

Résumé

Mott a proposé le premier modèle physique expliquant la fragmentation. Sous l'hypothèses de petites déformations et d'un comportement rigide parfaitement plastique, il a considéré le cas d'une barre droite en extension homogène. L'avancée majeure de ses travaux est de considérer un processus mettant en jeu : la germination de défauts, la propagation de front de relâchement de contraintes, et l'interactions de ces fronts. Cependant, cette problématique concerne essentiellement des objets cylindriques. La fragmentation de ces derniers ne peut être approchée par celle d'un anneau. L'approche monodimensionnelle (expansion d'anneau), quoique qu'imparfaite, permet d'analyser simplement l'influence de certains paramètres ou les limites de certaines hypothèses de modélisation. Les présents travaux concernent l'extension dynamique d'une ligne matérielle sans hypothèse sur sa géométrie. L'existence de discontinuités est analysée en dehors de toute hypothèse sur la loi de comportement. L'analyse du système différentiel montre l'existence de discontinuités de la vitesse de déformation. Une loi d'évolution d'un front de relaxation tenant compte de la courbure est proposée dans le cas d'un matériau rigide plastique. Ce modèle introduit un temps caractéristique de la phase d'expansion de l'anneau T_{stop} . T_{stop} montre l'existence d'une énergie minimale pour l'expansion d'anneau. Ce paramètre dépend à la fois les propriétés matériaux et la courbure.

Un code aux différences finies en dynamique a été développé afin de simuler des expériences d'expansion d'anneau. Les simulations montrent que la courbure doit être prise en compte pour une approche prédictive. L'influence de l'écroutissage a été analysée. Des écarts significatifs avec le comportement parfaitement plastique sont observés. La modification de la valeur de T_{stop} conduit à un très bon accord entre les résultats numériques et le modèle analytique.

Enfin, la faisabilité d'un modèle mécanique de nappe accélérée par une détonation axiale stationnaire a été menée. Bien que le modèle proposé nécessite une analyse plus poussée, il permet de considérer la possibilité d'une extension du modèle de propagation d'un front de relaxation au cas d'une enveloppe en expansion.

Mots clés : fragmentation, ondes de Mott, front de relaxation, expansion d'anneau, écroutissage cinématique

Abstract

Mott established the first physical based model of fragmentation. He considered a straight bar of rigid-perfectly plastic material under small strain. Its conceptual breakthrough was to consider that this process involves the sequence: defects nucleation, stress release front propagation and fronts interaction. But, explosive pressure driven fragmentation concerns cylindrical shells. This fragmentation cannot be approached by that of a straight bar, neither by ring fragmentation. Although the one-dimensional study (ring fragmentation) does not answer all questions raised by dynamic shell fragmentation, it is suited to analyze the influence of curvature on the stress release front propagation.

Present work addresses the dynamic extension of 1D-strings without further assumptions about their geometry. First, discontinuities are investigated independently of the material behavior. The analysis of this system shows possible discontinuities in the strain rate. Mott's results reveal as a particular case of present development. A closed form expression of front position vs time in a curved string of rigid-perfectly plastic is given. This model introduces a characteristic ring expansion time T_{stop} . T_{stop} highlights the minimum energy required for the expansion of a ring. This parameter depends on the material properties and ring curvature.

A dedicated finite difference code in dynamics was developed and applied to ring expansion experiments. Simulations of stress release front position vs time show that the curvature must to be taken into account for quantitative predictions. The influence of work hardening on the stress release front propagation was analyzed. Significant differences with the perfectly plastic material are shown. Modifying the T_{stop} value in the analytical expression leads to good agreement with numerical results.

Finally, the feasibility of a mechanical model of a shell accelerated by a stationary axial detonation is analyzed. The proposed model will allow the analysis of a stress release front along an expanding shell.

Keywords : fragmentation, Mott's wave, relaxation front, ring expansion, work hardening material.