

# **Porovnání zkušebních metod pro měření interlaminární smykové pevnosti laminátů**

Ing. Bohuslav Cabrnach, Ph.D.  
VZLÚ, a.s.

**Mechanické charakteristiky z hlediska návrhu kompozitních konstrukcí**

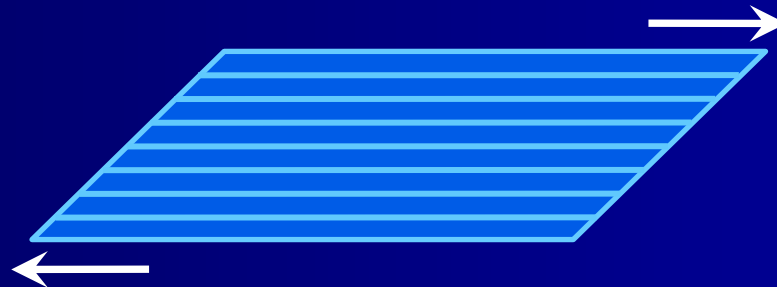
21. listopadu 2012

Seminář ČSM, Praha

# Úvod

## Interlaminární smyková pevnost

- Interlaminar Shear Strength (ILSS)
- Nejcitlivější parametr laminátů
- Závisí na vlastnostech matrice, adhezy mezi výztuží a matricí, typu a orientaci výztuže, ...
- Posouzení vlivu expozice na vlastnosti matrice



# Normalizované zkušební metody

## **ASTM D2344 / D2344M - 00**

- Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates
- Short Beam Strength (SBS)

## **ASTM D5379 / D5379M – 05**

- Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by the V-Notched Beam Method
- Iosipescu Shear test

## **ASTM D7078 / D7078M – 05**

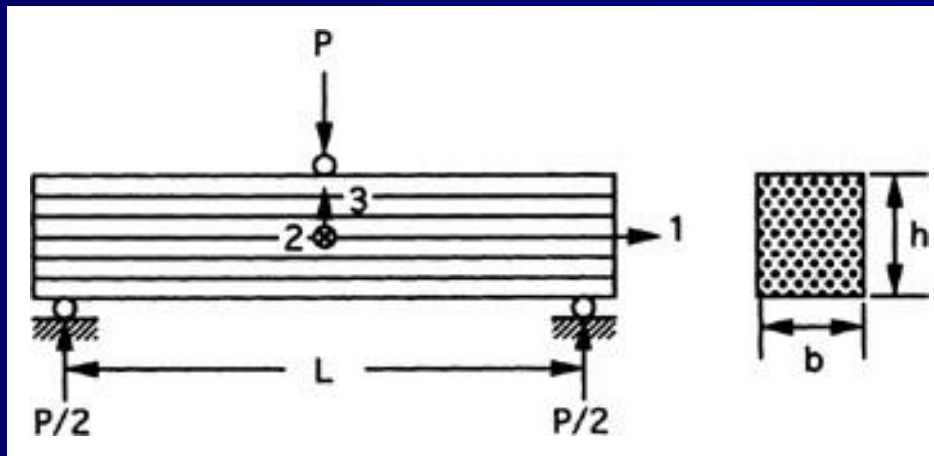
- Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by V-Notched Rail Shear Method
- V-notched rail shear test

## **ASTM D3846 - 08**

- Standard Test Method for In-Plane Shear Strength of Reinforced Plastics

# ASTM D2344

- Short Beam Strength (SBS)
- Plochý obdélníkový vzorek relativně velké tloušťky pro zvýšení poměru mezi smykovým ohybovým namáháním
- Prostě podepřený nosník na dvou podporách, zatěžovaný silou uprostřed mezi podporami

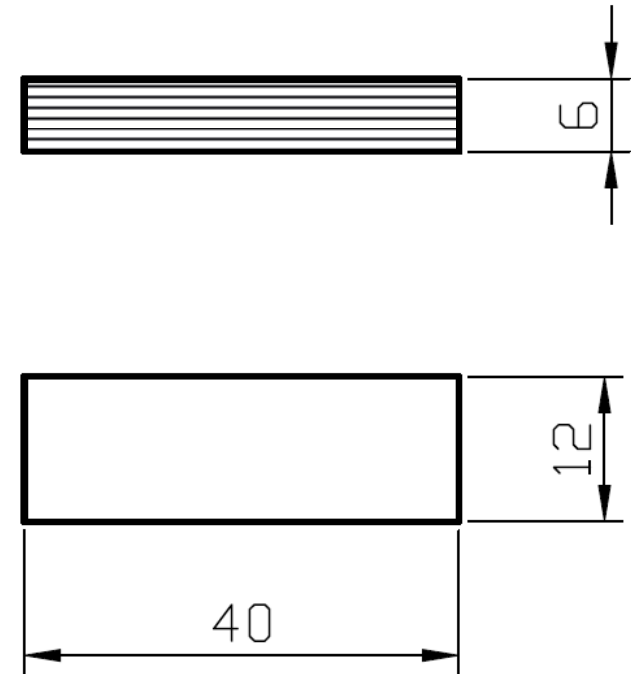


# ASTM D2344

## Zkušební tělesa

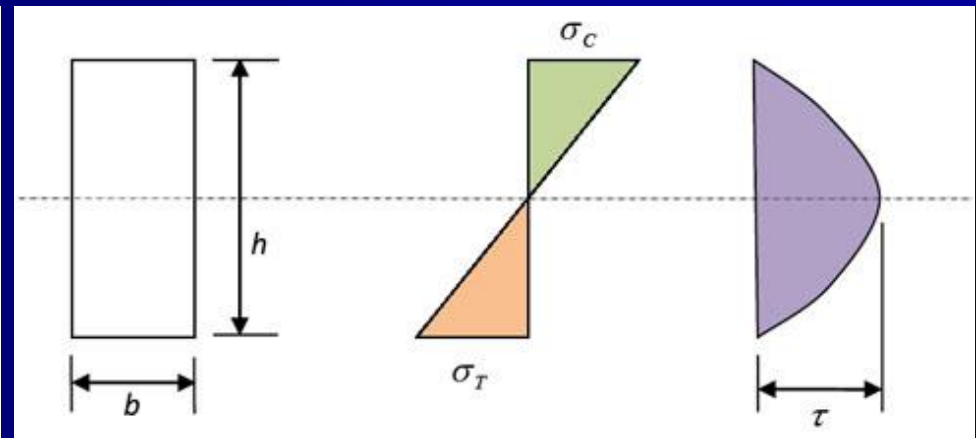
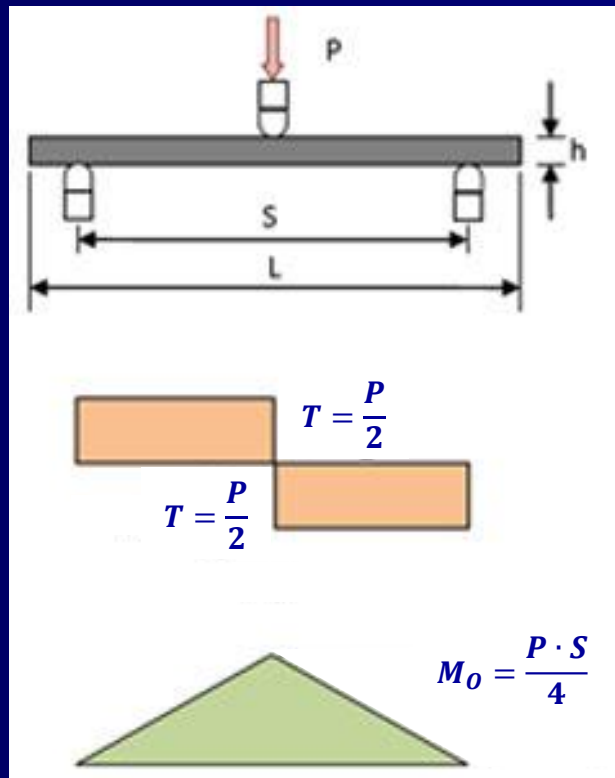
- Vyvážený laminát
- Min. 10% vláken ve směru podpor
- Délka vzorku = 6 x tloušťka
- Šířka vzorku = 2 x tloušťka
- Rozpětí podpor = 4 x tloušťka

## Nominální rozměry vzorku



# ASTM D2344

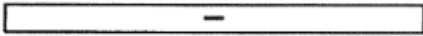
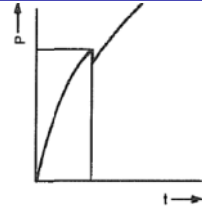
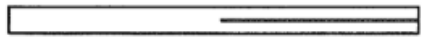
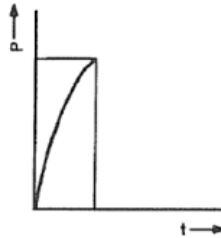

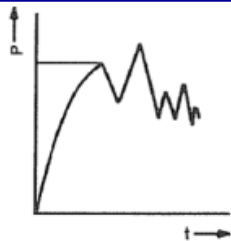
## Určení ILSS



$$F^{SBS} = \frac{3}{4} \cdot \frac{P_{max}}{b \cdot h}$$

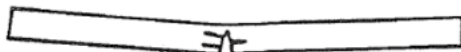
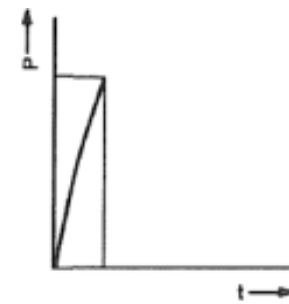

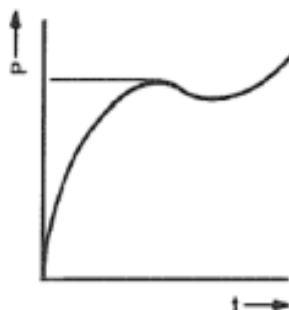
# ASTM D2344

## Akceptovatelné módy porušení

Popis	Schéma	Záznam
Jednoduchá smyková porucha uvnitř laminátu		
Jednoduchá smyková porucha na okraji laminátu		
Vícenásobná smyková porucha na okraji laminátu		

# ASTM D2344

## Neplatné módy porušení

Popis	Schéma	Záznam
Tahové nebo tlakové porušení		
Plastická deformace		



# ASTM D2344

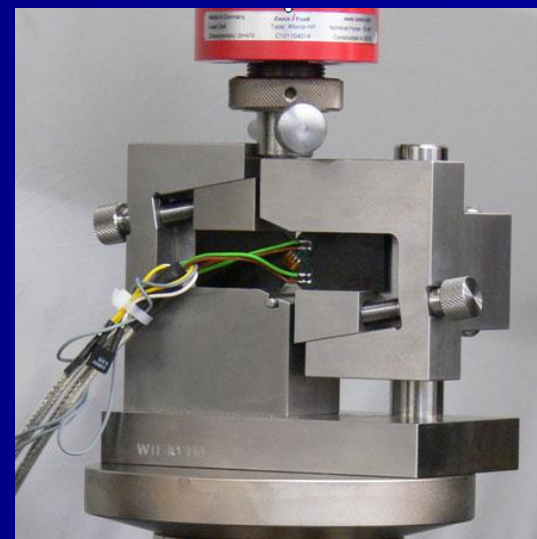
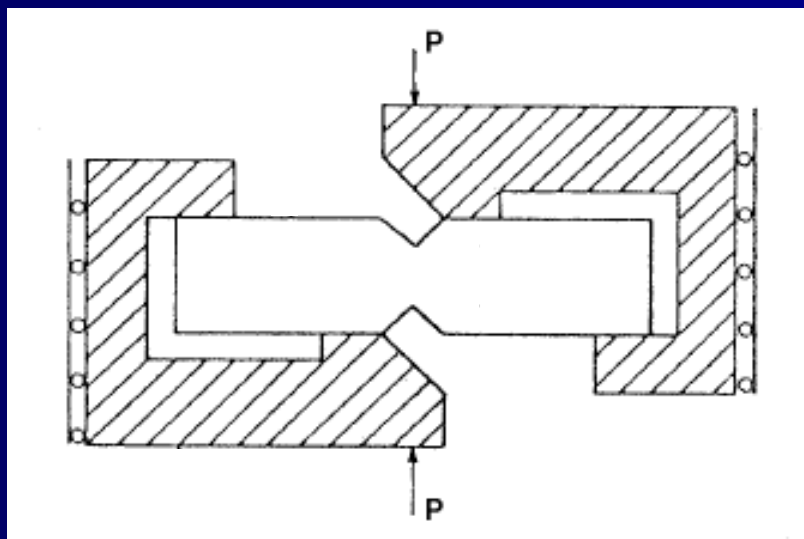
## Použitelnost zkoušky

- Kontaktní napětí v místě působivosti zatěžovací síly může způsobit jiný mód porušení vzorku než smykem
- Metoda není vhodná pro určování návrhových materiálových hodnot, protože naměřené hodnoty neodpovídají skutečnosti - „Apparent ILSS“
- Zkouška určena pro ověřování kvality výrobního procesu a výběr nebo porovnání materiálů

# ASTM D5379

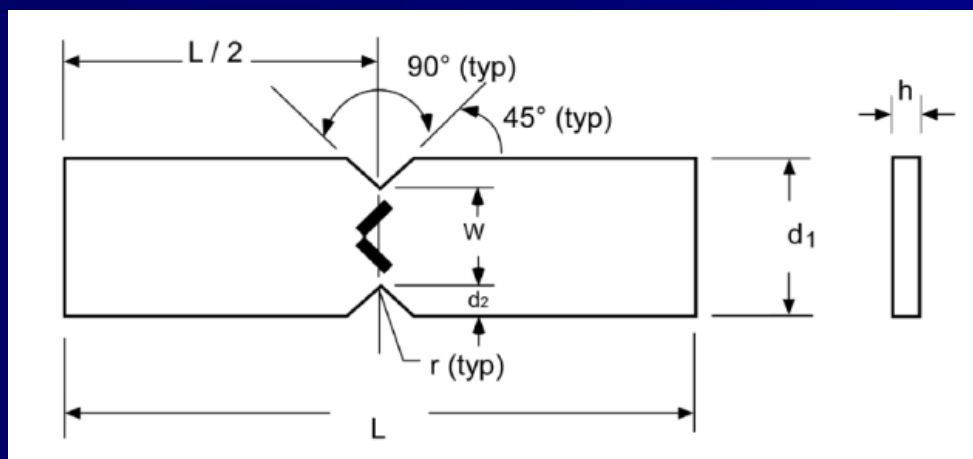
## ASTM D5379

- Iosipescu Shear test
- Plochý obdélníkový vzorek o velké tloušťce se dvěma vruby
- Vzorek zatěžován ve speciálním zatěžovacím přípravku



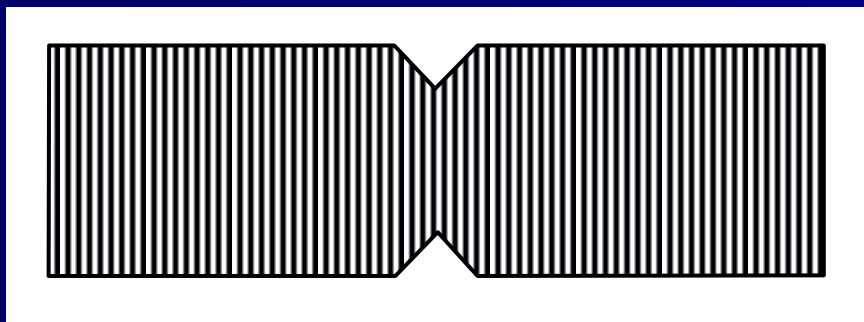
# ASTM D5379

## Zkušební tělesa



## Nominální rozměry vzorku

$d_1$	=	20.0 mm [0.75 in.]
$d_2$	=	4.0 mm [0.15 in.]
$h$	=	as required
$L$	=	76.0 mm [3.0 in.]
$r$	=	1.3 mm [0.05 in.]
$W$	=	12.0 mm [0.45 in.]



$$F_{ILSS} = \frac{P_{max}}{w \cdot h}$$

# ASTM D5379

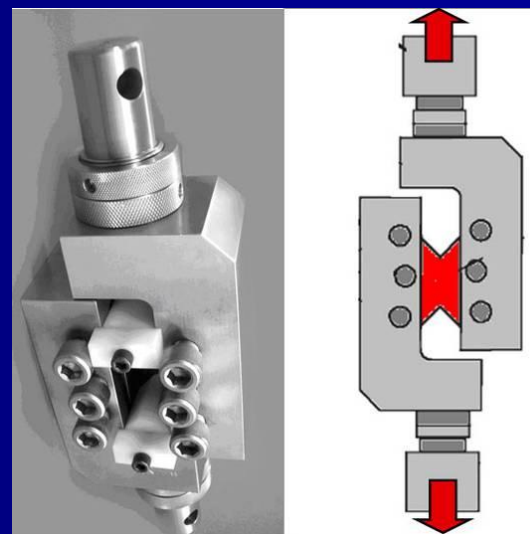
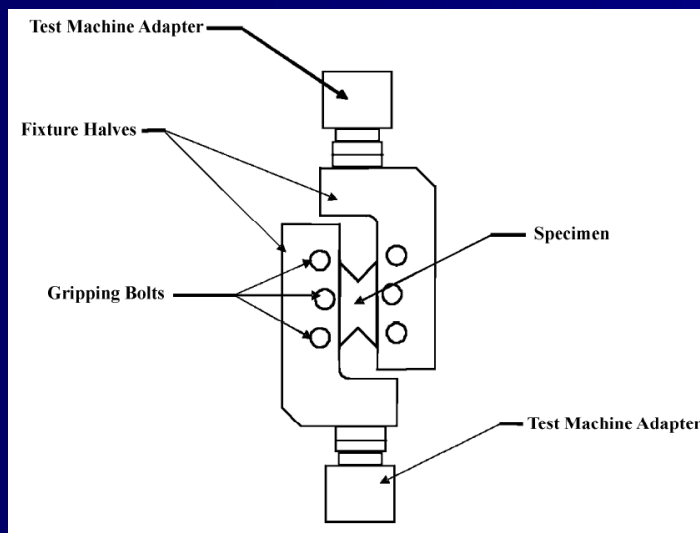
## Použitelnost zkoušky

- Metoda je vhodná pro určování návrhových materiálových hodnot
- Není vhodná pro měření meze pevnosti ve smyku víceosých laminátů

# ASTM D7078

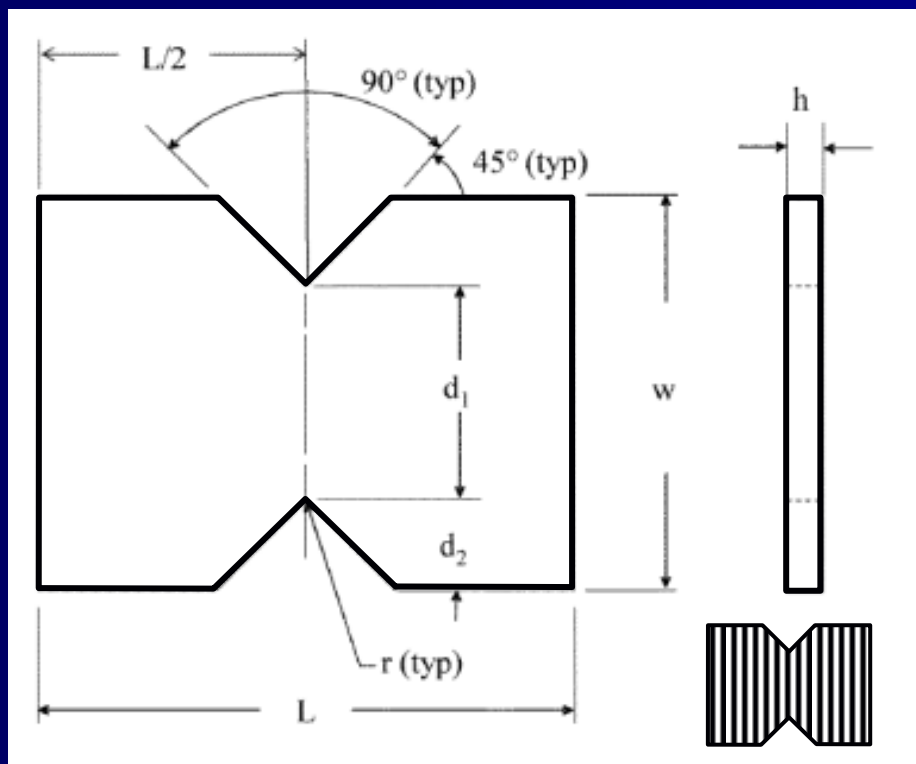
## ASTM D7078

- V-notched rail shear test
- Plochý obdélníkový vzorek o velké tloušťce se dvěma vruby
- Vzorek zatěžován ve speciálním zatěžovacím přípravku



# ASTM D7078

## Zkušební tělesa



### Nominální rozměry vzorku

$d_1$	=	31.0 mm [1.20 in.]
$d_2$	=	12.7 mm [0.50 in.]
H	=	as required
L	=	76.0 mm [3.0 in.]
R	=	1.3 mm [0.05 in.]
W	=	56.0 mm [2.20 in.]

$$F_{ILSS} = \frac{P_{max}}{d_1 \cdot h}$$

# ASTM D7078

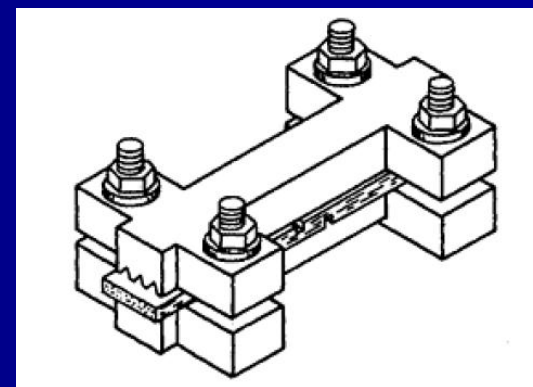
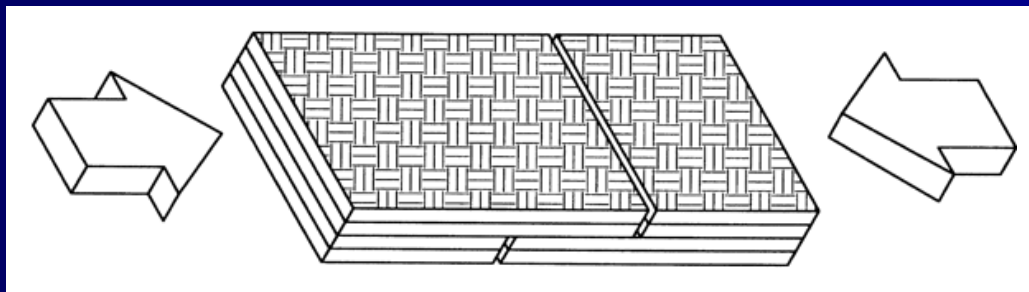
## Použitelnost zkoušky

- Metoda je vhodná pro určování návrhových materiálových hodnot
- Lze měřit i mez pevnosti ve smyku víceosých laminátů

# ASTM D3846

## ASTM D3846

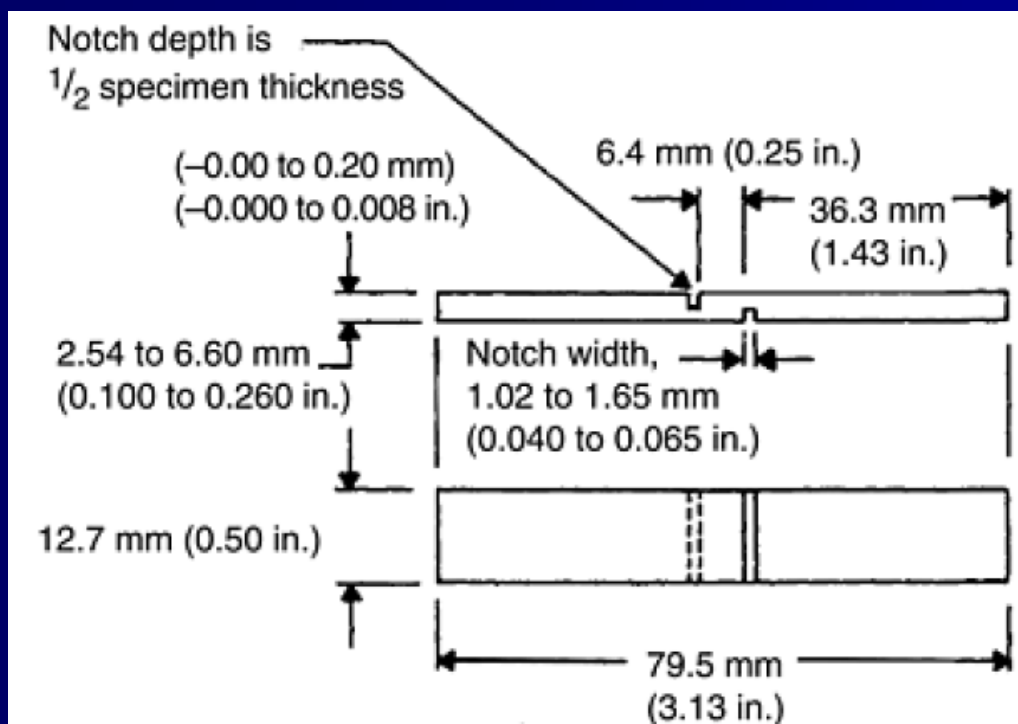
- Zkouška je určena pro určení meze pevnosti ve smyku plastů vyztužených krátkými, náhodně orientovanými vlákny
- Plochý obdélníkový vzorek o velké tloušťce se dvěma vruby
- Vzorek tlakově zatěžován ve speciálním stabilizačním přípravku, shodným s tlakovou zkouškou dle ASTM D695



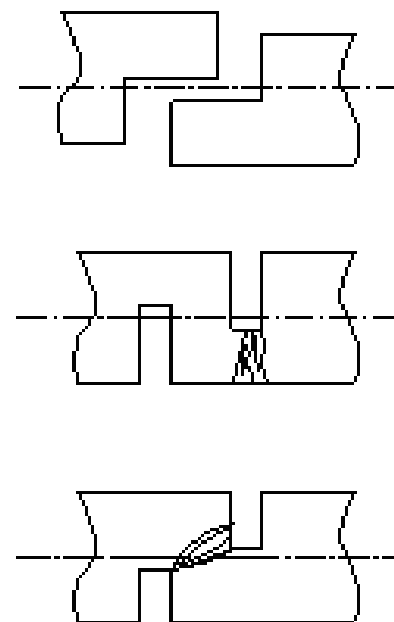


# ASTM D3846

## Zkušební tělesa



## Módy porušení



# ASTM D3846

## Použitelnost zkoušky

- Koncentrace napětí v místě vrubů
- Metoda není vhodná pro určování návrhových materiálových hodnot, protože naměřené hodnoty neodpovídají skutečnosti - „Apparent ILSS“
- Zkouška může být použita pro ověřování kvality výrobního procesu a výběr nebo porovnání materiálů při dodržení přesných rozměrů vrubů. Hloubka a šířka vrubu má zásadní vliv na naměřenou ILSS.

# Ostatní zkušební metody

## **ASTM D3165 - modifikace**

- Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading of Single-Lap-Joint Laminated Assemblies
- Tvar vzorku

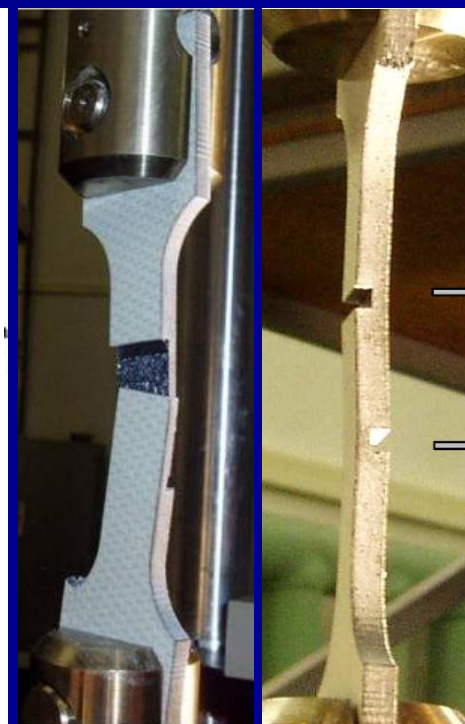
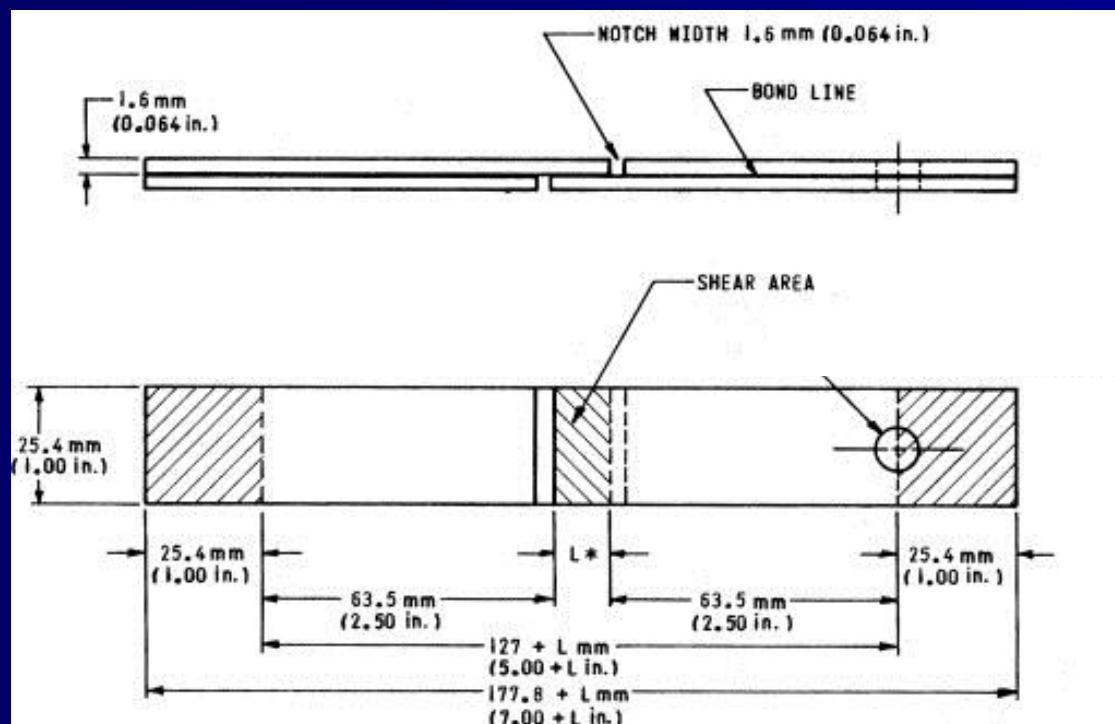
## **ASTM D2344 - modifikace**

- 4 bodový ohyb
- Tvar vzorku

# ASTM D3165 - modifikace

## Zkušební tělesa

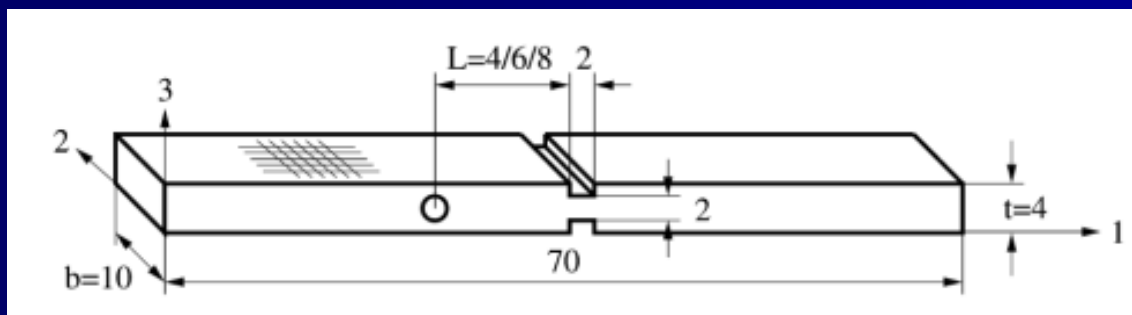
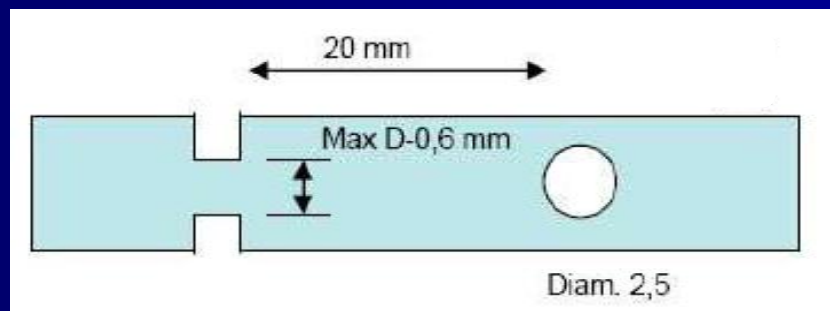
- Jednostřížná



# ASTM D3165 - modifikace

## Zkušební tělesa

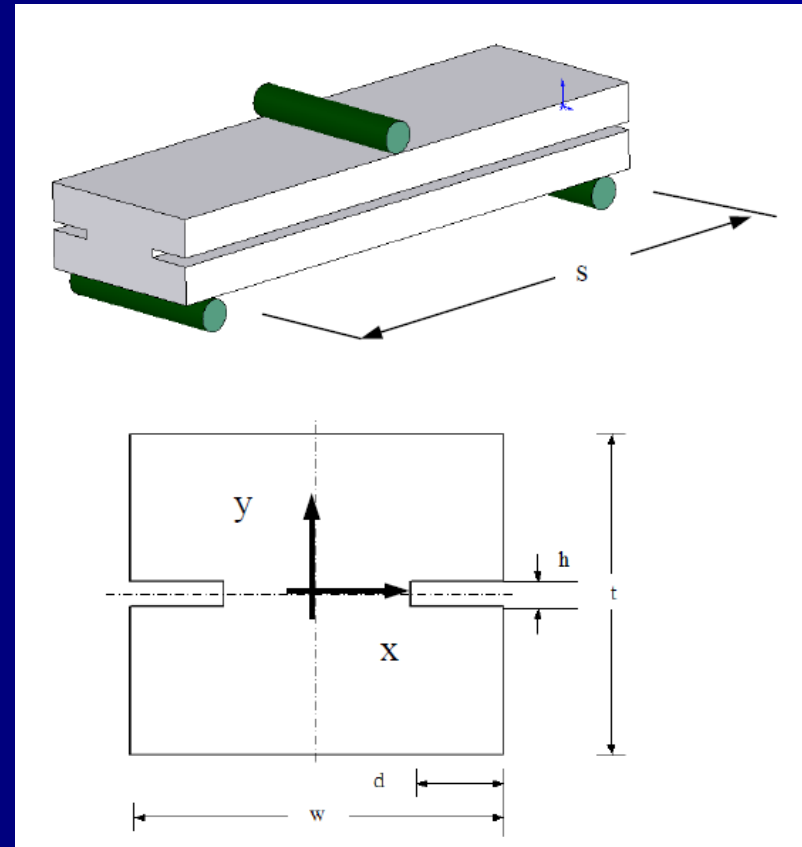
- Dvoustřížná



# ASTM D2344 - modifikace

## Tvar zkušebního tělesa

- Joshua specimen



# Shrnutí

Zkušební metoda	Výroba vzorku	Provedení zkoušky	Použitelnost výsledků
ASTM D2344 (SBS)	+	+	+
ASTM D5379 (Iosipescu)	-	-	++
ASTM D7078 (rail shear)	-	-	++
ASTM D3846 (tlak)	-	-	-
ASTM D3165 (jednostřih)	-	+	-
ASTM D3165 (dvoustřih)	-	+	+
ASTM D2344 (4 bod)	+	+	+
ASTM D2344 (Joshua)	-	+	+

# Závěr

- **Jednoduchá a přesná metoda určení interlaminární smykové pevnosti nebyla doposud vyvinuta**
- **Jednoduché metody jsou používány především jako srovnávací, pro určení vlivu různých parametrů na vlastnosti matrice**



# **Děkuji za pozornost**