

Simulazione di fenomeni di taglio e delaminazione in strutture a guscio sottile mono- e multi-strato

Federica Confalonieri¹, Jamil Mirzapour¹, Aldo Ghisi¹, Umberto Perego¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano, Italia

E-mail: federica.confalonieri@polimi.it, jamil.mirzapour@polimi.it,

aldo.ghisi@polimi.it, umberto.perego@polimi.it

Keywords: taglio, delaminazione, elementi coesivi direzionali, frattura

In questo lavoro viene presentata una strategia numerica dedicata alla simulazione agli elementi finiti di fenomeni di taglio e delaminazione in strutture sottili a uno o più strati. Sebbene lo studio di queste due problematiche sia di interesse in molteplici settori ingegneristici, l'applicazione che ha motivato lo sviluppo del codice di simulazione riguarda laminati impiegati nell'industria del packaging alimentare.

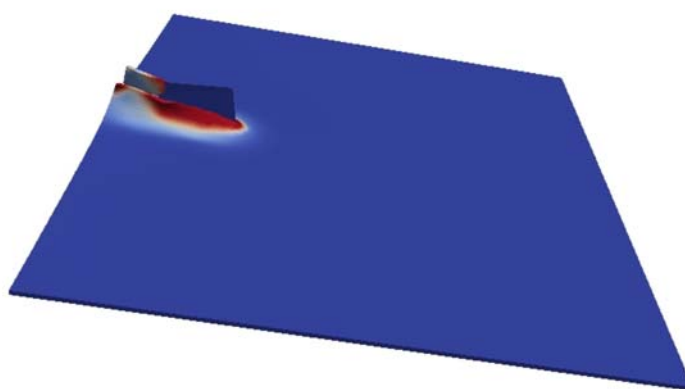


Figura 1: simulazione di taglio con lama.

La struttura viene discretizzata con elementi tipo solid-shell a 8 nodi [1]; tali elementi, a differenza dei tradizionali elementi a guscio, consentono di utilizzare comportamenti costitutivi tridimensionali e rendono agevole l'introduzione di elementi coesivi. Sia nella modellazione del taglio, che in quella della delaminazione si è, infatti, adottato un approccio di tipo *inter-element* basato sull'inserimento di interfacce coesive tra le facce degli elementi solidi: questa scelta è pienamente giustificata dal fatto che, da un lato, il percorso di frattura da taglio è guidato dalla traiettoria della lama, dall'altro il processo di delaminazione è localizzato all'interfaccia tra due strati di materiale diverso.

Il fenomeno di taglio viene modellato mediante l'utilizzo di un particolare tipo di elemento coesivo, detto "direzionale" [2-3], costituito da un elemento lineare detto di "cavo" collegato alle facce degli elementi solidi, per il quale è possibile determinare un eventuale contatto con lama sulla base di considerazioni puramente geometriche. Qualora si verifichi tale contatto, l'elemento di cavo viene suddiviso in due, come mostrato in figura 2, cosicché la direzione delle forze coesive trasmesse sia dettata dall'interazione con la lama. Il vantaggio principale di tale approccio è la possibilità di riprodurre correttamente l'interazione tra la lama e la zona di processo anche in caso di lame molto affilate, senza necessità di ricorrere a raffinamenti della mesh insostenibili dal punto di vista dell'onere computazionale. Viene analizzato l'effetto dell'inserimento di più elementi cavo in corrispondenza dei punti di integrazione della faccia laterale degli elementi solid-shell.

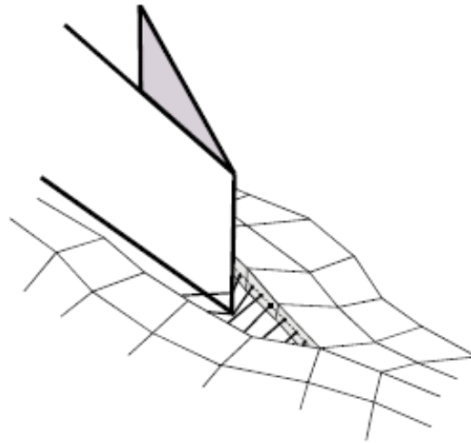


Figura 2: elementi coesivi direzionali e loro interazione con la lama.

Il processo di delaminazione viene simulato, invece, mediante elementi coesivi tradizionali inseriti tra gli strati. In analogia a quanto proposto in [4], viene studiato l'effetto dell'incremento dello sforzo coesivo massimo a parità di energia di frattura, allo scopo di accrescere la zona di processo e, conseguentemente, consentire l'utilizzo di elementi finiti di taglia maggiore. Viene, inoltre, investigato il caso di discontinuità di spostamento finite.

Il codice sviluppato viene validato mediante la simulazione numerica di casi di taglio e delaminazione presi dalla letteratura o da applicazioni industriali.

Riferimenti bibliografici

- [1] Schwarze, M., Reese, S., "A reduced integration solid-shell finite element based on the EAS and the ANS concept - Large deformation problems". *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, **85**, 289-329 (2011).
- [2] Frangi A., Pagani M., Perego U., Borsari R., "Directional cohesive elements for the simulation of blade cutting in thin shells", *Computer Modelling In Engineering and Sciences (CMES)*, **57**, 913-922 (2010).
- [3] Pagani M., Perego U., Borsari R., "Explicit dynamic simulation of blade cutting of thin elastoplastic shells using directional cohesive elements in solid-shell finite element models", *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, **285**, 515-541 (2015).
- [4] Turon, A., Davila, C. G., Camanho, P. P., Costa, J., "An engineering solution for mesh size effects in the simulation of delamination using cohesive zone models". *Engineering Fracture Mechanics*, **74**, 1665-1682 (2007).