

Couplage de techniques de microscopies électroniques, mesures de champs et calculs pour l'étude de l'influence des paramètres microstructuraux sur l'amorçage de fissures en corrosion sous contrainte.

E. Chaumun, E. Heripré, M. Sennour, C. Duhamel, C. Guerre, I. de Curières,

J. Crépin

► To cite this version:

E. Chaumun, E. Heripré, M. Sennour, C. Duhamel, C. Guerre, et al.. Couplage de techniques de microscopies électroniques, mesures de champs et calculs pour l'étude de l'influence des paramètres microstructuraux sur l'amorçage de fissures en corrosion sous contrainte.. Colloque ' La métallurgie, quel avenir!' bicentenaire de l'Ecole des Mines de Saint Etienne, Jun 2016, Saint Etienne, France. cea-02442295

HAL Id: cea-02442295 https://cea.hal.science/cea-02442295

Submitted on 16 Jan 2020 $\,$

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers. L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés. Couplage de techniques de microscopies électroniques, mesures de champs et calculs pour l'étude de l'influence des paramètres microstructuraux sur l'amorçage de fissures en corrosion sous contrainte.

> E. Chaumun^{1,2,3}, <u>E. Héripré^{3,*}</u>, M. Sennour², C. Duhamel², C. Guerre¹, I. de Curières⁴, J. Crépin²

¹ CEA, DEN, DPC, SCCME, Laboratoire d'Etude de la Corrosion Aqueuse, 91191 Gif-sur-Yvette

² Centre des Matériaux, MINES Paris Tech, CNRS UMR 7633, BP 87, 91003 Evry

³ LMS, Ecole Polytechnique, CNRS, Université Paris-Saclay, 91128 Palaiseau

4 IRSN, Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire, BP 17, 92262 Fontenay-aux-Roses

*maintenant à : MSSMat, CentraleSupelec, CNRS, Université Paris-Saclay, 92290 Châtenay-Malabry







Contexte général



La CSC de l'Alliage 82 : ce que l'on sait.

Retour d'expérience établi en 2007 sur la fissuration en CSC dans les soudures en alliages à base de nickel [EPRI2007] :

3 cas sur 300 concernent l'Alliage 82 (NiCr20Mn3Nb) sur des soudures non traitées thermiquement.

Fissuration intergranulaire observée en milieu primaire [Scott2005] et en milieu vapeur d'eau hydrogénée [Buisine1994]

- Etudes d'amorçage
 - Temps à l'amorçage en milieu primaire : de 1600 h à >6500 h à 360 °C en fonction de la nuance d'A82 et des conditions d'essai [Buisine1994][Vaillant2007]
 - Energie d'activation apparente d' amorçage : 185 kJ/mol [Amzallag2001][Pathania2002]





La CSC de l'Alliage 82 : les questions qui se posent

Quels sont les joints de grains qui fissurent ?

Quels sont les paramètres les plus critiques dans la corrosion sous contrainte de l'A82 ? La chimie ? La mécanique ? Pourquoi une meilleure tenue à la CSC avec un traitement thermique ?









La CSC : qu'est-ce que c'est ? Notre étude.

La Corrosion Sous Contrainte : mode principal de dégradation des composants dans les REP







Le matériau : A82



		С	Si	Mn	Р	S	Cu	Мо	Ni	Cr	Со	Nb	Ti	Fe
	RCC-M	<0,1	<0,5	2,5/3,5	<0,03	<0,015	<0,5	-	>67	18/22	<0,1	2/3	<0,75	<3
	Moule A	0,014	0,17	2,88	0,002	0,017	<0,01	0,05	72,9	18,15	0,01	2,83	<0,01	2,3
	Moule B	0,025	0,07	2,57	0,004	<0,001	<0,01	-	71,7	19,12	0,04	2,41	0,1	3,07

2 états métallurgiques :

MSSMat

Moule	Procédé de soudage	Etat métallurgique			
Moule A	FCAW * MIG/MAG	Brut de soudage			
Moule B		Brut de soudage			
Moule B [™]	GTAW ** TIG	Traité thermiquement à 600 °C pendant 7 h			

* Flux Cored Arc Welding, Metal Inert Gas /Metal Active Gas fil fourré) ** Gas Tungsten Arc Welding, Tungsten Inert Gas





L





- Morphologie : taille de grain hétérogène + les grains sont allongés suivant la direction S
- Texture cristallographique plus marquée pour le Moule A que pour le Moule B
- Volume élémentaire représentatif → cm3















- Moule A plus sensible à l'amorçage de fissures de CSC que le Moule B

- Moule B plus sensible à l'amorçage de fissures de CSC que le Moule $B^{T\!T}$

Quelques observations :

- Différence entre les deux moules (pas la même composition chimique ni le même procédé de soudage)

- Effet bénéfique du traitement thermique probablement dû à la précipitation de carbures de chrome intergranulaires dans le Moule B^{TT} [Sennour2013]

- Très grande variation pour un même moule \rightarrow Effet du VER ?





Moule A : A82 18 %Cr, FCAW, brut de soudage

- Moule B : A82 19 %Cr, GTAW, brut de soudage
- Moule B^{TT} : A82 19 %Cr, GTAW, détensionné 7 h à 600 °C











Analyses chimiques de surface en pied et en milieu de passes de soudage sur les moules A, A^{T} , B et B^{T}

Microsonde de Castaing et SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry)



Analyse "mésoscopique" : 1mm²





- → ≈ 60% des fissures dans des zones de déformation >12%
- → La localisation de la déformation ne conduit pas systématiquement à l'amorçage de fissures
- → Investigations plus approfondies pour compléter l'analyse du comportement mécanique local
 - → étude des contraintes aux joints de grains













Analyse "microscopique" : Résultats des premiers calculs

5 joints de grains fissurés et 9 joints de grains non fissurés (d'après les observations en surface au MEB)



 \rightarrow La moyenne des $\sigma_{N_{max}}$ fissurés > moyenne of $\sigma_{N_{max}}$ non fissurés

→ Tous les cas fissurés ont $\sigma_{N_{max}} \ge 1,62$ fois la contrainte moyenne











Observation 3D des jdg

Analyses des joints de grains sélectionnés par MEB-FIB (ANR-10-EOPX-37)



Deux observations majeures :

- \rightarrow Mesure de l'orientation du joint de grains dans l'épaisseur pour prise en compte dans les calculs.
- \rightarrow Observations d'ouvertures non visibles en surface !









Nouveaux résultats

Contrainte normale au joint de grains.

CENTRE DES MATERIAUX



18



Conclusions

- Etude multi-échelles expérimentale et numérique
- Couplage de techniques expérimentales : Essais en autoclaves / MEB / EBSD / FIB / MET / µsonde / SIMS
 - Compréhension générale avec une étude macroscopique de la sensibilité à la CSC fonction de la chimie et de l'état métallurgique
 - Compréhension de la dispersion de résultats avec une analyse moyenne (mésoscopique) de la chimie et des tailles de grains
 - Analyse de la sensibilité de JdG à l'échelle d'un bicristal (Echelle microscopique)
 - Echelle nanoscopique (TEM) pour l'analyse des précipités sur les JdG.









References

. .

- E. Deneuvillers-Chaumun, PhD thesis, Mines-Paristech, 2016.
- E. Chaumun, J. Crépin, C. Duhamel, C. Guerre, E. Héripré, M. Sennour and I. de Curières. SCC crack initiation in nickel-based alloy welds I hydrogenated steam at 400°C. *Env. Deg.*, 2015.
- C. Guerre, ICG-EAC meeting 2014-2015. I. de Curières, ICG-EAC 2016.
- M. Sennour, E. Chaumun, J. Crépin, C. Duhamel, F. Gaslain, C. Guerre, I. de Curières, TEM investigation on the effectof chromium content and of stress relief treatment on precipitation in Alloy 82, *Journal of Nuclear Materials*, 2013.







E. Héripré, MetAv2016

N