

## **SOMMARIO**

Questo lavoro ha come oggetto l'analisi del processo di foratura di materiali compositi rinforzati con fibra di carbonio (CFRP) mediante la tecnica TCM (Tool Condition Monitoring). Questa permette di quantificare l'usura dell'utensile con il progredire della lavorazione sia direttamente tramite misure ottiche che indirettamente misurando l'andamento delle forze coinvolte nel processo e controllando nel contempo la qualità del foro realizzato. Nella prima fase il laboratorio TCM è stato validato con successo tramite numerose prove. È stato quindi realizzato un apparato di misura flessibile, basato su uno stereomicroscopio dotato di fotocamera digitale e software per l'analisi dell'immagine, in grado di effettuare misure di usura utensile e danneggiamento del laminato. Il sistema sviluppato garantisce alta precisione ed elevata ripetibilità delle misure ed è inoltre facilmente integrabile nella linea produttiva. Il suddetto sistema è stato validato con prove di ripetibilità. Nella seconda fase è stata eseguita un'analisi approfondita del processo grazie ad una ampia campagna di prove di foratura con utensile in HSS e diverse combinazioni di parametri di taglio. Le prove hanno evidenziato, per questa particolare combinazione utensile pezzo, una rilevante influenza della velocità di taglio sulla forza di penetrazione. Nell'ultima fase è stata proposta una procedura di controllo per il processo di foratura basata su logica fuzzy: questa, senza la necessità di un preciso modello matematico, fornisce una stima della delaminazione e su questa effettua la regolazione dell'avanzamento per massimizzare la produttività e la qualità del foro minimizzando i costi (tempi passivi, scarti, rotture utensile).

## **ABSTRACT**

The aim of this work was an analysis of the carbon fiber reinforced plastics drilling process by an application of TCM (Tool Condition Monitoring) technique. This method allows the quantification of the tool wear as a function of the process time with an optical microscope and by measuring the variation of the forces applied during the process and the quality of the obtained hole.

The first step of this work consisted in several tests to validate the multi-sensor system for TCM application. Then a system which allows a quick and repeatable measurement of tool wear in addition to the delamination of composite material around the hole has been developed. The proposed system was based on a stereo microscope equipped with a digital camera and an image analysis software. Since this apparatus could represent a flexible means of measurement easily integrable into manufacturing lines. The procedure was validated by means of many repeatability tests.

In the second step of this work drilling experiments have been carried out with several combinations of different cutting parameters using HSS twist drills. Results obtained pointed out the remarkable influence of the cutting speed on the thrust force for this particular combination of piece/tool.

In the last step a control system for the drilling process has been proposed, based on fuzzy logic since the behaviour of the drilling process cannot be predicted by a mathematical model. This system allowed a prediction of the extension of surface damage and execute the regulation of the feed parameter. The fuzzy control system maximizes the productivity and the quality of the obtained hole reducing costs.