

Corrosion Fatigue and Environmentally Assisted Cracking in Aging Military Vehicles

(RTO-AG-AVT-140)

Executive Summary

Damage to metallic aircraft structures due to corrosion is a continuing problem to operators, giving rise to high maintenance costs and loss of aircraft availability. Traditionally viewed as an economic issue, recent work has made a strong case that corrosion is also a threat to flight safety.

There is no universal solution to the problem of corrosion and thus it must be addressed at all stages of the equipment life cycle from initial design through careful selection of structural materials, corrosion protection systems, joint design and assembly, in-service inspection, maintenance and finally repair and refurbishment. In this report the Applied Vehicles Technology Panel of the NATO-RTO reviews progress in these areas occurring over the past twenty five years and with particular emphasis on the impact of corrosion on structural integrity and safety. Typically in built-up aircraft structures, corrosion occurs by pitting action in areas that are difficult to inspect visually without some degree of disassembly. These sites include faying surfaces between fasteners and skin and between the faying surfaces of lap joints. Damage in such areas may be exacerbated by fretting action caused by low amplitude sliding displacements between rubbing surfaces.

As corrosion pits grow stresses at their tips magnify and eventually cracks appear and also grow under the combined action of corrosion and stress that likely includes both static and cyclic components. Stresses arise from the usual sources; the effects of "weight on wheels", residual manufacturing or heat treatment stresses, assembly stresses, and take-off, landing and manoeuvre loads experienced during ground operations and flight. But in the presence of chemically aggressive environments that trigger corrosion, stresses are magnified further due to the thinning of sheet and due to the bulging action and plastic deformation at faying surfaces as corrosion products accumulate between them.

Cracks grow either intergranularly or transgranularly, influenced by electrochemical and stress conditions at crack tips at grain boundaries, and give rise to common forms of damage such as exfoliation, stress corrosion cracking, hydrogen assisted cracking and corrosion fatigue. Many challenges exist to the designer, operator and maintainer, and these challenges are being compounded by the growing awareness of the health, safety and environmental concerns associated with some of the corrosion protection systems that have traditionally been used. Thus all materials, including cadmium and chromium and their compounds, that have played such an important role in protective coatings, primers, paints, corrosion inhibitors and water displacing fluids in the past are being challenged. This report reviews some of the alternative systems that are available and also identifies recent publications that provide detailed and authoritative accounts of relevant work. In this publication a total of 27 chapters are provided covering the detection and characterization of corrosion damage, its impact on costs and structural integrity, its control in aircraft structures and its repair.

La fatigue-corrosion et la fissuration en milieu ambiant des véhicules militaires vieillissants

(RTO-AG-AVT-140)

Synthèse

Les dommages causés par la corrosion aux structures métalliques des aéronefs confrontent les opérateurs à un problème permanent, générant des coûts de maintenance élevés et rendant les appareils indisponibles. Des recherches récentes ont démontré que la corrosion, traditionnellement considérée comme un problème purement économique, représentait également une menace pour la sécurité des vols.

Il n'existe aucune solution universelle au problème de la corrosion, et il doit donc être combattu à chaque étape du cycle de vie du matériel, depuis la conception initiale via la sélection minutieuse des matériaux structurels, en passant par les systèmes de protection contre la corrosion, la conception et l'assemblage des joints, l'inspection en service, la maintenance, jusqu'aux réparations et à la remise à neuf. Dans ce rapport, la commission Technologie appliquée aux véhicules (AVT) de la RTO de l'OTAN a étudié les progrès accomplis en ce domaine au cours des vingt-cinq dernières années, insistant particulièrement sur l'impact de la corrosion sur la sécurité et l'intégrité des structures. Généralement, dans les structures d'aéronefs assemblées, la corrosion se produit par action de piquage à des endroits difficiles à inspecter visuellement sans procéder à un minimum de démontage. Ces zones comprennent notamment les surfaces de contact entre les pièces de fixation et le revêtement, ainsi que les surfaces de contact entre les joints à recouvrement. Les dommages occasionnés à ces emplacements peuvent être aggravés sous l'action du frottement causé par les glissements de faible amplitude entre les surfaces en friction.

Lorsque les piqûres de corrosion s'étendent, les contraintes pesant sur leurs extrémités s'accroissent et des craquelures finissent par apparaître et grandissent sous l'action combinée de la corrosion et des contraintes, ces dernières incluant vraisemblablement des composantes à la fois statiques et cycliques. Les contraintes proviennent des sources habituelles : les conséquences du « délestage », les contraintes résiduelles issues de la fabrication ou d'un traitement thermique, les contraintes d'assemblage et les charges au décollage, à l'atterrissage et lors des manœuvres, subies au cours des opérations au sol et en vol. Mais en présence d'un milieu chimiquement agressif déclenchant la corrosion, les contraintes sont amplifiées du fait de l'amincissement des tôles, ainsi que de la déformation du plastique et du gonflement au niveau des surfaces de contact lorsque les produits de la corrosion s'accumulent entre elles.

Les craquelures s'étendent de manière soit intergranulaire, soit transgranulaire, sous l'influence des conditions électrochimiques et de l'état des contraintes aux extrémités des fissures aux joints de grains, engendrant des formes classiques de dommages : corrosion exfoliante, corrosion sous contrainte, fissuration induite par l'hydrogène ou fatigue-corrosion. Le concepteur, l'opérateur et le responsable de la maintenance sont confrontés à de nombreux défis, qui viennent s'ajouter à la prise de conscience accrue des préoccupations liées à la santé, à la sécurité et à l'environnement associées à certains systèmes de protection contre la corrosion habituellement utilisés. En conséquence, l'usage de tous les matériaux (y compris le cadmium et le chrome et leurs composés) qui ont joué un rôle si important par le passé dans les enduits protecteurs, les couches de fond, les peintures, les inhibiteurs de corrosion et les fluides hydrophobes, est désormais contesté. Le présent rapport passe en revue certains des autres systèmes disponibles et identifie également les publications récentes qui rendent compte, de manière détaillée et digne de foi, des recherches sur ce sujet. Dans cette publication, 27 chapitres au total couvrent la détection et la caractérisation des dommages causés par la corrosion, leur impact sur les coûts et l'intégrité des structures, leur contrôle au niveau des structures des aéronefs et les moyens d'y remédier.