

Diss. ETH No. 16522

Self-Illuminating Pressure Sensitive Paints Using Electroluminescent Foils

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZURICH
for the degree of
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES

Presented by
STEFANO ANGELO AIRAGHI
Dipl. Masch.-Ing. ETH, Zurich

Born January 10, 1975

citizen of
Brusino Arsizio, Ticino

Accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Thomas Rösgen, examiner
Prof. Dr. John P. Sullivan, co-examiner
Prof. Dr. Jürg Wildi, co-examiner

2006

Abstract

Measurements of pressure distributions in wind tunnel testing are used to determine the aerodynamic effectiveness of a design. The classical way of measuring pressure, i.e., pressure taps, has two disadvantages: only discrete points can be acquired and the costs to equip a model are significant. To overcome these problems pressure sensitive paints (PSPs) were developed. This non-intrusive technique allows the measurement of 2-dimensional surface pressure maps with a considerable cost reduction. PSPs have however several intrinsic problems. The emission intensity used to measure pressure does not only depend on pressure variations, but also on homogeneity effects and surface temperature. To reduce the homogeneity problem two techniques were developed: ratio and life-time techniques. Also for the temperature problem many solutions were investigated and proposed in the literature: dual luminophore paints, temperature sensitive paints or the use of IR cameras. However, this increase of complexity results also in an increase of possible problems and measurements errors.

The use of electroluminescent foils as illumination source for pressure sensitive paints was introduced and investigated in this work to simplify the PSP measurements. The feasibility of pre-painting the EL-foils outside the wind tunnel was established. The advantages of the foils are not only confined to a hardware simplification: the errors due to illumination inhomogeneities are reduced and more importantly the possibility of directly measuring surface temperature was demonstrated. As previously explained, the increase in the measurement complexity is accompanied by new problems and difficulties: in particular a reduction of the paint sensitivity could be observed. Some suggestions are given to reduce and possibly eliminate this unwanted effect. Validations in the wind tunnel, showing the capability of measuring pressure and temperature, were successfully performed.

Sommario

Le misurazioni di pressione in galleria del vento sono utilizzate principalmente per migliorare ed ottimizzare il design di un modello. I metodi classici utilizzati, per esempio prese di pressione, hanno principalmente due svantaggi. In primo luogo si possono effettuare unicamente misurazioni in punti distinti e discreti, inoltre i costi per allestire un modello con prese di pressione risultano elevati. L'utilizzo di vernici barosensibili ovvia a questi problemi. Questa tecnica di misurazione non intrusiva permette di visualizzare le pressioni superficiali in modo semplice, riducendo notevolmente i costi.

Tuttavia l'utilizzo di vernici barosensibili implica alcune problematiche. L'intensità delle emissioni fluorescenti dipende non solo dalla pressione parziale in un determinato punto, ma anche dalla omogeneità della vernice/illuminazione e dalla temperatura. Per eliminare, o ridurre, i problemi riguardanti l'omogeneità delle vernici variazioni della tecnica base sono state studiate e sviluppate: *ratio technique* e *life-time PSP*. Per correggere imprecisioni causate dalla temperatura misurazioni addizionali sono state sviluppate e proposte in innumerevoli studi e pubblicazioni: e.s. *dual luminiphore paints*, *temperature sensitive paints* o con l'aiuto di telecamere ad infrarossi. L'aumento in complessità delle tecniche di misurazione causa un inevitabile aumento di problemi correlati alla calibrazione e introduce nuove fonti di errore.

L'utilizzo di fogli elettroluminescenti quale fonte di illuminazione per vernici barosensibili atto a semplificare la tecnica di misurazione è discusso in questa tesi. Le vernici vengono preventivamente spruzzate sui fogli all'esterno della galleria del vento. Altri importanti vantaggi sono chiaramente identificabili: gli errori di misurazione dovuti all'inomogeneità delle vernici e dell'illuminazione sono ridotti e, ancora più importante, la temperatura superficiale può essere misurata direttamente tramite l'emissione dei fogli. Tuttavia, come precedentemente spiegato, aumentando la complessità di una tecnica di misurazione aumentano irrimediabilmente difficoltà, errori e problemi. In particolare, con l'introduzione di fogli elettroluminescenti una riduzione della sensibilità a variazioni di pressione è stata riscontrata. Possibili soluzioni per ridurre o eliminare quest'ultimo problema sono discusse nella tesi. Alcuni esempi di misurazione in galleria del vento sono stati effettuati a dimostrazione della capacità di misurare contemporaneamente pressioni e temperature

superficiali.