß die Probenvorbereitung und Versuchsdurchführung sehr zeit- und kostenintensiv sind. Auswertbare Ergebnisse liegen erst nach ca. 1 Jahr Versuchsdauer vor.

Es ist weiterhin ein Langzeitverfahren bekannt geworden, das eine Senkung des Aufwandes für die Langzeituntersuchung ermöglicht. Die Aussagen einer solchen, trotzdem noch zu aufwendigen Langzeituntersuchung stimmen jedoch mit dem tatsächlichen Zustand nicht überein, so daß aufgrund der erforderlichen Extrapolationen Lebensdauer-Fehlbestimmungen erfolgen. Eine Korrektur bringt eine technische Verbesserung, aber keine Aufwandsminderung.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, eine möglichst genaue Restlebensdauerbestimmung mit geringem technischen Aufwand durchzuführen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bestimmung der Restlebensdauer über Kurzzeitwerte zu erzielen, wobei davon ausgegangen wird, daß es sich bei den Ursachen für die Änderung der Werkstoffkennwerte um Ausscheidungen bzw. Kriechdehnungen handelt, also um thermisch aktivierbare Vorgänge. Die Ablaufgeschwindigkeiten, sowohl bei Ausscheidungs- als auch Kriechdehnungsvorgängen (stationäres Kriechen), lassen sich durch modifizierte Formen der Arrhenius-Gleichung

$$\frac{dV}{dt} = K \cdot \exp(-Q/RT)$$

beschreiben.

Hierzu bedeuten:

$\frac{dV}{dt}$ = Reaktionsgeschwindigkeit

dV = aktiviertes Volumen

k = Konstante (abhängig von Konzentration und Versetzungsdichte)

R = Gaskonstante

Q = Aktivierungsenergie

T = absolute Temperatur

Die Gleichung zeigt, daß die Geschwindigkeit derartiger Vorgänge von temperaturabhängigen Parametern bestimmt wird. Die Geschwindigkeit der Gefügeänderung zeitstandbeanspruchter Werkstoffe hängt somit in erster Linie von der Betriebstemperatur ab. Diese Feststellung steht in voller Übereinstimmung mit den praktischen Erfahrungen. Die Bestimmung der Restlebensdauer wird dadurch erreicht, daß erfindungsgemäß Proben aus betriebsbeanspruchten Bauteilen nach Ablauf fortschreitender Betriebszeiten entnommen, ein Kurzzeitwert der jeweiligen Probe ermittelt und in ein Diagramm über der Beanspruchungszeit oder dem Larsom-Miller-Parameter eingetragen wird, die daraus resultierende Kurve festgelegt und aus der Tendenz der Kurve sowie dem zulässigen Beanspruchungs-Grenzwert die Restlebensdauer direkt ermittelt wird. Dabei werden die Kurzzeitwerte auf der Grundlage mechanischer Kennwerte, z. B. Warmstreckgrenze nahe der Betriebstemperatur, oder der zerstörungsfreien Werkstoffuntersuchungen ermittelt.

Ausführungsbeispiel

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird die Erfindung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt die grafische Darstellung zur Ermittlung der Restlebensdauer.

Zur Ermittlung der Betriebszeit t_x , nach der das Bauteil A aufgrund des Werkstoffzustandes seine Lebensdauer erreicht hat, werden zu den Betriebszeiten t_1, t_2, t_3 jeweils Proben aus dem

Bauteil A entnommen. Diese Proben werden mechanisch so belastet, daß die Kurzzeitwerte $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ (z. B. die Warmstreckgrenze nach der Betriebstemperatur) ermittelt werden. Die graphische Darstellung der Kurzzeitwerte $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ über den Betriebszeiten t_1, t_2, t_3 im Beanspruchungs-Zeit-Diagramm ergibt die Schnittpunkte 1, 2, 3. Durch Verbinden der einzelnen Schnittpunkte

erhält man eine charakteristische Kurve 4. In das Diagramm wird die zulässige Beanspruchung σ_{zul} eingetragen und die Kurve 4 mit der erreichten Tendenz so verlängert, daß der Schnittpunkt 5, also σ_{zul} zur Betriebszeit t_x , gebildet wird. Aus der Kenntnis der Betriebszeit t_x kann die Restlebensdauer ermittelt werden. Für den abgeschätzten Zeitpunkt ist zu gewährleisten, daß die bisherigen Betriebsparameter (Druck und Temperatur) und die vorangegangene Fahrweise (Anzahl der An- und Abfahrvorgänge) im Durchschnitt eingehalten werden.

Die erste Probenahme sollte zu einem solchen Zeitpunkt (Betriebszeit t_1) erfolgen, der gewährleistet, daß das Bauteil A bereits mit den End-Betriebsparametern belastet wurde, d. h., daß die durch die Herstellung des Bauteiles A vorhandenen Einflüsse abgebaut worden sind.

Die Zeitpunkte zur Entnahme von Proben zu den Betriebszeiten t_1 , t_2 , t_3 sind auf der Grundlage von Erfahrungswerten oder auf der Grundlage von durch zerstörungsfreie Werkstoffuntersuchungen ermittelten Gefügeänderungen festlegbar. Bei größeren Schwankungen der Betriebstemperatur sind anstelle der Betriebszeiten t_1 , t_2 , t_3 im Diagramm die entsprechenden Larson-Miller-Parameter P_1 , P_2 , P_3 zu verwenden.

Folgende Vorteile sind erzielbar:

1. Die sehr zeit- und kostenintensiven Langzeituntersuchungen entfallen bzw. sind nur in Ausnahmefällen erforderlich
2. Die notwendigen Untersuchungen sind mit allgemein vorhandener Prüftechnik zu realisieren.
3. Das Fertigen von Zeitstandproben aus dünnwandigen Bauteilen für Langzeituntersuchungen ist sehr aufwendig bzw. teilweise unmöglich. Das vorgeschlagene Verfahren bietet die Möglichkeit, auch für derartige Bauteile und Baugruppen eine Abschätzung der Restlebensdauer vornehmen zu können.
4. Die vorgesehene grafische Auswertung gestattet es, sehr schnell zu auswertbaren Ergebnissen zu gelangen.
5. Auftretende Unterschiede bei der durchschnittlichen Betriebstemperatur können durch den Larson-Miller-Parameter berücksichtigt werden.

6. Die Erfassung und Auswertung der ermittelten Daten sind mittels EDVA (Prozeßrechner) möglich.

Die aus den Probenuntersuchungen gewonnenen Aussagen beziehen sich auf den Werkstoffzustand des betreffenden Bauteiles bzw. der betreffenden Baugruppe. Zur umfassenden Beurteilung des Bauteil- oder Baugruppenzustandes sind zerstörungsfreie Prüfungen und Aufweitungsmessungen während des gesamten Betriebszeitraumes vorzunehmen und bei erforderlichen Rekonstruktionsentscheidungen zu berücksichtigen.

Zur Bestimmung der Restlebensdauer ist es auch möglich, mit Methoden der zerstörungsfreien Werkstoffuntersuchungen die Kurve 4 nach Kennwerten auf der Grundlage von Eichkurven zu ermitteln.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer eines zeitstandsbeanspruchten Bauteiles, insbesondere in Wärmekraftwerken oder in Anlagen der chemischen Industrie, gekennzeichnet dadurch, daß Proben aus betriebsbeanspruchten Bauteilen nach Ablauf fortschreitender Betriebszeiten entnommen, ein Kurzzeitwert der jeweiligen Probe ermittelt und in einem Diagramm über der Betriebszeit oder dem zugehörigen Larson-Miller-Parameter eingetragen, die daraus resultierende Kurve festgelegt und aus der Tendenz der Kurve sowie dem zulässigen Beanspruchungs-Grenzwert die Restlebensdauer direkt ermittelt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß als Kurzzeitwert ein mechanischer Kennwert ermittelt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß als Kurzzeitwert die Wamrstreckgrenze nahe der Betriebstemperatur ermittelt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß als Kurzzeitwert ein Wert mittels zerstörungsfreier Werkstoffuntersuchungen ermittelt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

