

Истраживачка тема: **Моделирање отпорности на лом при динамичким оптерећењима**

Аутор: Слободанка Бољановић

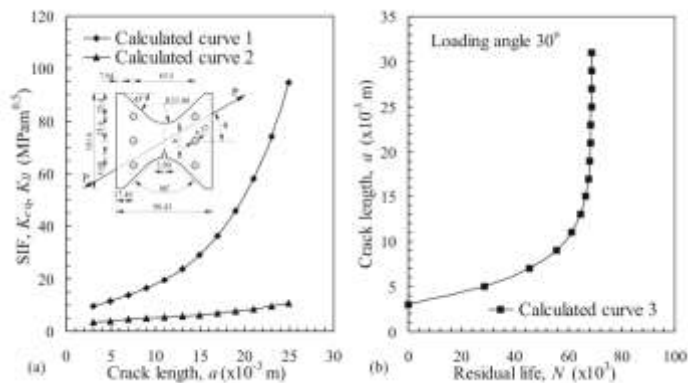
Капацитет носивости великих покретних система често бити лимитиран због производних/материјалних дефеката (корозија, заваривање, инклузије), заједно са агресивним факторима спољашње средине. Такви концентратори напона апроксимирани као прслине по целој дебљини и делимичне прслине могу озбиљно угрозити интегритет компоненти због формирања оштећења при замору. Како би се спречила деградација чврстоће при динамичким оптерећењима, важно је успоставити прорачунске алгоритме како би се обезбедила поуздана процена издржљивости.

У оквиру националног пројекта ОИ 174001 (2011-2019) и COST (the European Cooperation in Science and Technology) акције СА 18203 (2019-2023), аутор ове презентације и њене колеге дизајнирали су различите алгоритме за евалуирање перформанси структуралних компоненти са оштећењем облика прслине. Нека од остварених достигнућа укратко су разматрана у наредном тексту.

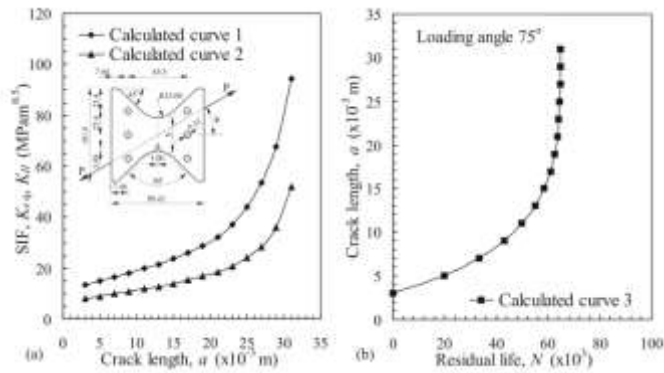
Оштећења са мешовитим модовима

Кроз процене издржљивости на замор испитиване су конфигурације типа плоче са ивичном прслином по целој дебљини, као што је приказано на сл. 1а.

У оквиру истраживачких активности, решења базирана на механици лома су генерисана како би се анализирао лом плоче са ивичном прслином преко релевантних фактора интензитета напона. Евалуирани еквивалентни и мод II фактори интензитета напона око врха прслине у сличају углава дејства оптерећења $\varphi = 30^\circ$ и 75° приказани су на сл. 1а и сл. 2а.



Сл. 1 Анализа преосталог века ($\varphi = 30^\circ$): (а) 1 – $a - K_{eq}$, 2 – $a - K_{II}$ и (б) $a - N$, прорачунате криве су добијене кроз развијене алгоритме.



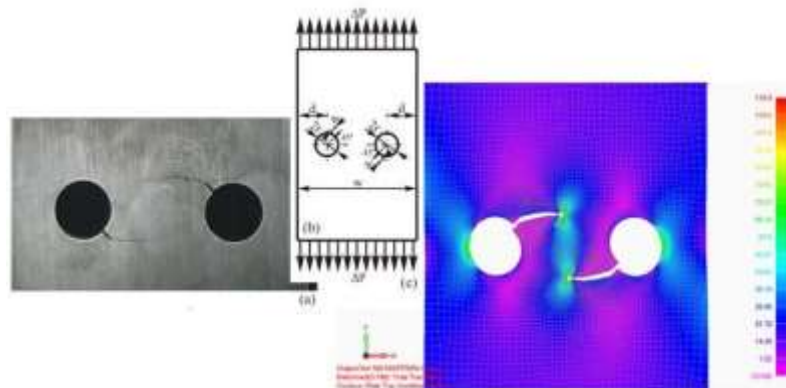
Сл. 2 Анализа преосталог века ($\varphi = 75^\circ$): (а) 1 – $a - K_{eq}$, 2 – $a - K_{II}$ и (б) $a - N$, прорачунате криве су добијене кроз развијене алгоритме.

Затим, коришћењем нових аналитичких решења, број циклуса оптерећења као функција дужине прслине процењен је за углове дејства оптерећења $\varphi = 30^\circ$ и 75° , који су верификовани кроз експерименте доступне у литератури, као што је приказано у табели 2, сл. 1б и сл. 2б.

Табела 1 Поређења века до лома при дејству мешовитих модова

φ ($^\circ$)	N (циклуса)	
	Евалуиран	Експеримент [1]
30	68670	71443 (PISA64LT) 94096 (PISA53TL)
75	64950	96328 (PISA60LT) 129669 (PISA56TL)

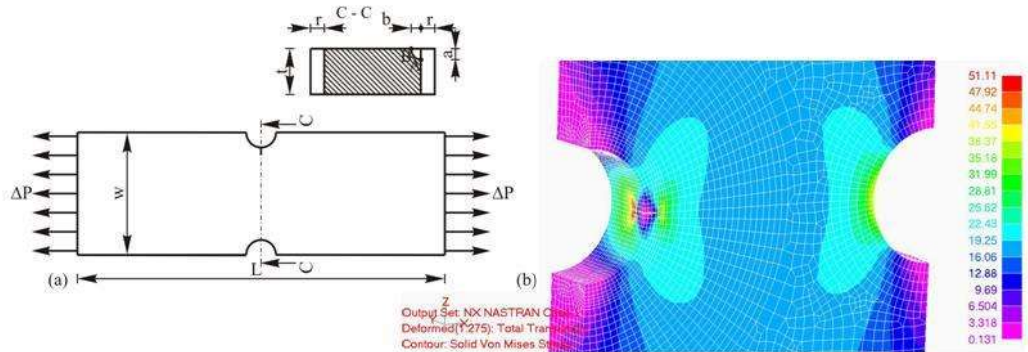
Осим тога, дејства мешовитих модова на оплату крила авиона са два отвора и две прслине (сл. 3) евалуирана су коришћењем истих аналитичких решења уз комбиновање са новим нумеричким моделом базираним на механици лома. Расподела напона генерисана помоћу коначних елемената приказана је на сл. 3ц. Даље, нумерички добијене путање ширења прслине верификоване су експериментима (сл. 3а) изведеним у Војнотехничком институту у Београду.



Сл. 3 Анализа путањи ширења прслина на два отвора при динамичком оптерећењу

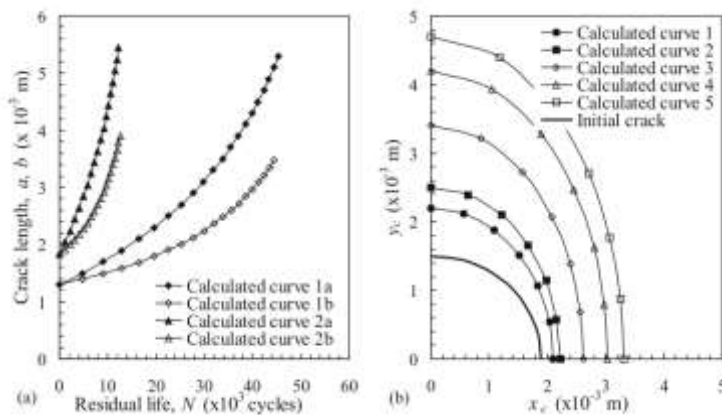
Угаоно делимично оштећење

У дизајнирању при замору евалуирана је стабилност угаоне прслине облика четвртине елипсе смештене на **плочу** са два полукружна жљеба (сл. 4а). Штетни ефекти површинског оштећења повезани са ефектима примењеног напона анализирани су коришћењем нових аналитичких решења за градијенте ширења прслине и преостали век у два критична правца (тј. по дубини, тачка А и површини, тачка Б, сл. 4а), заснованих на механици лома.



Сл. 4 (а) Плоча са прслином облика четвртине елипсе на полукружном жљебу и // (б) Евалуација стања напона помоћу развијеног модела коришћењем коначних елемената

Процењен број циклуса оптерећења за две вредности максималног напона приказан је на сл. 5а, у случају ширења прслине у правцу дубине и површине. Релевантни теоријски резултати су верификовани коришћењем експеримената из литературе [2], као што је наведено у табели 2.



Сл. 5 Анализа лома плоче са делимичном прслином: (а) $a - N(1a, 2a)$, $b - N(1b, 2b)$, $1 - S_{max} = 68.97$ МПа, $2 - S_{max} = 91.73$ МПа и (б) Еволуиране путање ширења прслине /($a_0 = 1.5$ mm, $b_0 = 1.9$ mm), $1 - a = 2.2$ mm, $2 - a = 2.5$ mm, $3 - a = 3.4$ mm, $4 - a = 4.2$ mm, $5 - a = 4.7$ mm.

Поред тога, кроз нови нумерички модел заснован на механици лома, поље напона је генерисано (сл. 4б) коришћењем 3Д модела коначних елемената. Такође, за различите дужине прслина у правцу по дубини, путање ширења прслина су евалуиране помоћу развијених аналитичких решења, као што је приказано на сл. 5б.

Табела 2 Поређења века до лома плоче са делимичном прслином

S_{max} (МПа)	b (mm)	N (циклуса)	
		Евалуиран	Експеримент [2]
68.97	2.54	35510	40070
	3.98	47320	55009
91.73	3.62	11890	14705
	4.19	13170	17029

Будући да развијени прорачунски модели интегрису концепте/законе базиране на захтевима толеранције оштећења, који су успешно експериментално верификовани, они се могу користити као поуздани кодови за процену при замору у дизајнирању сигурности зависне од времена и оптимизацијама перформанси код ваздухопловних система.

Референце

- [1] Galyon S.E., Arunachalam S.R., Greer J., Hammond M., Fawaz S.A. Three dimensional crack growth prediction, in: Bos M. (Ed.), Bridging the gap between theory and operational practice, ICAF, New York, Springer, 2009, pp. 1035-1068.
- [2] Everett Jr. R.A., Matthews W.T. Prabhakaran R., Newman Jr. J.C., Dubberly M.J. The effects of shot and laser peening on fatigue life and crack growth in 2024 aluminium alloy and 4340 steel, NASA/TM-2001-210843, Hampton, United States, NASA Langley Research Center, 2001.