

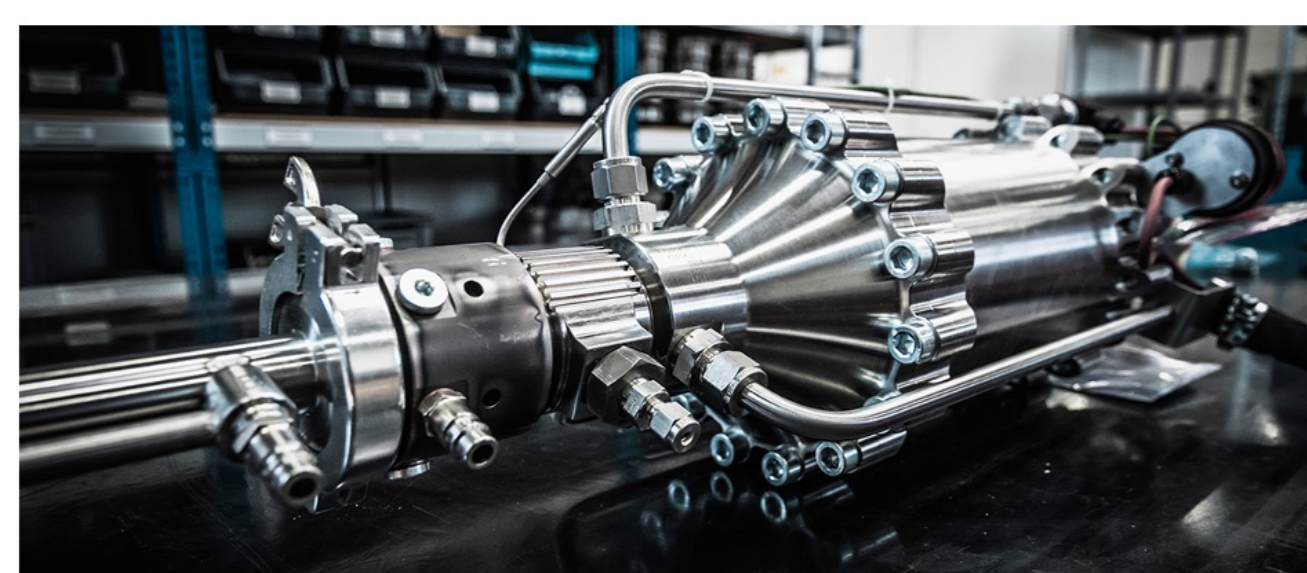
Mechanické vlastnosti a jejich stanovení u materiálů připravených studenou depozicí

Ondřej Hamr
Ústav materiálových věd a inženýrství



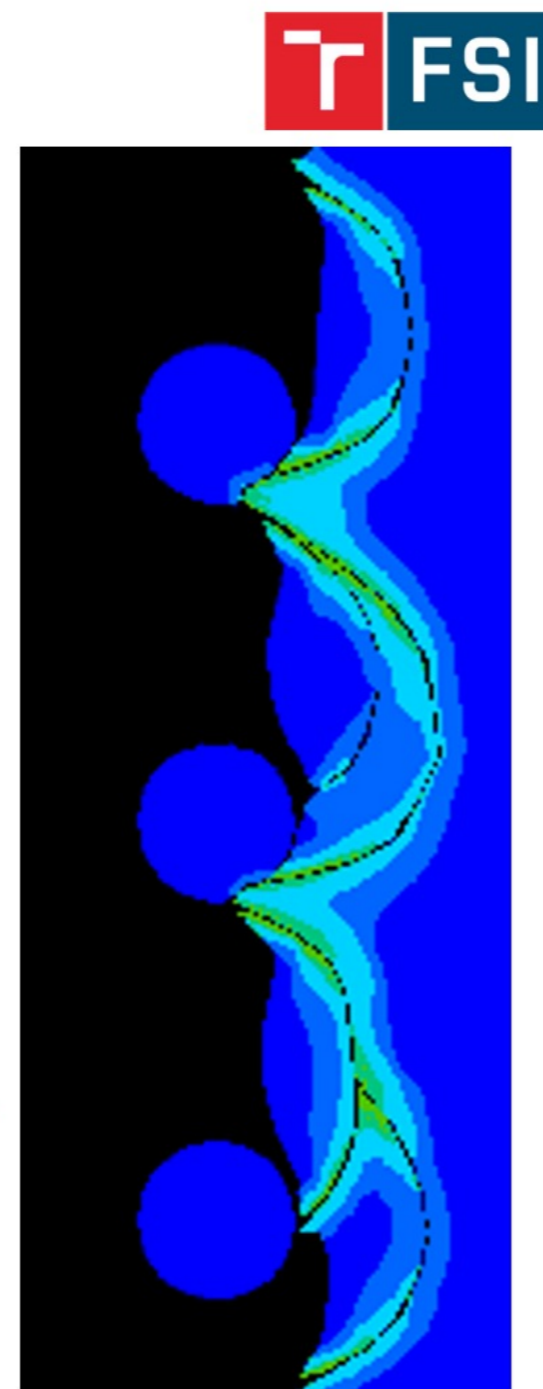
COLD SPRAY

- Vysokorychlostní nanášení práškových částic na základní materiál
- Teplota nanášení značně nižší než teplota tání
- Nosné médium: N₂, He
- Rychlost depozice řádově ve stovkách m/s
- Dělí se na vysokotlakou a nízkotlakou



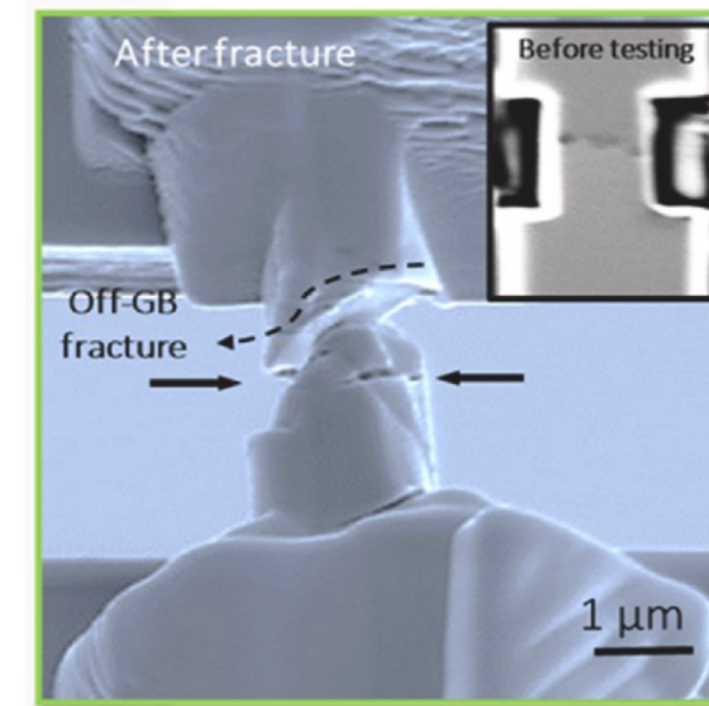
Obrázek 1 – Impact Innovations CS system

- Výhody:**
 - Rychlost vzniku vrstvy
 - Schopnost depozice směsí materiálů s různou teplotou tání
 - Nástřík rozsáhlých ploch řádově v jednotkách metrů
- Nevýhody:**
 - Vysoké provozní náklady
 - Vysoká spotřeba nosného média



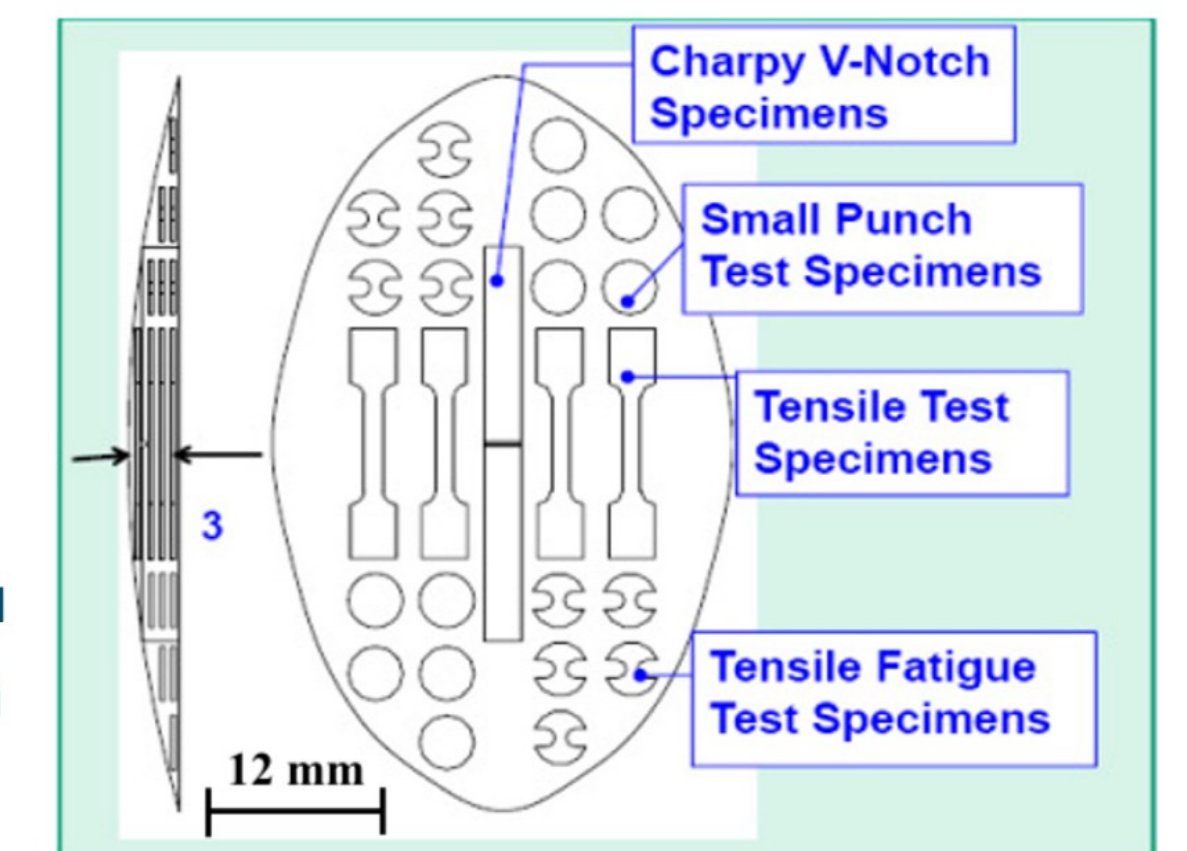
MALÉ A MINIATURNÍ ZKUŠEBNÍ TESTOVÁNÍ

- Semidestruktivní zkoušení**
 - bez ztráty funkčnosti stroje/součásti
 - destruktivní zkoušky
- Plocha příčného průřezu pod 20 mm²



Obrázek 2 – Mikro tahová zkouška *in-situ* SEM

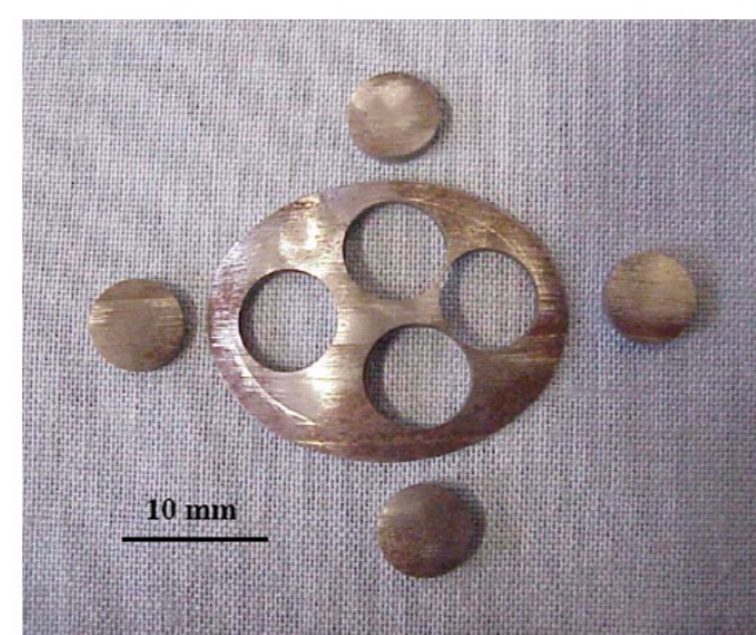
- Zkoušení mikro rozměrů**
 - Rozměry vzorků v μm
 - in-situ* v SEM
 - Možnost tahových a ohybových zkoušek
 - Komplikované ustanovení zkušebního stroje do SEM



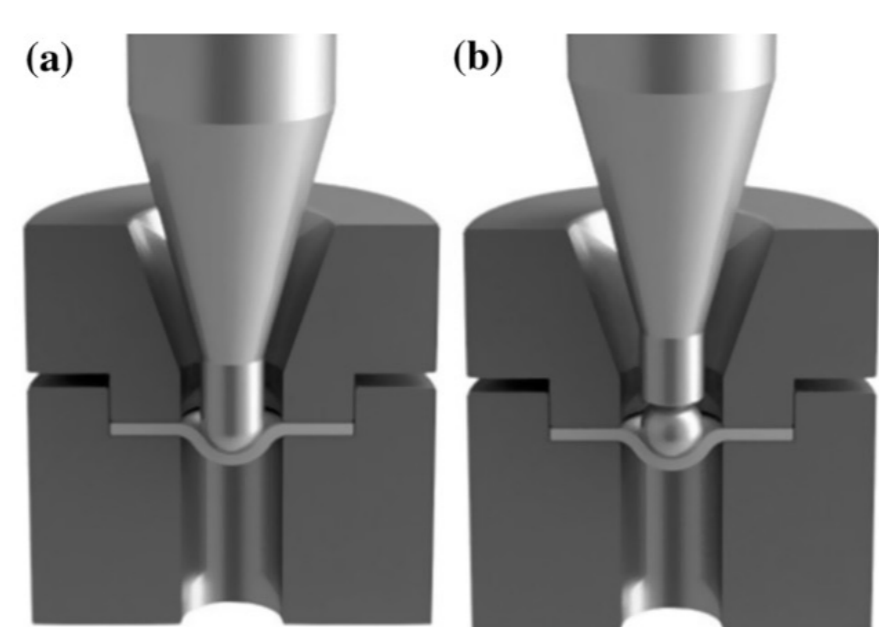
Obrázek 3 – Odběr miniaturních vzorků

METODA SMALL PUNCH TEST

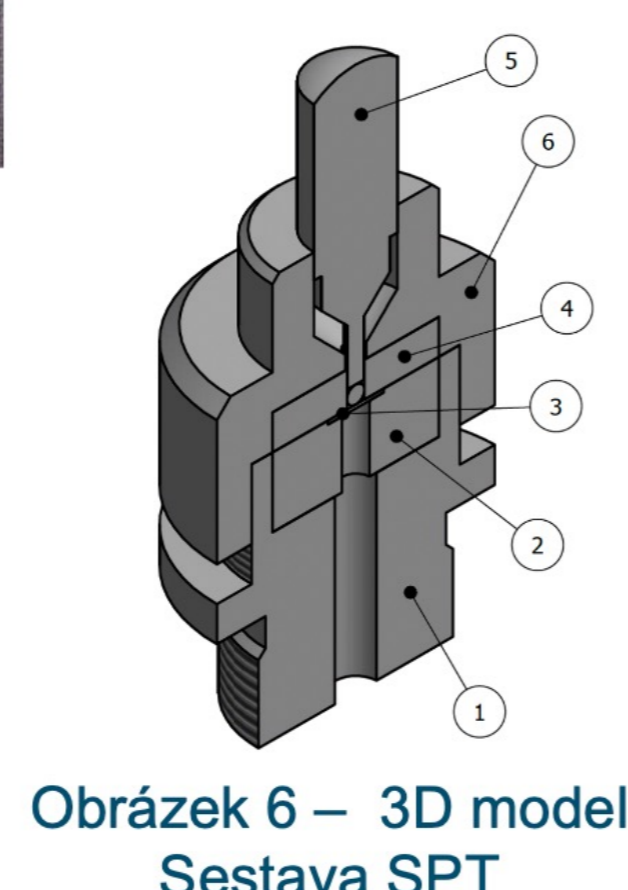
- Vznik:**
 - 80. léta 20. stol. (USA, Japonsko)
 - vliv radičního záření na mechanické vlastnosti materiálu (+ creepová oblast)
- Norma ČSN EN 10371 (2021)
- Princip: penetrace disku upnutého mezi matrice horní a spodní matrici razníkem
- Disk:
 - standardní $\varnothing D = 8 \text{ mm}$, $h_0 = 0,5 \text{ mm}$
 - miniaturní $\varnothing D = 3 \text{ mm}$, $h_0 = 0,25 \text{ mm}$
- Razník:
 - s hemisférickou hlavou
 - s konkávním vybráním a kuličkou



Obrázek 4 – Mechanické odbrušování – SPT zkušební vzorky



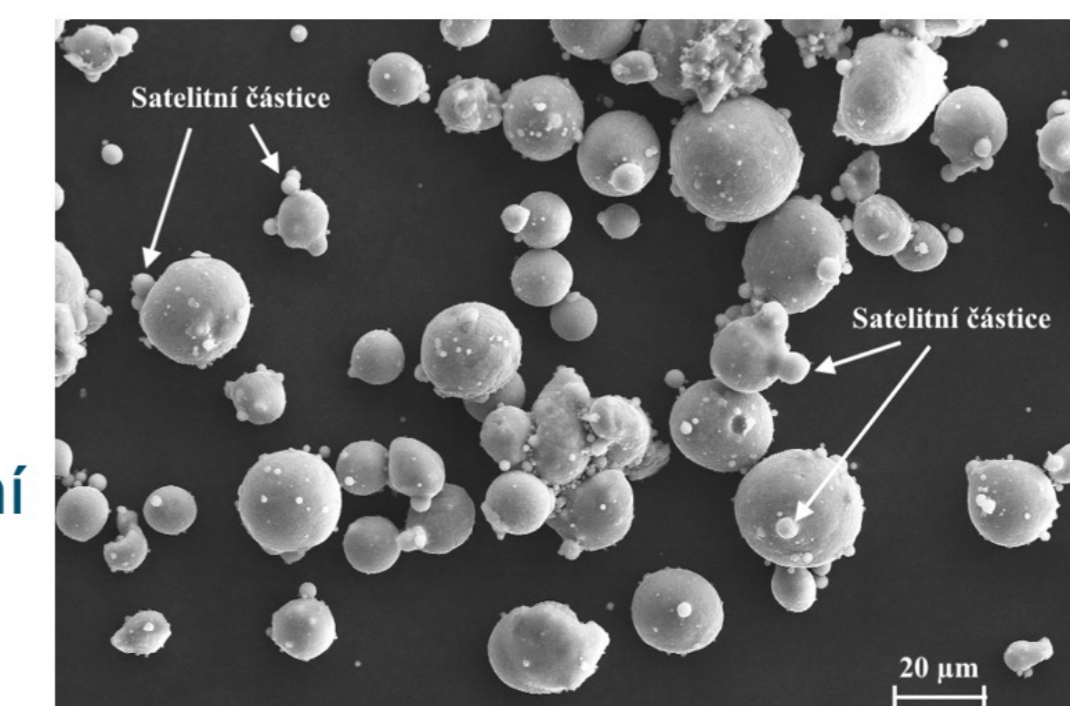
Obrázek 5 – Typy penetračních razníků



Obrázek 6 – 3D model Sestava SPT

EXPERIMENT

- Mechanické zkoušky:
 - Tahová zkouška malých těles
 - Ohybová zkouška malých těles
 - Small punch test – typ standardní
- Materiál: AA 7075 ColdSpray
 - Mediální velikost částic 25 μm
 - Ve stavu: AS – as built (přírodní stav)
 - Pórovitost nástříku 1,1 %

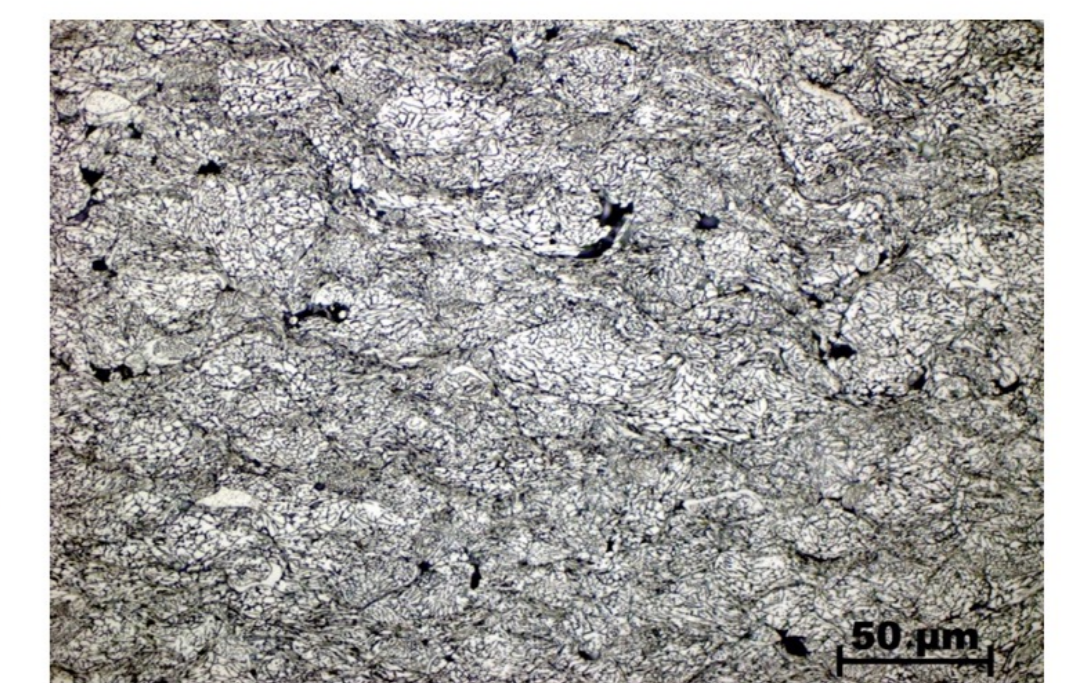


Obrázek 7 – Částice materiálu AA 7075 se satelitními částicemi ze SEM, zvětšení 500 krát, SE



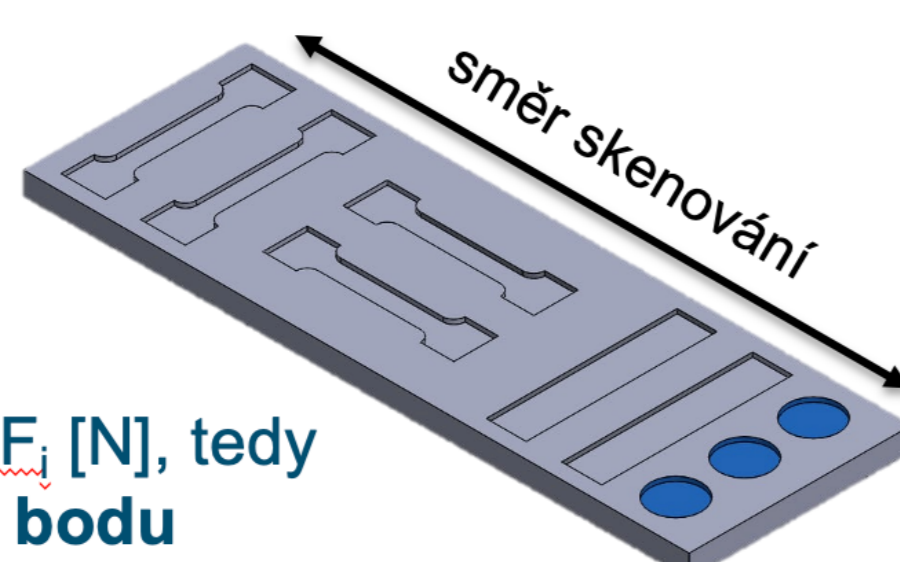
Obrázek 9 – Zkušební stroj ZWICK/ROELL Z 250

Obrázek 8 – Mikrostruktura nadeponovaných částí, leptáno Keller, světelný mikroskop, zvětšení 500 krát

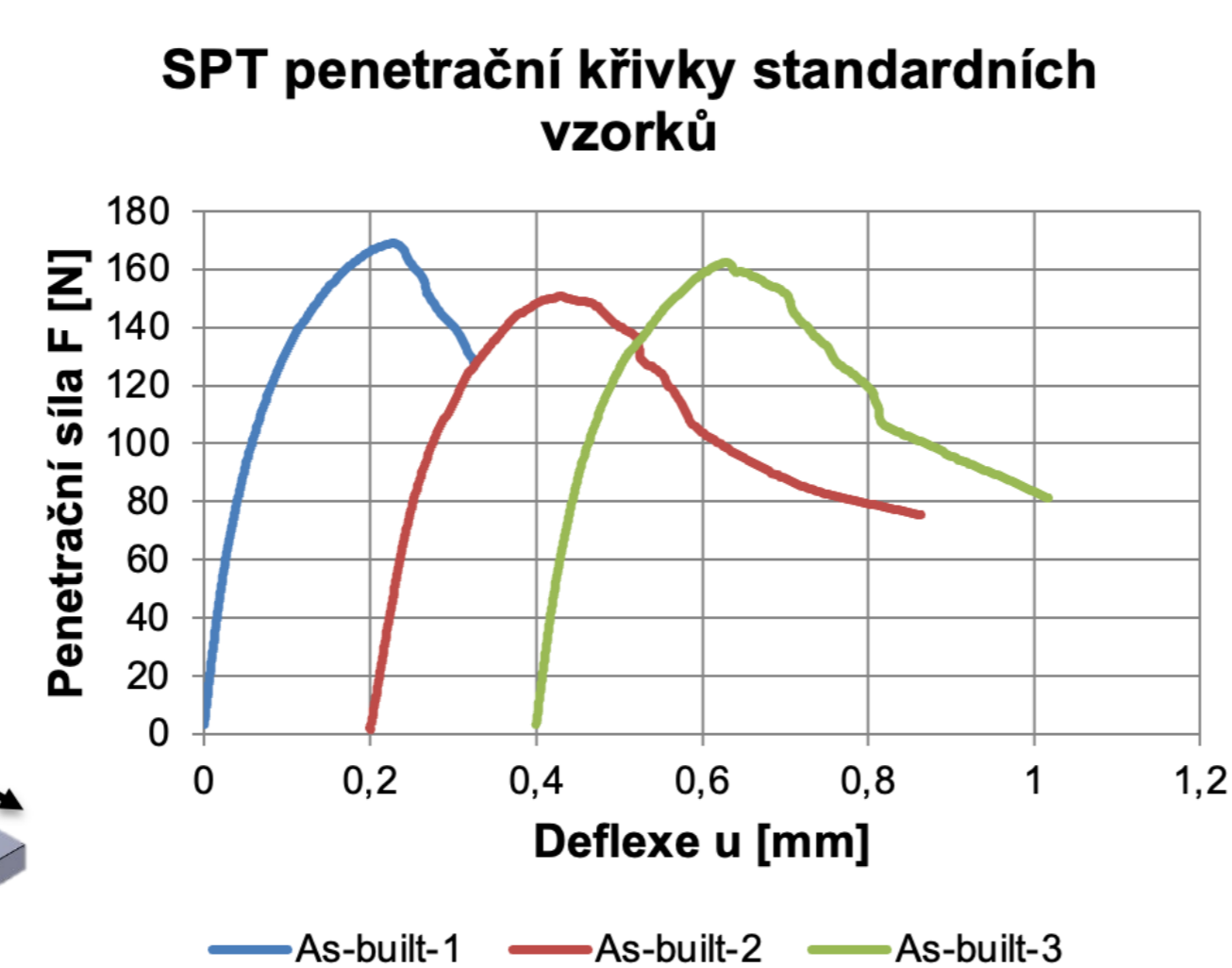


SMALL PUNCH TEST – TYP STANDARDNÍ

- Dle normy ČSN EN 10371
- Měření tří vzorků ($\varnothing 8 \text{ mm}$, $h_0 = 0,45 \text{ mm}$)
- Směr odběru vzorků ve směru dopadu částic
- Průměrné hodnoty:
 - $F_{h/100} = 98 \text{ N}$
 - $F_{max} = 161 \text{ N}$
 - $u_m = 0,23 \text{ mm}$
- Absence sil F_{e1} [N] a F_{e2} [N], tedy absence inflexního bodu
- Síla $F_{h/100}$ nahrazuje sílu F_{e1}



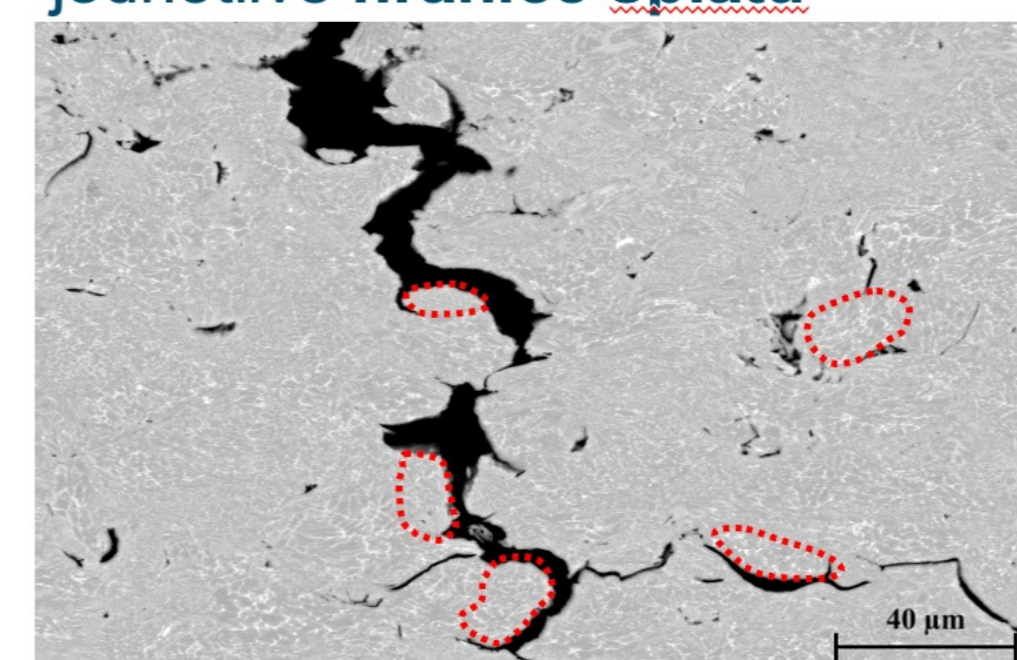
Obrázek 10 – Schéma odběru zkušebních vzorků pro SPT zkoušky



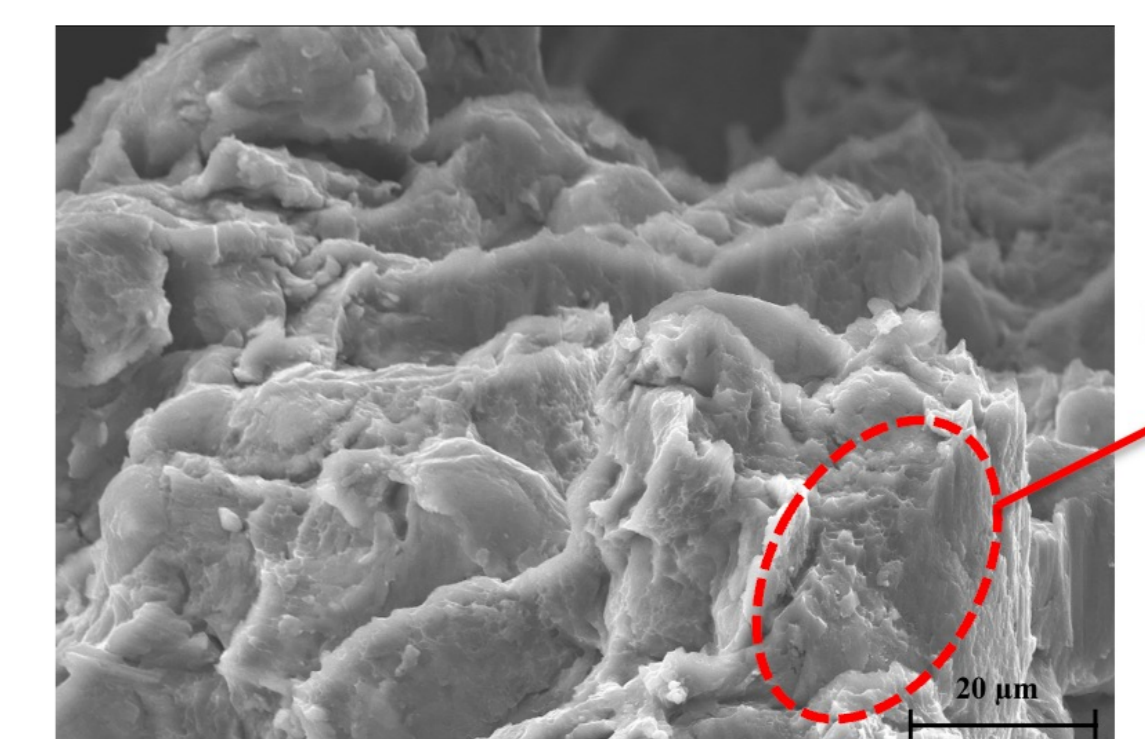
Obrázek 11 – SPT křivky standardních typů zkušebních těles

FRAKTOGRAFIE – SPT ZKOUŠKY

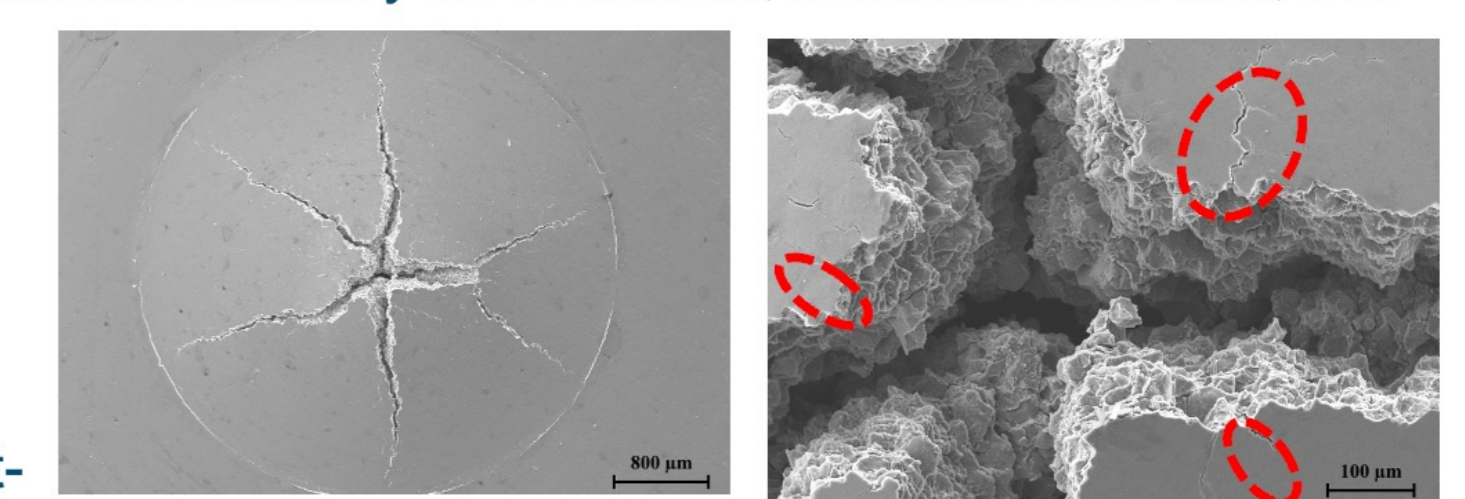
- Lomy z energetického hlediska mají charakter nestabilní tj. křehký a z hlediska mikromechanismů porušování štěpný
- Občasný výskyt houževnatých lomů s jamkovou morfologií
- Kritickým místem rozvojem trhliny jsou jednotlivé hranice splatek



Obrázek 12 – Boční pohled na zkušební vzorek As-built-2 penetrační zkoušky SPT ze SEM, zvětšení 500 krát



Obrázek 13 – Kolmý pohled na zkušební vzorek As-built-2 penetrační zkoušky SPT ze SEM, zvětšení 1000 krát, SE



Obrázky 14 a 15 – Magistrální a sekundární trhliny