



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



# Příloha komplexní úlohy



Národní pedagogický institut České republiky  
Projekt Modernizace odborného vzdělávání (MOV)  
Senovážné nám. 872/25, 110 00 Praha 1  
[www.projektmov.cz](http://www.projektmov.cz)

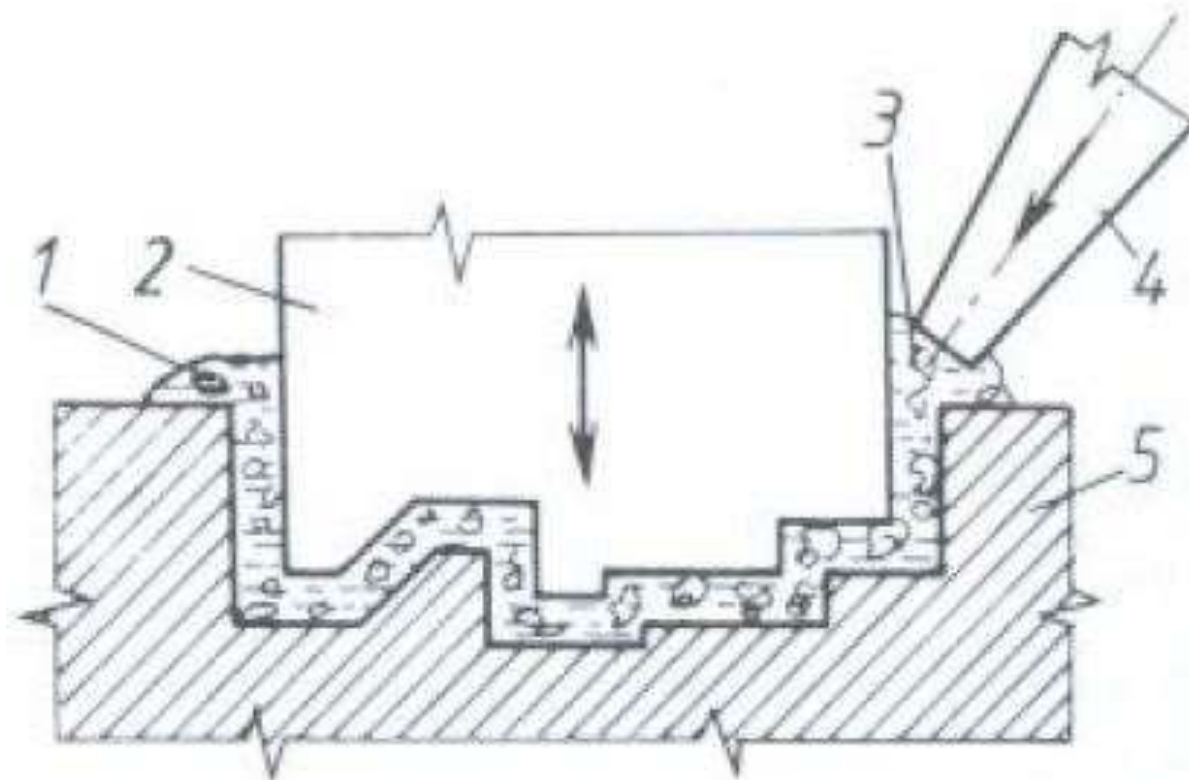
# Obrábění ultrazvukem

Jedná se o řízené rozrušování materiálu obrobku účinkem pohybu zrn abrazivního materiálu a působením kavitační koroze. Jde tedy o obrábění založené na mechanickém úběru materiálu.

**Ultrazvukové kmity - vibrace se dále používají v širokém rozsahu technologií, např. svařování, opracování a dělení plastů, při nedestruktivních zkouškách materiálů, čištění povrchů součástí a v lékařství při lokalizaci, diagnostice a terapii a dalších procesech.**

## Podstata metody:

Zrna abrazivního materiálu jsou přiváděna mezi obráběný povrch a nástroj, který kmitá v kolmém směru na obráběný povrch kmity o ultrazvukové frekvenci 18 – 25 kHz. Zrna jsou nástrojem přitlačována řízenou stálou silou na obráběný povrch, čímž dochází k překopírování tvaru pracovní části nástroje do obrobku. Nástroj může kromě kmitavého pohybu vykonávat ještě pohyb přímočarý posuvný nebo jejich kombinaci.



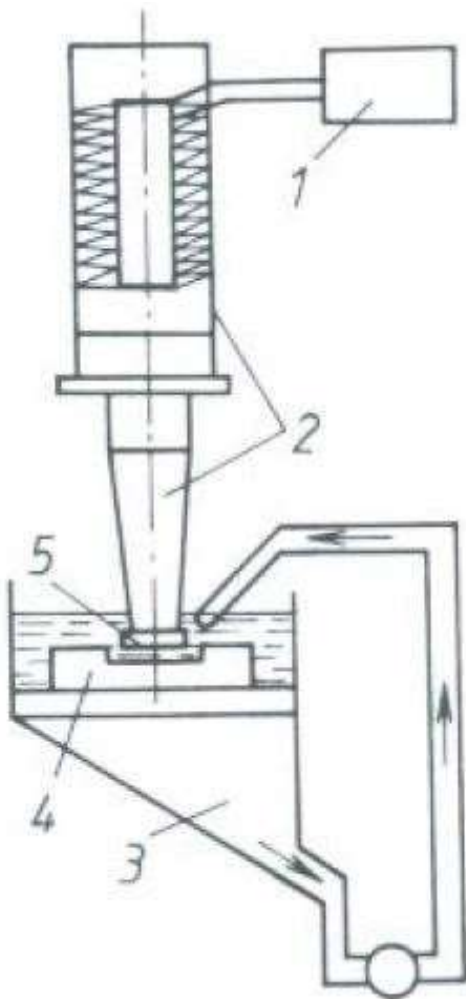
Obr. 1: Princip obrábění ultrazvukem

1 – kapalina, 2 – nástroj, 3 – brousící zrna, 4 – přívod brousících zrn a kapaliny, 5 - obrobek

## Stroj pro obrábění ultrazvukem tvoří:

- **Generátor ultrazvukových kmitů** – jde o elektronické zařízení, které mění střídavý elektrický proud o frekvenci 50 Hz na proud o frekvenci 18 – 25 kHz. Výstupní výkon generátoru je asi 0,2 - 4 kW.
- **Systém pro vytvoření mechanických kmitů** – přeměňuje elektromagnetické kmity na mechanické. Využívá se tzv. magnetostrickce, což je vlastnost feromagnetických materiálů měnit při vložení do magnetického pole své rozměry.
- **CNC řídicí systém** – u moderních strojů řídí minimálně čtyři osy, reguluje také přitlačnou sílu nástroje, rychlost pohybů a frekvenci kmitů nástroje.

- **Systém pro přívod brousících zrn** – má za úkol řídit přívod brousících zrn a kapaliny do mezery mezi nástrojem a obráběnou plochou.
  - **Kapalina** – musí zaručit dokonalý přívod nových zrn a odvod opotřebených zrn do a z pracovní mezery. Svým kavitačním účinkem zvyšuje intenzitu úběru materiálu, podle své viskozity více nebo méně tlumí pohyb kmitajících zrn. Používá se voda, petrolej, líh nebo strojní olej.
  - **Brusivo** – brousící zrna mohou být z diamantu, kubického nitridu boru, karbidu boru, karbidu křemíku a umělého korundu. Koncentrace zrn v kapalině bývá 30 – 40 %. Při obrábění se zrna opotřebovávají, proto musíme zajistit jejich dokonalou výměnu.

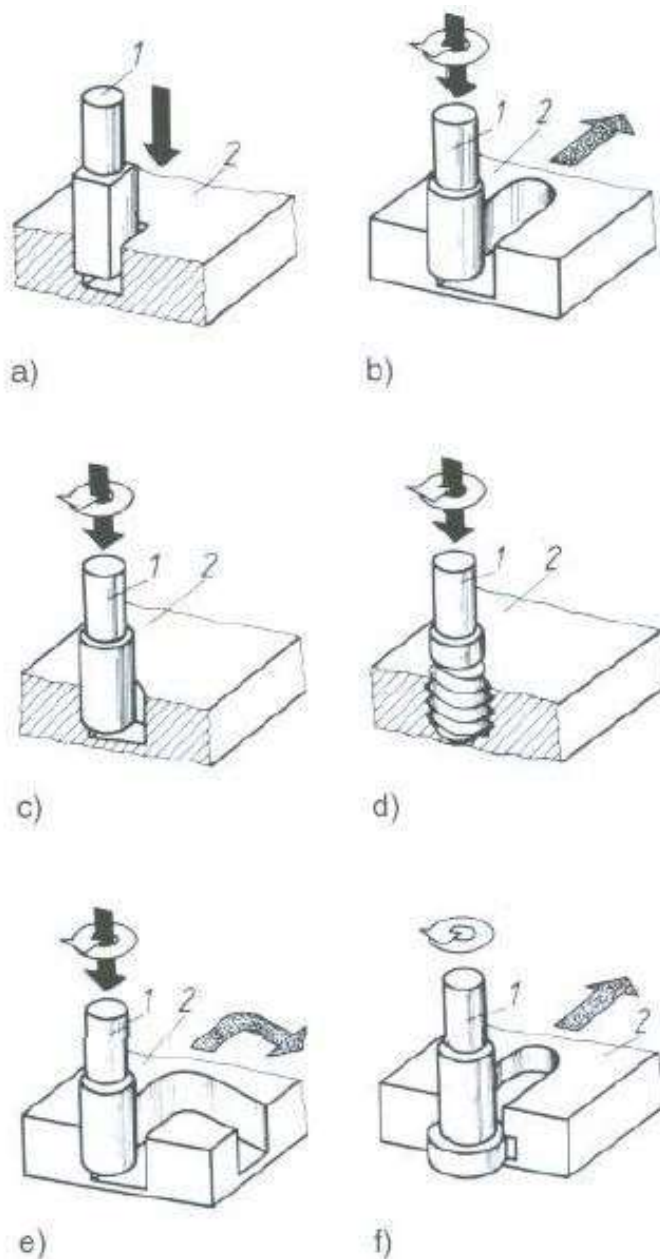


Obr. 2: Stroj pro obrábění ultrazvukem – princip

1 – generátor ultrazvukových kmitů, 2 – systém pro vytvoření mechanických kmitů, 3 – přívod brousících zrn a kapaliny, 4 – obrobek, 5 - nástroj

### Nástroje pro obrábění ultrazvukem

Vyrábějí se z konstrukční oceli, korozivzdorné oceli, mědi nebo mosazi. Jejich činná část má tvar vyráběné plochy. Při obrábění se nástroje opotřebovávají v závislosti na materiálu obrobku, pracovních podmínkách a materiálu nástroje. Moderní stroje jsou vybaveny upínacím systémem, který umožňuje rychlou výměnu nástroje.



Obr. 3: Příklady nástrojů a prováděných operací při obrábění ultrazvukem (šipky znázorňují pohyby nástroje a obrobku)

a) nerotační dutiny, b) otevřené drážky, c) kruhové díry, d) závity, e) průchozí drážky, f) tvarové drážky

1 – nástroj, 2 - obrobek

### Dosahované parametry:

- **Obrobitelnost materiálů** – je úměrná jejich tvrdosti a křehkosti. Obrábět můžeme elektricky vodivé i nevodivé materiály např. sklo, křemík, ferity, germanium, keramické materiály, grafit, kevlar, slinuté karbidy, kalené oceli, polodrahokamy apod.
- **Plastické materiály jsou touto technologií neobrobitelné!**
- **Intenzita úběru materiálu** – je závislá na:
  - **amplitudě kmitů nástroje** (při frekvenci 18 – 25 kHz je amplituda 30 – 80  $\mu\text{m}$ ),

- **velikosti přítlaču nástroje** (je závislá na velikosti obráběné plochy, amplitudě kmitů nástroje a velikosti brousících zrn, bývá  $2 - 30 \text{ N.cm}^{-2}$ ),
- **koncentraci brusiva v kapalině,**
- **druhu brusiva,**
- **zrnitosti brusiva** (pro hrubování volíme  $3 - 16$ , pro dokončování  $70 - 120$ , pro velmi přesné obrábění  $220 - 260$ ).

Maximální intenzita úběru materiálu je ve směru kmitání nástroje, na bočních plochách nástroje probíhá úběr materiálu s výrazně menší intenzitou.

- **Přesnost obrábění**
  - průchozí díry do hloubky 3 mm – dosahujeme  $0,02 - 0,05 \text{ mm}$  na průměr,
  - plochy o velikosti  $40 - 50 \text{ mm}^2$  – dosahujeme  $0,02 - 0,05 \text{ mm}$ ,
  - neprůchozí dutiny – dosahujeme  $0,05 - 0,1 \text{ mm}$ ,
  - kuželovitost děr – dosahujeme  $20'$  na 1 mm délky díry.
- **Kvalita obrobené plochy** –  $R_a = 1,6 - 0,4 \text{ } \mu\text{m}$

### **Metody spojování materiálů ultrazvukem:**

- **Svařování** - pomocí ultrazvuku ke svaření dochází za pomoci tepla, které vzniká z vysokofrekvenčních mechanických kmitů. Nejprve se musí elektrická energie přeměnit na vysokofrekvenční mechanický pohyb. Tento pohyb spolu s přitlačnou silou vytváří teplo na rozhraní spojovaných součástí - plochy svaru. Materiál nejprve taje a pak při tuhnutí tvoří molekulový svar mezi částmi.
- **Bodové svařování** - používáme tam, kde musí být svařeny plochy částí k sobě (polotovary, teplem foukané, lisované a velké plochy). Proces probíhá tak, že hrot sonotrody pronikne skrze svrchní část do spodní části. Teplo je dodáno na kontaktní místo plochy. Vytlačený plast vyteče nahoru a zformuje výstupek va tvaru zvonku. Zadní strana spodní části zůstává nezměněná. Plochy musí být zajištěny svorkami nebo kleštěmi.
- **Vrutování kovových částí** - součástky opatřeny závitem, silné šrouby nebo jiné kovové části mohou být ultrazvukově vsazeny do termoplastů. Musí být zaručena vysoká tuhost a stabilita vsazených částí.
- **Řezání a svařování obalových materiálů** - sonotroda a lůžko jsou nastaveny s tolerancí dvou mikronů k rychlému a přesnému stlačení vrstev. Pohybem fólií mezi nástroji je vytvořena energie mezi vrstvami. Vytváří se intermolekulární tření. Vazby mezi molekulami jsou přerušeny a vznikají nové konstelace. Svary mají vysokou pevnost a hned po svaření chladnou. Používají se u balicích linek, které balí výrobky do hermeticky uzavřených obalů.