

## Resistenza a fatica di giunti incollati

## Fatigue Strength of Bonded Joints

Alessandro Pironi (Università di Parma)

### Introduzione

Il dimensionamento e/o la verifica di resistenza di giunti incollati sottoposti a carichi variabili ciclicamente (affaticanti), sono comunemente eseguiti mediante l'approccio tradizionalmente utilizzato nella progettazione di strutture, cioè in base alla tensione agente nella giunzione. Tale tensione viene quindi posta a confronto con una resistenza a fatica, desunta eventualmente dalla resistenza statica attraverso una serie di coefficienti dipendenti dal sistema adesivo-aderendo e dalle condizioni ambientali<sup>(1)</sup>.

I risultati delle prove di fatica effettuate in<sup>(2)</sup> su diversi tipi di giunzioni, elaborati seguendo un approccio basato sulla tensione, hanno mostrato consistenti differenze nell'andamento della resistenza a fatica a seconda della giunzione considerata, mentre i risultati di prove a fatica su giunti a doppia sovrapposizione mostrati in<sup>(3)</sup> indicano un aumento della resistenza con la lunghezza di sovrapposizione che fa supporre un'incidenza non trascurabile della fase di propagazione sulla durata del giunto. Sia in<sup>(2)</sup> che in<sup>(3)</sup> sono state effettuate misurazioni per determinare l'incidenza della fase di innescamento rispetto alla propagazione, dalle quali è emersa una dipendenza dal livello di tensione applicato e dalla geometria del sistema adesivo-aderendo. Dall'analisi di questi risultati emerge la necessità di definire un approccio unificato (indipendente dalla geometria e

dal livello di carico) per la determinazione della durata dei giunti incollati sottoposti a carichi affaticanti. Si mostreranno la procedura e i risultati di una campagna sperimentale intesa a studiare il meccanismo di rottura a fatica di giunzioni incollate, distinguendo le fasi di nucleazione e di propagazione del difetto che portava a rottura, valutando la cinetica di quest'ultimo all'aumentare del numero di cicli di applicazione del carico. Verrà proposto uno schema per la progettazione a fatica di giunti incollati basato sulla Meccanica della Frattura (MF).

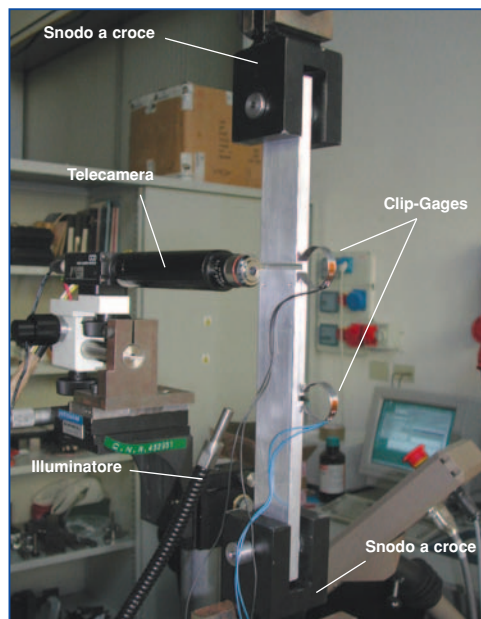
### Prove sperimentali

Le prove sono state condotte utilizzando un giunto del tipo a semplice sovrapposizione. L'apparato sperimentale è riportato in [Fig. 1]. La lunghezza della zona incollata è di 80 mm, sufficiente per poter distinguere tra fase d'innescamento e propagazione del difetto. Gli aderendi sono di lega d'alluminio, mentre l'adesivo utilizzato è il Loctite 330, un estere metacrilato fornito sotto forma di liquido viscoso più attivatore già oggetto di precedenti studi da parte dell'autore e collaboratori<sup>(4-6)</sup>. Esso è classificato come adesivo

### Introduction

The design and/or verification of bonded joints subjected to fatigue loading traditionally re-

[Fig. 1] - Giunto ed attrezzatura di prova / Testing apparatus



lies on the calculation of the stress acting along the bondline. That stress is then compared with a fatigue strength, possibly evaluated from the tensile strength through a series of coefficient depending on the adhesive-adherend system and the environmental conditions<sup>(1)</sup>. The results of fatigue tests performed in<sup>(2)</sup> on different kind of joints, when elaborated using a stress-based approach showed an inherent scatter depending on the joint geometry. The tests made in<sup>(3)</sup> on double-lap shear joints showed an increase of the fatigue strength with the length of the bond-

line. This latter means that the contribution of the propagation phase of the defect leading to rupture is not negligible. An attempt to discriminate the relative importance of initiation and propagation phases of a fatigue defect was made in<sup>(2)</sup> and<sup>(3)</sup> and it turned out that it depends on both stress level and the joint geometry. From these studies it turns out that an approach to fatigue durability without uncertainties on the application to different geometries and/or stress levels would be of great importance in the design of bonded joints.

The procedure and the results of an experimental campaign aimed at: i) studying fatigue failure mechanism of bonded joints, ii) discriminating between initiation and propagation of the defect leading to failure and, iii) evaluating the kinetics of such defect will be presented in the remainder of this paper. Finally, a scheme for the fatigue design of bonded joints based on Fracture Mechanics (FM) will be proposed.

### Experiments

A single-lap-shear joint geometry with a 80mm-long bondline was adopted in order to be able to clearly detect both initiation and propagation phases. The testing apparatus is shown in [Fig. 1]. The aluminum adherends were bonded with Loctite 330, a methacrylate ester supplied as viscous paste plus activator. This adhesive was already sub-