



I 1115 - wj - - 354 - FR 7700869 ✓

EIGHTH WORLD CONFERENCE ON NONDESTRUCTIVE TESTING

HUITIEME CONFERENCE MONDIALE
SUR LES ESSAIS NON DESTRUCTIFS

4B4

LE CONTROLE RADIOGRAPHIQUE DES MATIERES PLASTIQUES

RENFORCEES DE FIBRES DE VERRE

E. BABYLAS

BEYNE-HEUSAY

BALTEAU S.A.

BELGIQUE

- SUMMARY:** L'examen par microradiographie de coupes prélevées dans les plastiques renforcés de fibres de verre a permis d'obtenir des informations sur l'origine des défauts se développant au cours du moulage.
- RESUME :** Une liaison a pu être trouvée entre les examens microradiographiques et les radiographies obtenues en contrôle de série. Les conditions opératoires permettant d'obtenir des radiogrammes de bonne qualité sont analysées.

I. INTRODUCTION

Certaines conceptions se rapportant à la mise en oeuvre des matières plastiques renforcées de fibres de verre ont retenu notre attention. En effet, on considère que les caractéristiques mécaniques des matières plastiques peuvent être sensiblement différentes de celles annoncées ; et ceci parce qu'on peut difficilement éliminer le manque de compacité inhérent au procédé de fabrication.

Il nous est apparu dès lors que faute de pouvoir éliminer les imperfections de fabrication, on était amené au surdimensionnement des épaisseurs afin de pouvoir conserver au matériau ses caractéristiques de résistance mécanique.

Le contrôle non destructif peut améliorer la technique de fabrication par l'identification des imperfections et par-là même de leurs causes. Il n'est pas seulement applicable aux éléments de sécurité, où le contrôle est nécessaire, mais également à beaucoup d'autres cas dans une perspective d'économie de matière première.

II. LIMITES DE NOTRE TRAVAIL

Notre but n'est pas de faire une étude exhaustive de tous les procédés de fabrication, ni du comportement des différents matériaux plastiques, mais de rapporter les conclusions auxquelles nous aboutissons suite aux essais demandés par plusieurs constructeurs européens.

Nos expériences ont porté sur le contrôle de pièces moulées en feutre de fibres de verre préimprégné de résine polyester. La polymérisation est provoquée par chauffage du moule au cours de l'application de la pression de moulage. Ceci n'exclut pas que la méthode de contrôle ne soit applicable à d'autres matières ou

LE CONTROLE RADIOGRAPHIQUE DES MATIERES PLASTIQUES

procédés de fabrication faisant appel au renfort par fibres de verre.

Cette méthode est largement utilisée dans la construction automobile et électrotechnique, l'aviation, le matériel de chemin de fer, la construction de machines etc...

On trouve une gamme de pièces de dimensions petites ou moyennes dont l'épaisseur de paroi varie entre 1 et 25 mm et qui présentent un ensemble de qualités telles que :

- bonne résistance à la rupture pour un poids faible
- isotropie des propriétés mécaniques
- reproductibilité dimensionnelle et état de surface parfait pour les grandes séries
- possibilité d'obtenir des formes géométriques complexes
- possibilité d'inclure des inserts métalliques permettant l'assemblage de plusieurs éléments etc...

III. EXAMEN RADIOGRAPHIQUE DES PRODUITS FINIS

Dans le cas des matériaux composites, on connaît les faiblesses de structure qui compromettent la qualité des produits finis. D'une part les défauts attribués au renfort : désorganisation des fibres ou leur rupture, d'autre part les défauts de compacité de la résine, porosités ou délaminages. Mis à part le défaut de délaminage (défaut plan) qui ne peut être décelé que sous certaines incidences, les autres défauts sont des défauts volumiques et une technique de radiographie à basse tension permet leur détection.

La figure 1 montre comment la pression de moulage peut faire prendre des orientations préférentielles aux fibres de renfort, phénomène que l'on peut observer fréquemment lors de variations brusques de section : le feutre de verre prévu à l'origine pour garantir l'isotropie n'assure plus ce rôle.

La figure 2 montre l'aspect correct du feutre dans une région saine : les fibres ont gardé des orientations quelconques.

Les défauts de compacité sont de natures diverses et provoqués par des causes différentes.

On le constate en observant les clichés radiographiques.

La présence d'air dans le mat préimprégné provoque des soufflures s'il n'a pas pu s'échapper au cours du moulage. Les soufflures sont régulièrement réparties dans toutes les surfaces examinées, et ont une dimension habituellement inférieure au millimètre (figure 3).

Un deuxième type de défauts de compacité, plus important que les soufflures se retrouve dans plusieurs pièces moulées d'origines diverses et destinées à des usages différents. Ils sont de forme géométrique irrégulière et se développent dans les parois épaisses (figures 4 à 6).

L'observateur habitué à l'examen de radiographies de pièces métalliques coulées est tenté de voir une similitude entre ces défauts et les retassures dans les métaux.

LE CONTROLE RADIOGRAPHIQUE DES MATIERES PLASTIQUES

Il n'existe pas à notre connaissance de documents de références permettant l'identification sur radiographie des défauts des matières plastiques comme il en existe pour les soudures par exemple. Nous avons prélevé des coupes minces dans les échantillons qui présentaient ces défauts et avons recherché par radiographie sur film à grains très fins quelle pouvait en être la nature.

Nous les avons donc observés suivant une incidence perpendiculaire à celle sous laquelle ils sont examinés normalement. Les agrandissements photographiques tirés des microradiographies de coupes minces, montrent de fortes perturbations de l'orientation du renfort : les fibres de verre forment à cet endroit des boucles. On se trouve ici en présence de défauts de compacité provoqués par la turbulence de la matière lors de l'application de la pression de moulage.

Il existe durant le moulage un déplacement de matière avec séparation de la résine et des fibres. Le mouvement amène le tassement de résine en périphérie et laisse d'importantes lacunes internes. Les lacunes peuvent d'ailleurs être associées à d'autres défauts. Par exemple un délaminage provoqué par le retrait de la résine (figures 8 et 9).

On voit donc qu'un examen radiographique peut donner des indications précises sur la structure des matériaux composites et des phénomènes se développant lors de leur mise en oeuvre. Nous pensons que cette connaissance peut aider à les corriger et à rendre à cette technique une qualité qui fera oublier quelques déboires dans le passé.

IV. PARAMETRES RADIOGRAPHIQUES

L'absorption de la résine renforcée de fibre de verre est voisine de celle de l'aluminium. Un facteur compris entre 0,7 et 0,75 (dépendant de la densité qui varie entre 1,5 et 2) peut servir à convertir les épaisseurs de polyester en épaisseurs équivalentes d'aluminium.

On peut donc à l'aide de ce coefficient utiliser les abaques d'exposition établis pour l'aluminium.

Les épaisseurs mises en oeuvre dépassent rarement 25 mm. Afin d'obtenir un contraste suffisant sur les radiographies il est indispensable d'utiliser un appareil à rayonnement mou.

Les appareils que nous avons spécialement conçus pour le contrôle des matériaux légers sont des appareils à fenêtre de Béryllium. La fenêtre de Béryllium permet d'exploiter le large spectre de radiations de grande et même de très grande longueur d'onde émises par le tube à rayons X.

La tension d'alimentation du tube à rayons X ne dépasse pas 50 kV et peut être une tension constante ou pulsée.

Le diagramme de la figure 10 compare le facteur de contraste obtenu avec un appareil à fenêtre de Béryllium et celui obtenu avec un appareil dont la filtration équivalente est de 3 mm Al. pour des densités égales.

LE CONTROLE RADIOGRAPHIQUE DES MATIERES PLASTIQUES

Concrètement, dans l'examen des matières plastiques renforcées, le contraste de l'image va permettre de reconnaître des phénomènes tels que la concentration ou l'orientation des fibres du renfort, et les perturbations qui sont à l'origine des défauts de compacité importants de la figure 11.

Les films à grains fins de Agfa-Gevaert type D 4 ou D 2 ou les types M et R de Kodak permettent d'obtenir une bonne sensibilité radiographique.

Dans le cas de la technique opératoire utilisée le flou interne de ces émulsions ne dépasse pas 0,05 mm. Le film monocouche D 2 a été utilisé pour la microradiographie des coupes.

Afin d'obtenir un flou géométrique inférieur au flou interne du film pour une distance de 700 mm entre le foyer du tube et le film, nous avons employé un tube à foyer fin de 0,5 mm x 0,5 mm.

Ces paramètres étant déterminés, nous avons dressé l'abaque d'exposition (figure 12) qui donne les temps d'exposition nécessaires en fonction de l'épaisseur traversée de polyester pour différentes tensions appliquées au tube à rayons X.

L'ensemble de ces conditions radiologiques permet d'obtenir des documents de grande précision et la détection certaine de défauts volumiques.

Dans le cas des défauts plans du type délaminage on sait que l'incidence du faisceau de rayonnement a beaucoup d'importance sur la possibilité de les détecter (figure 13).

Nous avons à cet effet utilisé un système de radioscopie télévisée. Avec un dispositif de manipulation de l'échantillon suivant 3 axes orthogonaux et un mouvement de rotation, nous avons ainsi, par balayage, déterminé les plans dans lesquels se développent les défauts.

Une fois l'incidence trouvée, nous avons poursuivi le contrôle sur film pour augmenter la netteté de l'image.

V. CONCLUSION

On voit donc que le procédé de contrôle radiologique offre plusieurs possibilités d'investigation dans la recherche des défauts internes dans les matériaux composites.

Les informations obtenues par le contrôle aideront le constructeur à améliorer la qualité de sa production :

- par un meilleur choix de la position des événements permettant d'éviter la présence de soufflures.
- par l'amélioration du dessin du moule qui conduira à éviter les défauts de délaminage et de mauvaise répartition de la matière en supprimant les grands déplacements de matière durant le moulage.

REFERENCES

- 1) Inspection and measurements of properties of welds in plastics
by GA - Homès
presented at the AWS - 42nd annual meeting held in N.Y. April
17 - 21 - 1961
- 2) Carbon Fibre Reinforced Polymers and Non-Destructive Testing
by C.N. Owston, B.Sc, Ph.D, M.Inst.P., Grad. M. NDT.S.
- 3) Les applications des plastiques renforcés
CRIF
- 4) Verringerung von Einfallstellen in Werkstücken aus LP-Harzmatteu
von G.P. Ehnert, Battice



Fig. 1 Orientation préférentielle des fibres de renfort



Fig. 2 Aspect du feutre de renfort dans une zone saine



Fig. 3 Porosité dans une plaque de 4mm d'épaisseur

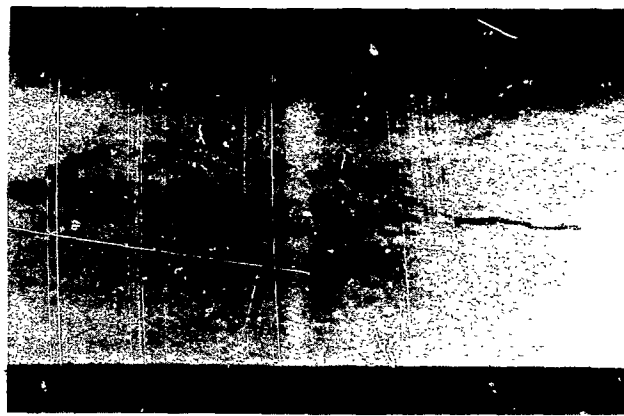


Fig. 4 Défaut de compacité épaisseur de 17 mm



Fig.5 Manque de compacité épaisseur de 21 mm

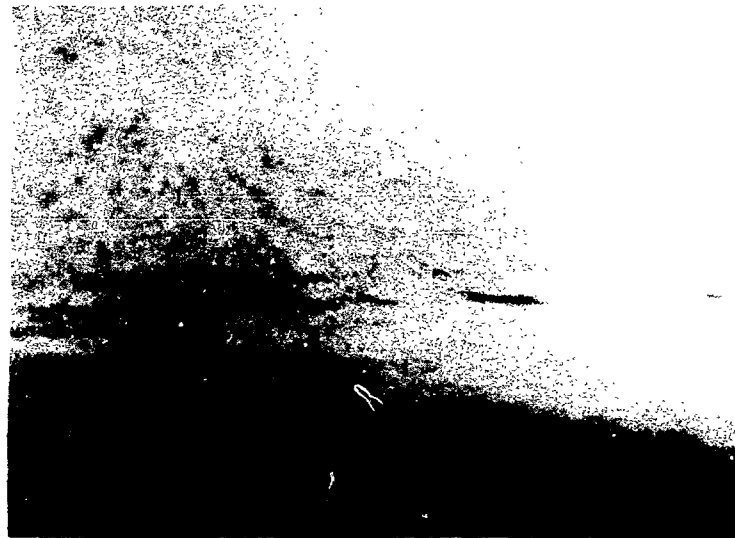


Fig.6 Manque de compacité Epaisseur 12 mm

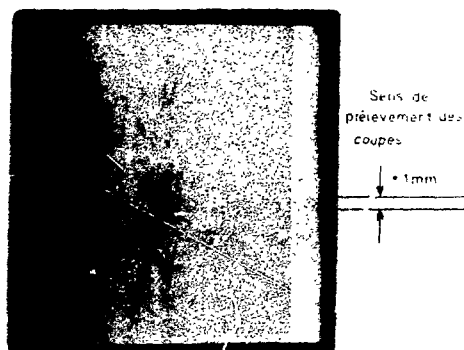


Fig.7



Fig.8 Structure d'une coupe mince



Fig.9 Structure d'une coupe mince



Fig.11 Concentrations des fibres

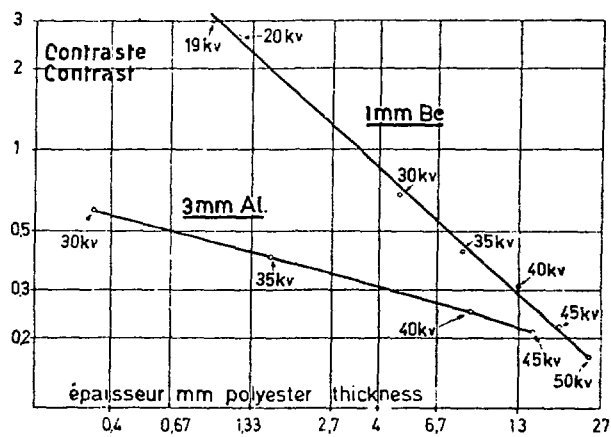


Fig.10: Influence of inherent filtration on contrast

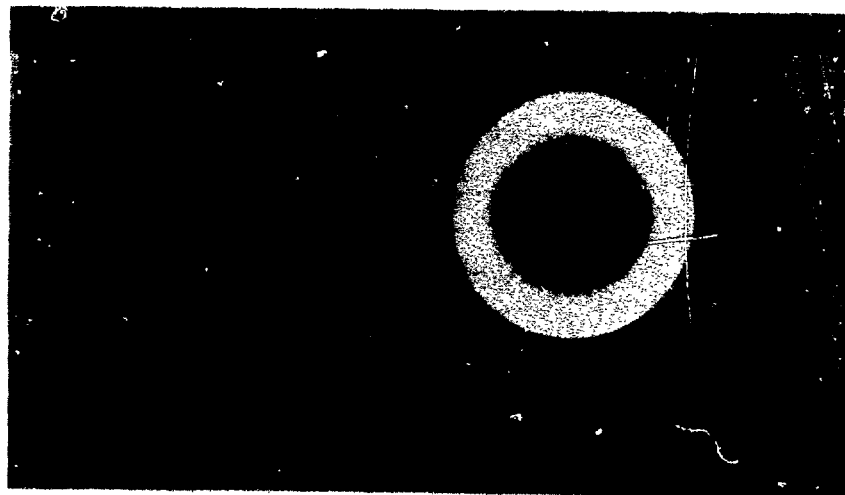
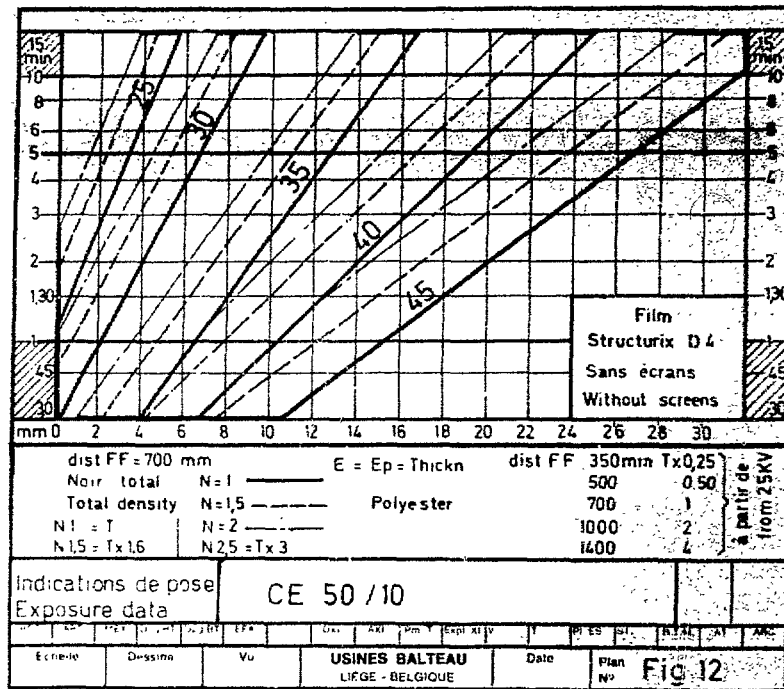


Fig. 13 Défaut de délaminage

