

FVWHT Tagung 2019

*terugkoppeling van een
jaarlijkse Duitse bijeenkomst*



Contactgroep
Hoge-TemperatuurGedrag
Metalen

@ BIL – Gent (B)
13 december 2019



Rob GOMMANS

1



42. Vortragsveranstaltung

am 29. November 2019
in Düsseldorf



Langzeitverhalten warmer Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe

70 Jahre Gemeinschaftsforschung für das Langzeitverhalten von warmfesten Stählen und Hochtemperaturwerkstoffen

2

Historie - kurz zusammengefasst

FVWHT

1949 Gründung der Arbeitsgemeinschaft Warmfeste Stähle (AGWS)

1950 Erste Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Warmfeste Stähle

1957 Gründung der Arbeitsgemeinschaft Hochtemperaturwerkstoffe (AGHT)

1972 }
1990 } Einrichtung diverser Arbeitsgruppen in den beiden Arbeitsgemeinschaften

1991 Foundation of European Creep Collaborative Committee (ECCC)

2015 Zusammenlegung der „Arbeitsgemeinschaft Warmfeste Stähle“ und der „Arbeitsgemeinschaft Hochtemperaturwerkstoffe“ in die „Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“ (FVWHT)

3

Ziele und Aufgaben der FVWHT

In der Forschungsvereinigung werden Langzeitprüfungen (insbesondere Kriechversuche) im Temperaturbereich von 450°C bis 1200°C durchgeführt:

Ziel:
Werkstoffhersteller kooperieren mit Werkstoffanwendern und Forschungsinstituten, um das Langzeitverhalten kriechbeständiger Werkstoffe (ferritisch/martensitische Stähle, austenitische Stähle, Nickellegierungen) und ihrer Schweißverbindungen zu untersuchen:

- Zeitstandversuche
- Ermüdungsversuche
- Relaxationsversuche
- Rissfortschrittsversuche

Methodik:

- **Langzeitversuche** (bis Versuchsdauern > 10 Jahre) werden in Projektgruppen geplant und in jährlichen Sitzungen kontinuierlich überwacht
- Initiierung und Betreuung von **öffentlich geförderten Forschungsvorhaben** durch die entsprechenden Projektgruppen
- Finanzierung von Langzeitversuchen erfolgt durch **Mitgliedsbeiträge** der Unternehmen
- Durchführung einer jährlichen **Vortragsveranstaltung**

4

Mitgliedsfirmen, Organisationen und Institute

Vormaterialhersteller:
Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel
VDM Metals
voestalpine BÖHLER Edelstahl

Rohrhersteller:
Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes
Sandvik
Schoeller Werk
Vallourec Deutschland

Schmieden:
BGH Edelstahl
Edelstahl Rosswag
Saarschmiede
Schmiedewerke Gröditz

Stahlgießereien:
Pleissner Guss
Sande Stahlguss
Schmidt & Clemens
Schmolz & Bickenbach
Silbitz Guss
voestalpine Gießerei

**Prüfstellen/
Institute:**

IfW Darmstadt
MPA Stuttgart
Siempelkamp
Prüf- & Gutachter-
gesellschaft

Energieerzeugungsanlagen:
ABB Turbo
General Electric
Hitachi Power Europe
MAN Energy Solutions SE
MTU AeroEngines
Siemens

Stahlverarbeitung:
Bliflinger Engineering & Technologies

Schweißtechnik:
voestalpine Böhler Welding

Blechhersteller:
Dillinger

Institute der Industrie:
Salzgitter Mannesmann Forschung

Trägerorganisationen:
Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV)
FDBR e.V. - Fachverband Anlagenbau
VGB PowerTech e.V.
BDGuss
Stahlinstitut VDEh

Geschäftsführung:
Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) e.V.

5

Kooperation mit ECCC

Das European Creep Collaborative Committee (ECCC) wurde 1991 gegründet, um für europäische Standards abgesicherte Daten bereitzustellen.

- › ECCC ist derzeit ein industriefinanziertes Gemeinschaftsprojekt
- › Arbeitsgruppen von ECCC werden in Projektgruppen der FVWHT gespiegelt.
 - › WG1 – Data Generation and Assessment Procedures → *Ergänzung zu FVWHT-Aktivitäten*
 - › WG3A – Ferritic steels
 - › WG3B – Austenitic steels
 - › WG3C – Nickel base alloys

} → *Datenbereitstellung aus FVWHT – Bestand für gemeinsame, europäische Auswertungen und Abstimmung weiterer Prüfungen und Schwerpunkte*

- › „Produkte“ von ECCC
 - › Europäische Auswertemethoden, internationale Vernetzung (Japan, USA)
 - › ECCC data sheets for standards
 - › ECCC recommendations
- › Darstellung von Ergebnissen der FVWHT auf internationaler Ebene

ECCC
2020

nächste **ECCC-Konferenz:** 13.-17.09.2020 in Edinburgh, www.eccc2020.com

6

● schade-analyse

● materiaalkennis

● verbindingstechnieken

● corrosie en slijtage

● niet destructief onderzoek


● technische analyse

42. Vortragsveranstaltung

am 29. November 2019
in Düsseldorf

Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe

70 Jahre Gemeinschaftsforschung für das Langzeitverhalten
von warmfesten Stählen und Hochtemperaturwerkstoffen



7

● schade-analyse

● materiaalkennis

● verbindingstechnieken

● corrosie en slijtage

● niet destructief onderzoek

● technische analyse

<p>09:00 Begrüßung T.-U. Kern (Siemens AG sowie Vorsitzender FVWHT)</p> <p>09:05 70 Jahre Gemeinschaftsforschung für das Langzeitverhalten von warmfesten Stählen und Hochtemperaturwerkstoffen T.-U. Kern (Siemens AG), C. Keul (FOSTA e.V.)</p> <p style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Werkstoffanwendungen</p> <p>09:20 Werkstoffe für Müll- und Biomasseverbrennungsanlagen – A never ending story M. Spiegel (Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH), P. Schraven (Mannesmann Stainless Tubes)</p> <p>09:45 The effect of biomass co-firing on the corrosion of steels and Ni-base alloys X. Montero, M. Rudolphi, M.C. Galetz (Dechema Forschungsinstitut)</p> <p>10:10 Austenitische Werkstoffe als Salzträger für Solarkraftwerke M. Spiegel (Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH), P. Schraven (Mannesmann Stainless Tubes), F. Müller (IFW TU Darmstadt)</p> <p>10:35 Pause</p> <p style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Kriech-/Kriechriss-/ Kriechermüdungsverhalten</p> <p>10:55 Bedeutung der Kriechriss- und Kriechermüdungsseinleitung für den Betrieb von Dampfturbinenbauteilen S. Sheng, H. Almstedt (Siemens AG), J. Ewald (-), F. Müller, (IFW TU Darmstadt), A. Klenk (MPA Universität Stuttgart)</p> <p>11:20 Aktuelles zum Kriech- und Kriechrissverhalten der Legierung C-263 F. Mueller, M. Oechsner, C. Kontermann (IFW TU Darmstadt), M. Speicher, A. Klenk (MPA Universität Stuttgart)</p>	<p>11:45 Einfluss der elastischen Anisotropie auf das Kriechrissver- halten grobkörniger Nickelbasislegierungen L. Woellmann, F. Mueller, C. Kontermann, M. Oechsner (IFW TU Darmstadt), M. Speicher (MPA Universität Stuttgart)</p> <p>12:10 Mittagspause</p> <p style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Lebensdauerbewertung I</p> <p>13:30 Zur Messung von Schweißminderungsfaktoren mit geschweißten Röhren R. Mohrmann (RWE Power AG)</p> <p>13:55 Bewertung von Rohrleitungskomponenten unter Berücksichtigung tatsächlicher betrieblicher Beanspruchungen im Hinblick auf Sicherheit und Lebensdauer J. Quatier, T. Bender, A. Klenk (MPA Universität Stuttgart), K. Metzger (Großkraftwerk Mannheim AG)</p> <p>14:20 Zur Restlebensdauerbewertung geschweißter, riss- behafteter Bauteile I. Varfolomeev, G. Maier, S. Moroz (Fraunhofer IWM)</p> <p>14:45 Pause</p> <p style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Lebensdauerbewertung II</p> <p>15:00 Zur Lebensdauerbewertung von Kriechermüdungs- versuchen mit unterschiedlichen Konzepten G. Maier, H. Oesterlin, Fraunhofer IWM</p> <p>15:25 Einflussfaktoren bei der Lebensdauerbewertung von Kom- ponenten in Bestandskraftwerken unter Berücksichtigung flexibler Fahrweise J. Quatier, A. Udoh, A. Klenk (MPA Universität Stuttgart), F. Müller, C. Heinemann (IFW TU Darmstadt)</p>
--	--

8

schade-analyse
matenaalkennis
verbindingstechnieken
corrosie en slijtage
niet destructief onderzoek
technische analyse

Werkstoffe für Müll- und Biomasseverbrennungsanlagen - A never ending story

Prof.Dr.rer.nat. Michael Spiegel, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg
Dipl.-Ing. Patrik Schraven, Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes, Mülheim/Ruhr

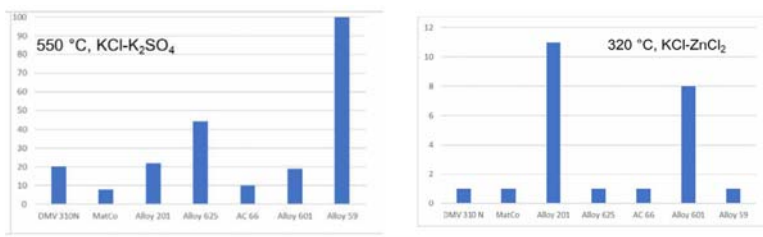


T [°C]	Gaszusammensetzung	Belag
550	N ₂ -20%H ₂ O-4%O ₂ -15%CO ₂ -100ppmSO ₂ -1000ppm HCl	KCl-K ₂ SO ₄
320	N ₂ -20%H ₂ O-4%O ₂ -15%CO ₂ -100ppmSO ₂ -1000ppm HCl	KCl-ZnCl ₂

	Fe	Ni	Cr	Mo	Al	Si
Alloy 625	<5	58-71	21-23	8-10	<0.4	<0.4
Alloy 201	-	99.8	-	-	-	-
Alloy 601	<18	58-63	21-25	-	1-1.7	<0.5
Alloy 59	< 1.5	Bal.	22-24	15-16.5	0.1-0.4	<0.1
310 N	Bal.	20	25	-	-	<0.4
AC 66	Bal.	31-33	26-28	-	<0.03	<0.3
MatCo	Bal.	28	22,6	3.0	2.0	0.1

9

schade-analyse
matenaalkennis
verbindingstechnieken
corrosie en slijtage
niet destructief onderzoek
technische analyse



Die Versuche bei 550 °C zeigen die schädigende Wirkung hoher Anteile an Molybdän. Das Molybdän bildet leichtflüchtige Oxide bzw. Oxychloride, die unter den gegebenen Bedingungen verdampfen. Besonders positiv sind die aluminiumhaltigen Legierungen zu bewerten, die dünne Schichten aus Cr₂O₃ und wenig innere Korrosion zeigen.

10

schade-analyse
matenaalkennis
verbindingstechnieken
niet destructief onderzoek
technische analyse

corrosie en slijtage
onderhoudstrategie



Austenitische Werkstoffe als Salzträger für Solarkraftwerke

Prof.Dr.rer.nat. Michael Spiegel, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg
Dipl.-Ing. Patrik Schraven, Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes, Mülheim/Ruhr
Dr.-Ing. Falk Müller, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

pijpjes dia.20x1mm **Haynes 230** (lengte 20 m)






[Source: SolarReserve.com]

Bild 1 Receiver für Salzschmelze (700 MW_{th} Receiver des Crescent Dune Projektes)

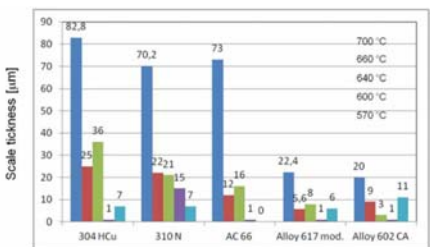
11

technische analyse

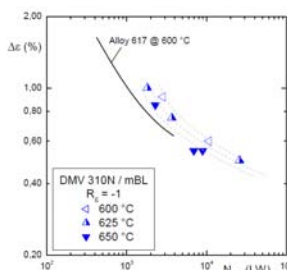
strategie



(wt.%)	Ni	Fe	Cr	Co	Mo	Cu	Ti	Al	C	Mn	Si	N	other
DMV 304 HCu	8.83	bal.	18.64	-	-	3.0	-	0.030	0.100	0.72	0.23	0.05	0.43Nb
DMV 310 N	21.0	bal.	24.68	-	-	-	-	-	0.060	1.21	0.44	0.2	0.45Nb
DMV AC 66	32,3	bal.	27,1	-	-	-	-	<0.025	0.060	<1	<0.3		Ce:0.05-0.1 Nb: 0.6-1
DMV 617	bal.	0.8	21.8	11.9	8.7	0.01	0.45	1.15	0.065	0.03	0.08	<0.01	0.005B
Alloy 602 CA	bal.	9.3	24.9	-	-	<0.1	0.13	2.1	0.18	<0.5	<0.5		Y:0.05-0.12 Zr:0.01-0.1



Scale thickness [µm]



DMV 310N / mBL
R_s = -1

DMV 310N eine hinreichende Korrosionsbeständigkeit sowie eine hohe Lebensdauer bei Ermüdungsbelastung gezeigt. Bis etwa 640 °C sollte der Werkstoff nach bisherigen Erkenntnisse eine preiswerte Alternative zu Nickelwerkstoffen darstellen. Weitere Untersuchungen zur Beständigkeit sollen folgen.

12

matenaalkennis
verbindingstechnieken
niet destructief onderzoek
technische analyse
schade-analyse
corrosie en slijtage
onderhoudstrategie

Bedeutung der Kriechriss- und Kriechermüdrisseinleitung für den Betrieb von Dampfturbinenbauteilen

Dr.-Ing. Shilun Sheng, Siemens
Dipl.-Ing. Henning Almstedt, Siemens
Dr.-Ing. Jürgen Ewald, Mülheim
Dr.-Ing. Falk Müller, IfW Darmstadt
Dr.-Ing. Andreas Klenk, MPA Stuttgart

Der Werkstoff mit hoher Kriechduktilität weist eine deutlich längere Lebensdauer als der Werkstoff mit niedriger Duktilität auf.

13

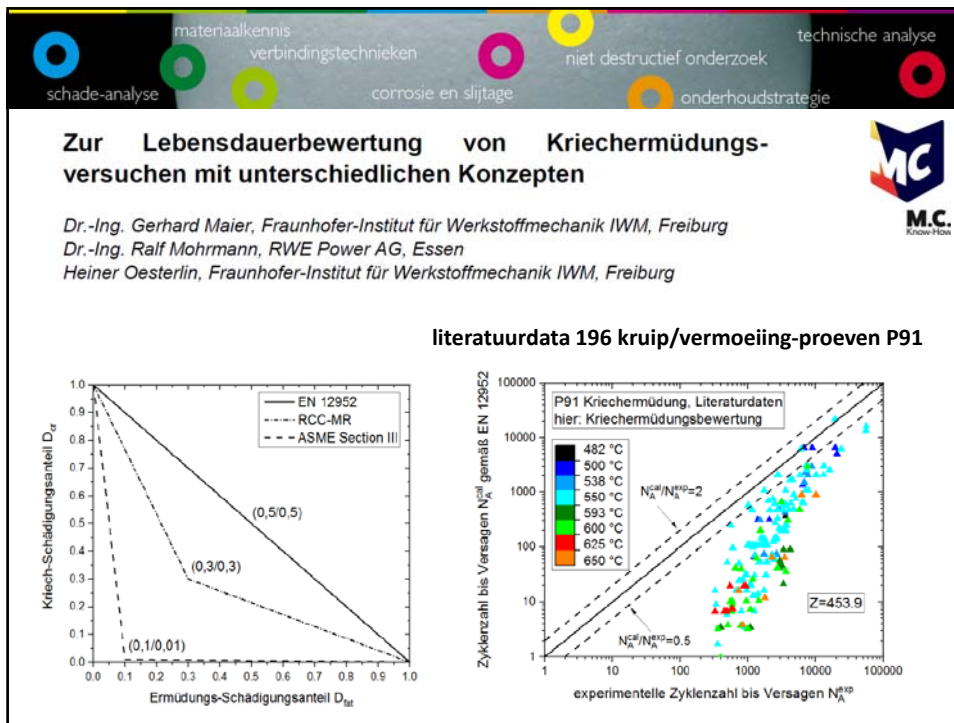
matenaalkennis
technische analyse
schade

Zur Messung von Schweißminderungsfaktoren mit geschweißten Rohren

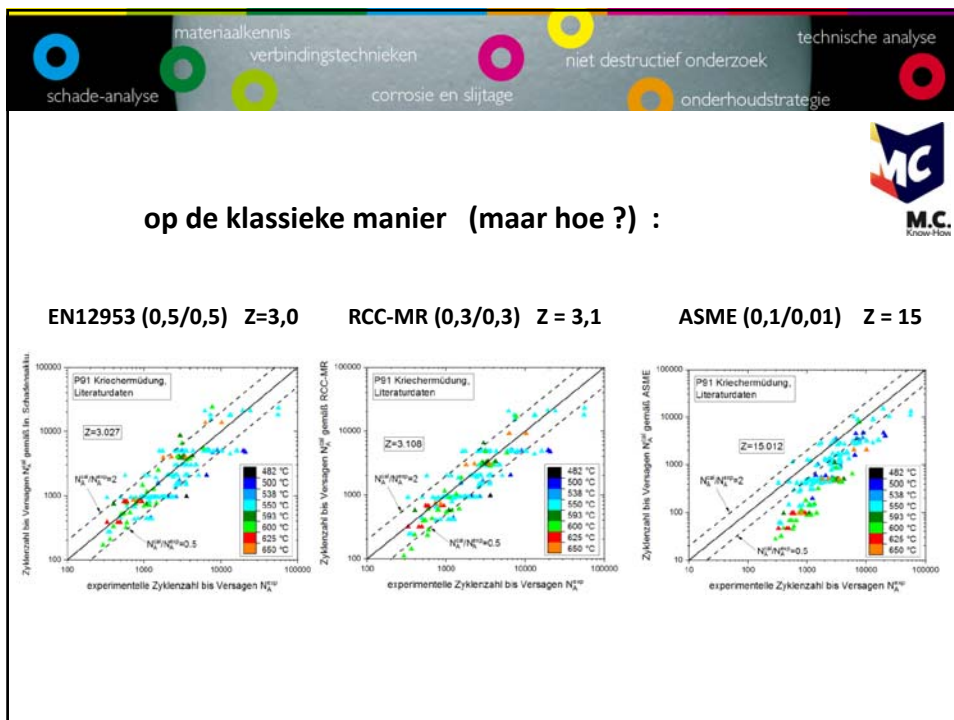
Dr.-Ing. Ralf Mohrmann, RWE Power AG, Essen

Die Bestimmung von Schweißminderungsfaktoren erfolgt zumeist mit Hilfe von uni-axiale Zeitstandproben, Solche Proben zeigen inhomogene Verformungen. Versuchsauswertungen zeigen Schweißminderungsfaktoren unterhalb 0,64. Deshalb wurde eine alternative Prüftechnik auf Basis von geschweißten Rohren vorgeschlagen. Die Versuche gestartet in 2018. Ergebnisse : 2022-2024.

14



15



16

matenaalkennis
schade-analyse
verbindingstechnieken
corrosie en slijtage
niet destructief onderzoek
onderhoudstrategie
technische analyse

Der Parameter D_{TMF} ist zyklusbezogen definiert gemäß:

$$D_{TMF} = \left(1,45 \frac{\Delta\sigma_{I,off}^2}{\sigma_{cy} E} + \frac{2,4}{\sqrt{1+3N}} \frac{\Delta\sigma_I^2}{\sigma_{cy} \Delta\sigma_e} \Delta\epsilon_e^{vp} \right) F .$$

allesbepalend is hoe de houdtijd tijdens de kruip-vermoeding wordt meegenomen

Ramberg-Osgood
bepalen sigma aan begin houdtijd
Feltham
spanningsrelaxatie tijdens houdtijd

D_{TMF} met EN12952 (0,5/0,5) : $Z = 2,5$
na verwijderen verklaarbare uitschieters : $Z = 2$

Zyklenzahl bis Versagen N_A^{exp} gemäss D_{TMF} -Modell

experimentelle Zyklenzahl bis Versagen N_A^{exp}

Legend: (C)LCF/slowLCF/LCF-HT, ▲ Literaturdaten Kriechermüdung

Temperatures: 482 °C, 500 °C, 538 °C, 550 °C, 593 °C, 600 °C, 625 °C, 650 °C

17

matenaalkennis
schade-analyse
verbindingstechnieken
corrosie en slijtage
niet destructief onderzoek
onderhoudstrategie
technische analyse

SAMENVATTING


jaarlijkse bijeenkomst met de resultaten van Duitse onderzoeksprojecten op het gebied van hoge-temperatuurgedrag van metalen

→ laatste vrijdag van november / ieder jaar / <https://langzeitverhalten.de>


samenwerkingsvoordeel dat we in NL niet meer hebben (in B ?)

ECCC 2020 : 13–17 September in Edinburgh www.eccc2020.com

18



Materials & Corrosion Know-How



- **onafhankelijk** ingenieursbureau
- gespecialiseerd in het **gedrag van metalen** in hun omgeving (T,pH,%,medium) en belastingsomstandigheden (P,Nf,tR)
 - oplossen schadegevallen (en voorkomen schades)
 - het geven van materiaal- en reparatie-adviezen
 - opstellen inspectieplannen en inspectietermijnen
 - assistentie bij risk-based inspection
- **langdurige ervaring** : schakel tussen theorie en praktijk
- klanten :
 - kapitaal-intensieve productiebedrijven
 - electriciteitsopwekking, (petro-) chemie
 - tussen probleemeigenaar en leverancier/fabrikant (bij-/ ter voorkoming onenigheden)
 - 1st, 2nd en 3rd opinion **schade-onderzoeken**
 - opleidingen, cursussen

Rob GOMMANS
+31 (0)46 410 7709
+31 (0)6 5135 6198
rob.gommans@mc-knowhow.nl

19