

Fakulta strojního inženýrství

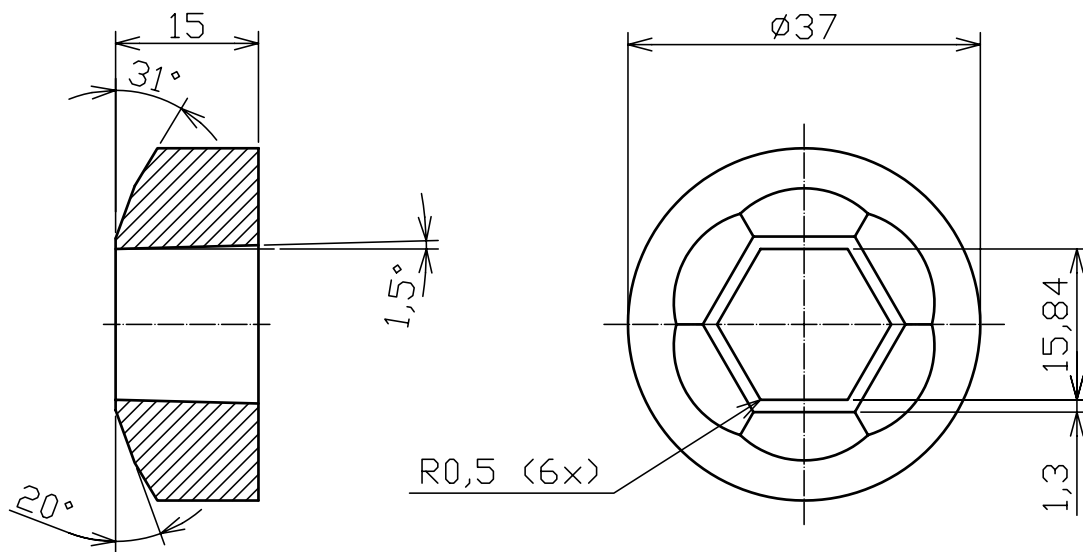
Ústav mechaniky těles, biomechaniky a mechatroniky

Vytvořil Ing. Jan Bořkovec v rámci grantu FRVŠ 2842/2006/G1

Ostříhování hlav šroubů

Zadání Proveďte výpočtovou simulaci ostříhování hlav šroubů s využitím různých materiálových modelů a pozorujete změny ve tvaru lomové plochy. Porovnání proveďte na základě: vzhledu lomové plochy, počtu vymazaných prvků a průběhu střížných sil.

Úvod Jedním z možných způsobů výroby šroubů je použitím postupových automatů. Nejprve je tažením vytvořen dřík šroubu. Poté je koncová část dříku zpěchována a vzniká



Obrázek 1: Ostříhovací matrice OK 16

válcová hlava. Nakonec je hlava zformována do požadovaného tvaru ostřížením pomocí šestihranné ořezávací matrice (obrázek 1).

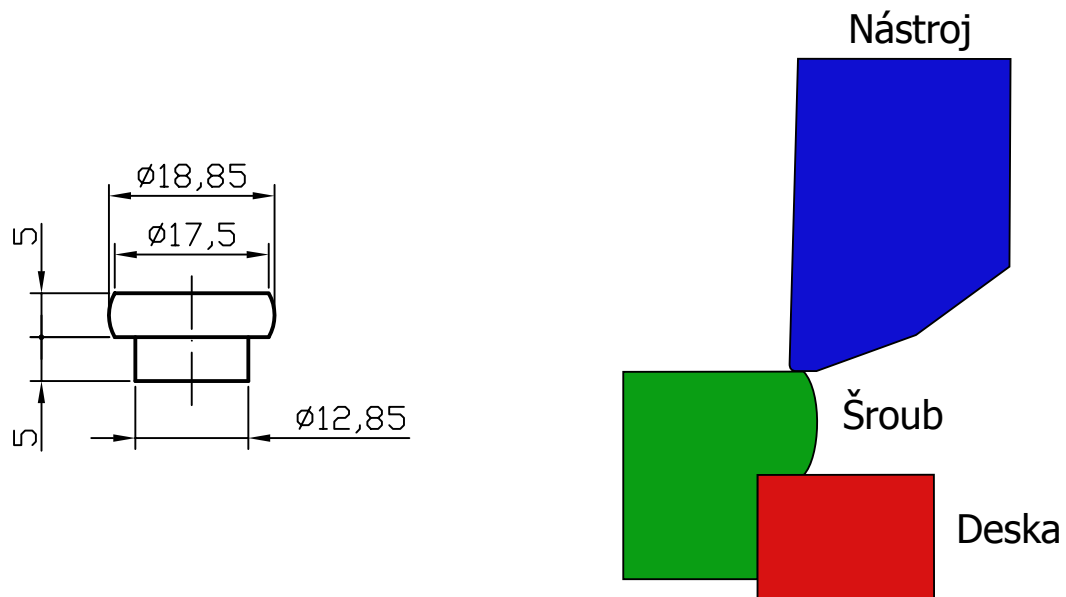
Celý proces ostříhování je velmi složitý a prozatím pro něj neexistuje žádná relevantní analytická teorie, která by dokázala s dostatečnou přesností předpovědět vlastnosti a vzájemné interakce soustavy šroub-nástroj. Proto je snaha vypracovat výpočtový model, který by pomohl celou problematiku řešit. Lepším poznáním procesů dělení materiálu můžeme lépe navrhnout nástroje a přípravky. Tím se výroba zefektivní a zlevní.

Materiál Použitý materiál je ocel: hustota $\rho = 7850 \cdot 10^{-12} t \cdot mm^{-3}$, modul pružnosti v tahu $E = 210000 MPa$, Poissonův poměr $\mu = 0,3$. Plastické vlastnosti šroubu jsou popsány hodnotami v tabulce 1. K porušení dojde, když redukované přetvoření dosáhne 0,598. Materiál nástroje má mez kluzu 3500 MPa, proto ho budeme považovat za lineárně elastický. Desku budeme modelovat tuhou.

Přetvoření [-]	Napětí [MPa]
0	800
0,1	1050
0,2	1200
0,3	1320
0,4	1430
0,5	1550
0,6	1638
1,7	1730

Tabulka 1: Hodnoty skutečného napětí a logaritmického přetvoření

Výpočtový model Vzhledem k tomu, že v této úloze nám jde především o kvalitativní zkoumání ostříhování, tak byl model vytvořen jako rovinný řez. V LS-Dyně a Abaqusu



Obrázek 2: Geometrie polotovaru

Obrázek 3: Schéma ostříhování

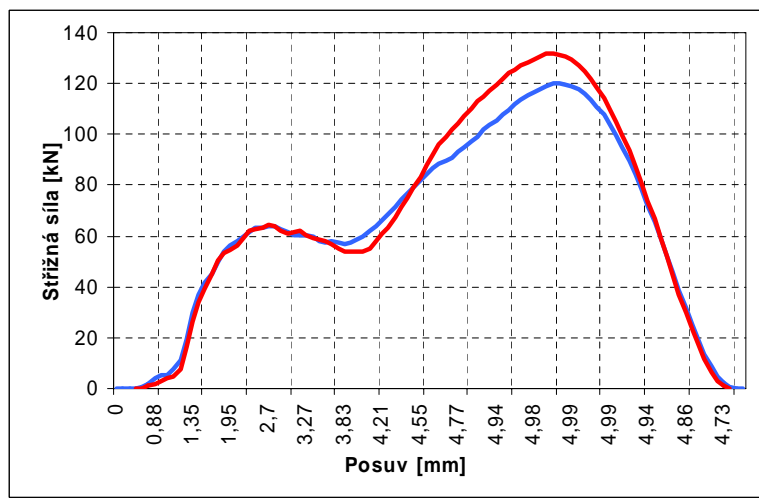
byly použity 2D prvky, v Pamcrashi byla namodelována jedna vrstva 3d prvků s omezením posuvů v kolmém směru (rovinná deformace). Jednoduché schema je na obrázku 3. Na model byly aplikovány následující okrajové podmínky:

- Vnější strana nástroje – zamezení posuvů ve vodorovném směru.
- Osa šroubu – symetrie.

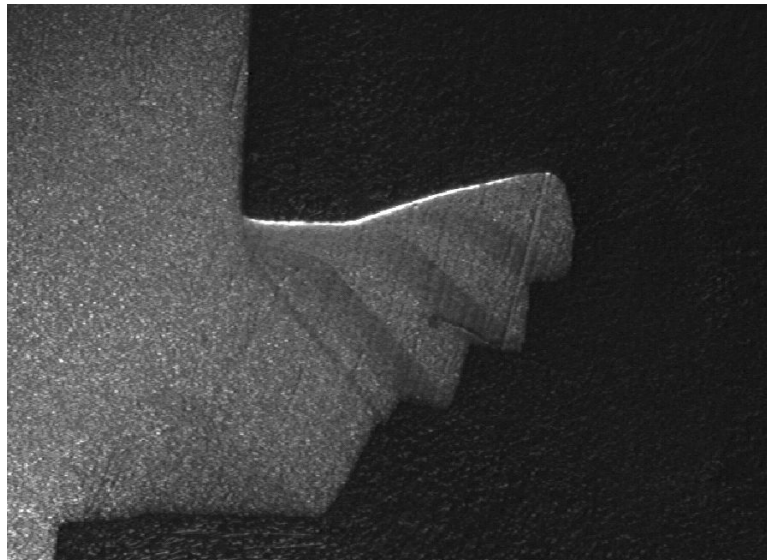
- Horní část nástroje – posuv směrem dolů vyvolaný lisem.
- Deska – tuhá, vetknutá.

Mezi jednotlivými částmi modelu byly vytvořeny kontaktní dvojice. Koeficient tření byl stanoven na hodnotu 0,15.

Experiment Ve spolupráci s firmou J-VST spol. s r.o. byl proveden experiment v poloprovozních podmínkách. Pod sestavu nástroj-šroub-deska se umístil snímač síly, kterým se zaznamenával průběh střížných sil. Provedeno bylo několik stříhů s různou velikostí posuvu střížníku, vždy v několika opakováních.



Obrázek 4: Průběh střížných sil



Obrázek 5: Skluzové pásky v ostříženém materiálu

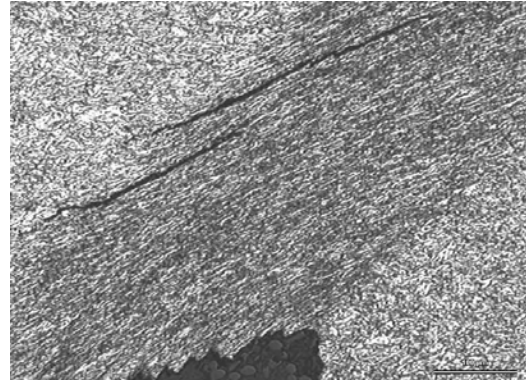
Z měření byly zjištěny průběhy sil, viz obrázek 4. Jak je vidět, tak střížná síla nejprve stoupá, po překonání prvotního odporu mírně poklesne a poté v důsledku pěchování

odděleného materiálu opět roste a to velmi výrazně. Dále byly předány vzorky k metalografickému rozboru (obrázek 6). Vzorky byly naleptány, aby se zviditelnila struktura materiálu. Makrostruktura ostříženého materiálu je patrná z obrázku 5, ze které mimo jiné vyplývají tyto skutečnosti:

- patrný tok materiálu při přechování hlavy
- pozorovatelné skluzové pásy a korespondující stupně při tvorbě "třísky"



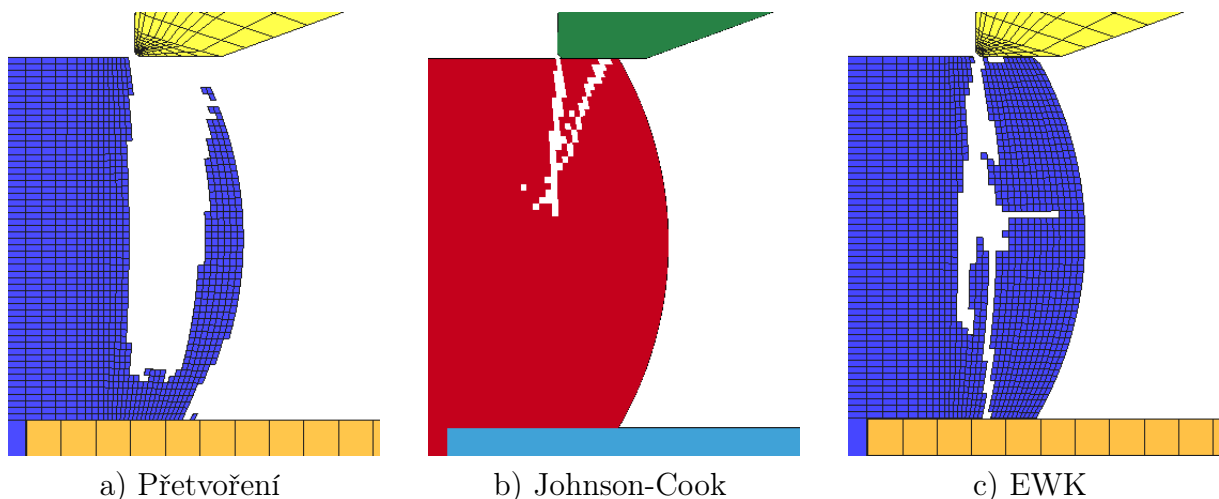
Obrázek 6: Metalografický vzorek



Obrázek 7: Trhliny ve skluzových pásch

Skluzové pásy mají nespojitě (stupňovitě) vyústění na volný povrch. Dále bylo možné pozorovat vznik trhlin (obrázek 7) ve skluzových pásch a také vznik mikrodutin, jako první fáze porušování.

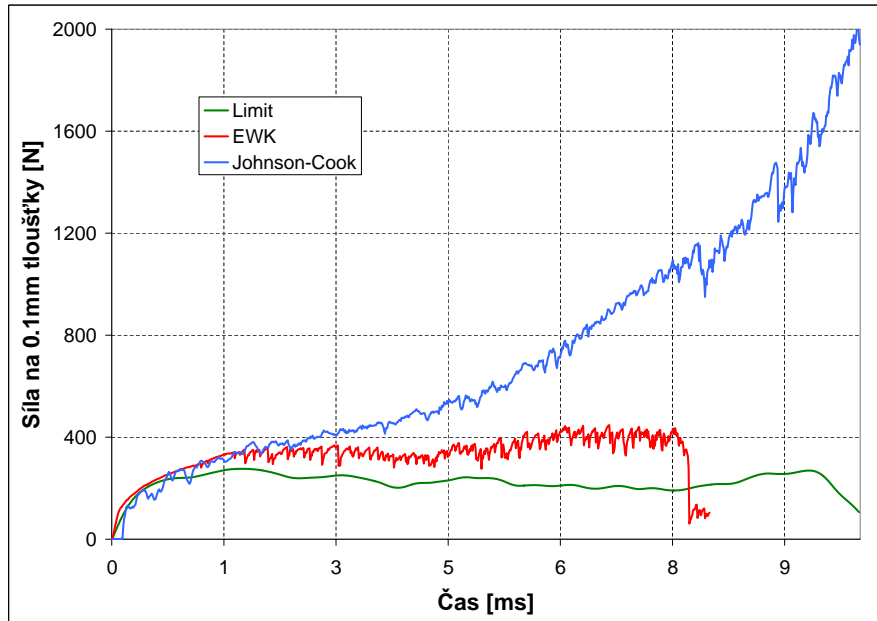
Výsledky V této části se budeme věnovat porovnání výsledků materiálových modelů jak vůči sobě, tak i s experimentem. Nejjednodušším způsobem, jak porovnat úspěšnost simulace je pohled na počet a rozmístění vymazaných elementů. Mělo by jich být co nejméně a měly by být v liniích reprezentujících tenké praskliny.



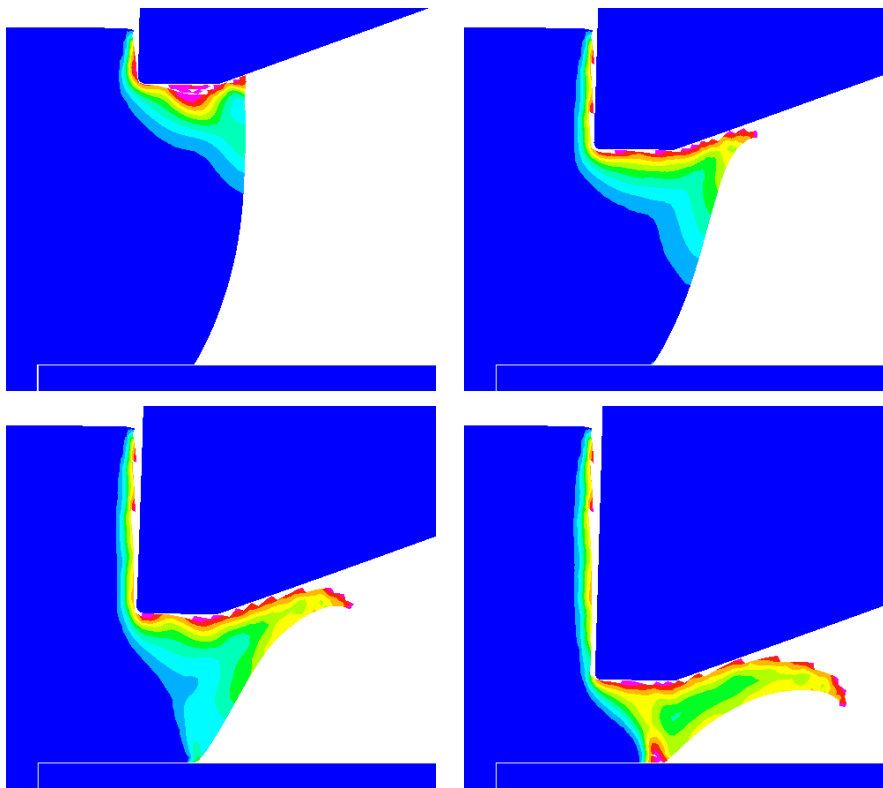
Obrázek 8: Počet vymazaných elementů

Počet vymazaných elementů ovlivňuje také další důležitou charakteristiku procesu ostříhávání a tou je střížná síla. Každý odmazaný element znamená snížení objemu a

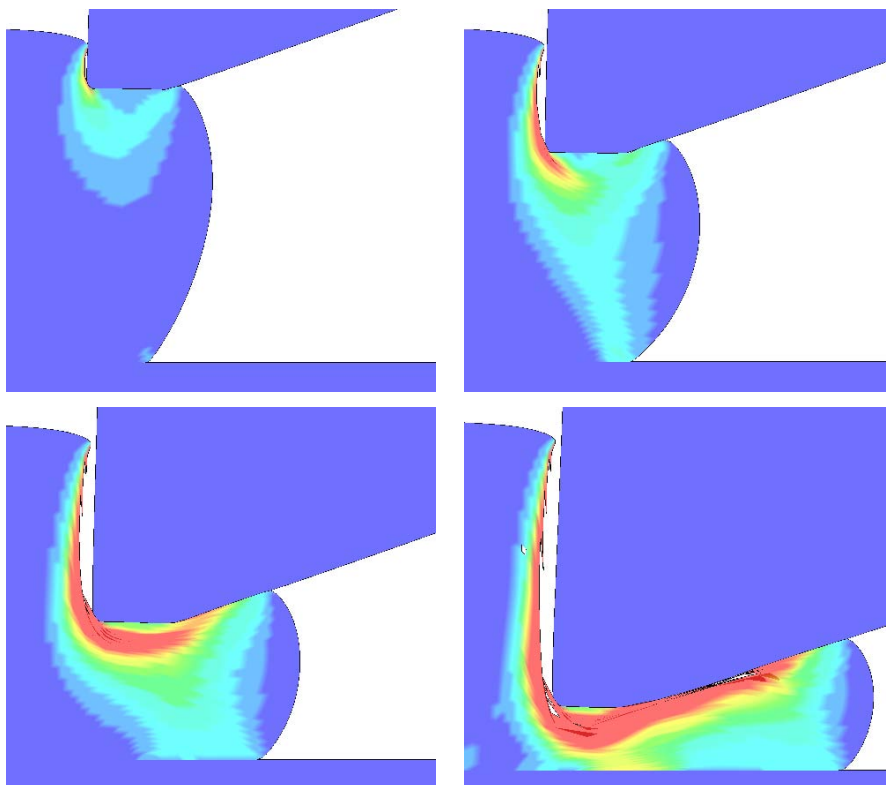
tím také výsledné střížné síly, na kterou má zejména v poslední fázi silný vliv přechování ostříženého materiálu mezi nástrojem a deskou. Průběh střížných sil můžeme vidět na obrázku 9.



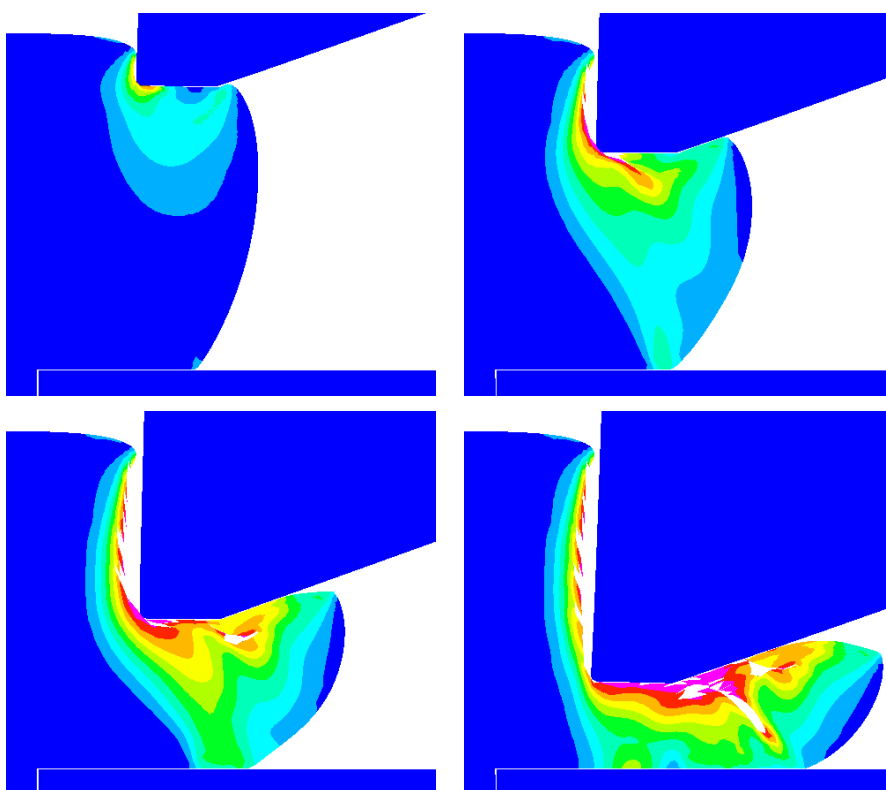
Obrázek 9: Průběh střížných sil



Obrázek 10: Průběh ostřížení: Přetvoření



Obrázek 11: Průběh ostřížení: Johnson–Cook



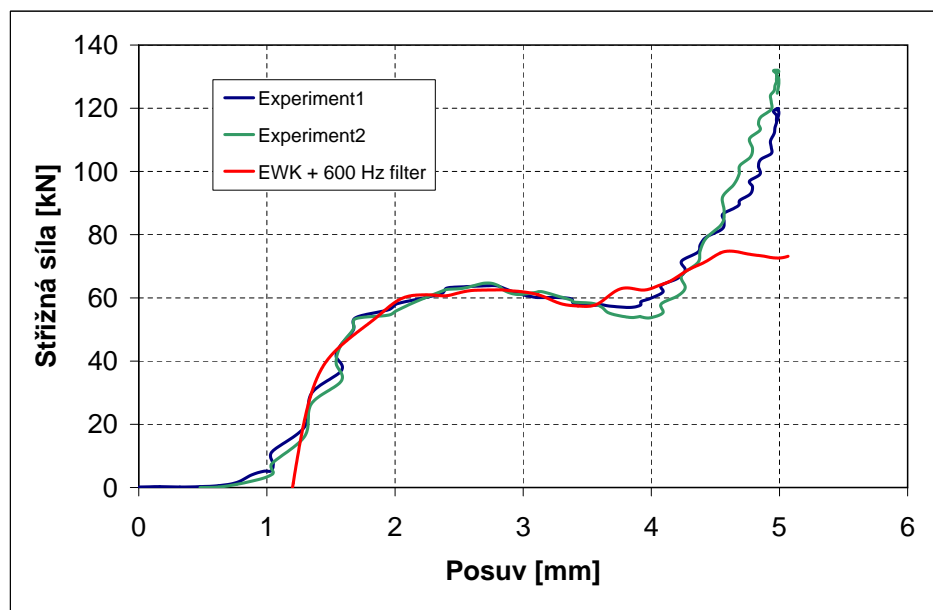
Obrázek 12: Průběh ostřížení: EWK

Redukované přetvoření Výsledky ukazují, že model založený na redukovaném plastickém přetvoření, není pro simulaci ostříhování vhodný. To je způsobeno tím, že redukované přetvoření nerozlišuje stav napjatosti. Vymazáno je příliš mnoho prvků a tím je také odhad střížné síly příliš nízký.

Johnson–Cook Materiálový model Johnson–Cook se choval naprosto opačně než kritérium redukovaného přetvoření. Zde bylo naopak odmazáno velmi malé množství elementů. Střížná síla je proto velice vysoká. Tento výsledek ale není příliš překvapivý, protože tento model byl vytvořen zejména pro tváření výbuchem, balistické průstřely a vysokorychlostní zkoušky. Jeho definice porušení velice dobře popisuje tahovou oblast, ale pro tuto úlohu, ve které dochází k porušení v tlakové oblasti, se příliš nehodí.

EWK Nejlepších výsledků dosahoval EWK model. Na obrázku 13 jsme ho porovnali s experimentálními daty. Vzhledem k tomu, že výpočet probíhal pouze pro úzký výřez materiálu, bylo potřeba udělat dvě úpravy vypočtené střížné síly:

- Posun počátku - v experimentálním řetězci existují vůle, které se postupně vymezují, a proto je náběh střížné síly pomalejší
- Změna měřítka síly - zde je určení koeficientu poměrně problematické, protože tloušťka ostříhovaného materiálu se mění. Na vrcholu šestiúhelníku je téměř nulová, ve středu strany (námi počítané místo) naopak maximální. Změna měřítka byla proto provedena tak, aby došlo k co nejlepšímu kopírování průběhu naměřené střížné síly. Proto má graf na obrázku 13 vypovídací hodnotu spíše kvalitativní. K ověření kvantitativní přesnosti by bylo potřeba provést velmi náročný 3D výpočet.



Obrázek 13: Porovnání EWK a experimentů

Na obrázku 13 je vidět dobrou shodu průběhu střížné síly až do posuvu 3,5 mm. Poté je vypočtená síla nižší kvůli odmazaným elementům.

Vstupní soubory Vstupními soubory pro explicitní řešiče jsou z historických důvodů textové soubory s fortranovským formátováním. LS-DYNA může navíc využívat prostředí ANSYSu, které umožňuje vytvářet parametrická makra. Pro tuto úlohu je však geometrie modelu příliš složitá a proto byl model vytvořen v grafickém prostředí ANSYSu přímo, bez vytváření makra.

Všechny vstupní soubory jsou s modelem porušování založeném na kritickém redukovaném přetvoření. Pro testování dalších modelů je potřeba zaměnit materiálové vlastnosti.

ANSYS/LS-DYNA (text)	trim.k
ABAQUS	sroub-rez.inp
PAMCRASH	trim.pc
materiálová data	material- <i>program</i> .txt