

# Měření teploty při technické výchově

Jiří Tesař, Jiří Skála, Vladislav Lang  
Západočeská univerzita v Plzni

## ABSTRAKT

V tomto pokusu budeme zkoumat šíření tepla při vrtání. Vyzkoušíme, jak se zahřívají ostré a tupé vrtáky při vrtání ocelové destičky.

## ÚVOD

Vrtání je třískové obrábění rotačním pohybem nástroje – vrtáku [1]. Při vrtání dochází k deformaci obráběného materiálu a tření materiálu o nástroj, při čemž se generuje teplo [2].

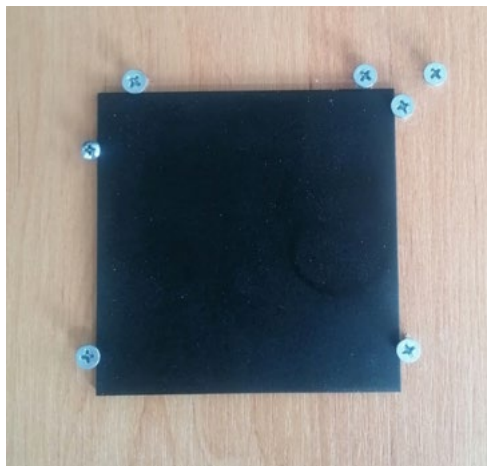
# Měření teploty při vrtání

## POMŮCKY

- Ocelová destička o rozměrech např. 10×10 cm a tloušťce alespoň 2 mm
- Termografická barva, případně jakákoliv jiná barva
- Dřevěná podložka
- Vrtačka
- Několik vrtáků, ostré i tupé
- Termokamera

## POSTUP

Ocelová destička má velmi nízkou emisivitu. Podle stavu povrchu to může být 0,1–0,3. Proto ji nastříkáme termografickou barvou, nebo alespoň obyčejnou barvou, abychom zabránili odrazům IR záření z okolí. Při našem experimentu jsme použili termografickou barvu LabIR® HERP-LT s emisivitou 0,96. Destičku vhodným způsobem upneme na dřevěnou podložku, např. jako na Obr. 1. Důlčíkem můžeme v destičce vytvořit důlek, aby nám na začátku vrták neujížděl.



Obr. 1: Ocelová destička upevněná na dřevěné podložce.

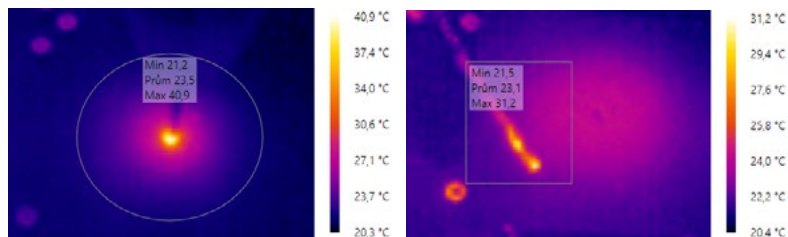
Připravíme si termokameru do vhodné pozice, abychom dobře viděli na destičku během vrtání. Nejlepší je kameru upevnit na stativ. Pozdější vyhodnocení bude jednodušší, když se kamera při měření nebude hýbat. Do vrtačky upneme ostrý vrták, spustíme nahrávání a vyvrtáme otvor. Po skončení může být zajímavé nechat vrták v záběru kamery, abychom viděli, jak je zahřátý. Destičku necháme vychladnout, nebo použijeme jinou destičku, a pokus zopakujeme s tupým vrtákem.

Můžeme pozorovat, že vrtáním generované teplo je v různé míře odváděné třískami, obrobkem i vrtákem. Vrták jsme použili obyčejný černěný. Můžeme tedy předpokládat, že má vysokou emisivitu kolem 0,9. Teplotní pole kolem vrtaného otvoru je kruhově symetrické. Pokud budeme kamerou snímat zešikma, bude se zahřáté místo jevit jako oválné.

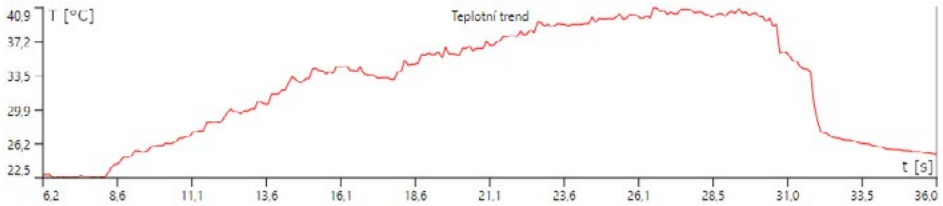
Pořízené nahrávky můžeme vyhodnotit v softwaru LabIR® Edu. Pro zjištění, jak se destička zahřála, se hodí plošná analýza, tedy elipsa nebo obdélník, ve které budeme sledovat maximální teplotu. Nárůst teploty v čase nám ukáže graf teplotního trendu.

#### VRTÁNÍ OSTRÝM VRTÁKEM

Počáteční teplota destičky byla 21,6 °C. Vrtání trvalo 24 s. Bylo dosaženo maximální teploty 40,9 °C krátce před koncem. Destička se zahřála o 19,3 °C. Vrták měl 7 s po skončení teplotu 31,2 °C.



Obr. 2: Vrtání ostrým vrtákem (vlevo), teplota vrtáku po skončení (vpravo).

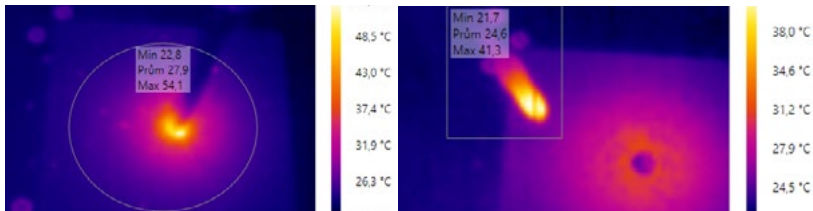


Obr. 3: Časový průběh maximální teploty při vrtání ostrým vrtákem.

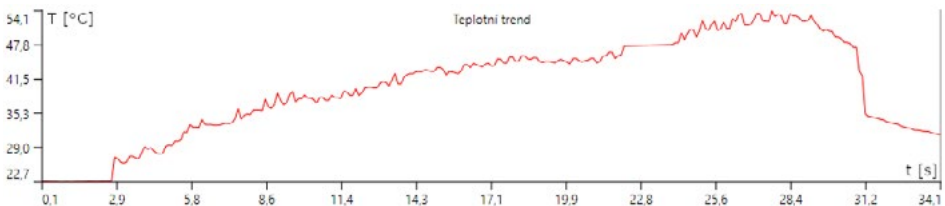
V grafu na Obr. 3 je vidět, že mezi 16. a 18. sekundou došlo k malému poklesu teploty. To bylo zřejmě způsobeno menším tlakem na vrták.

### VRTÁNÍ TUPÝM VRTÁKEM

Počáteční teplota destičky byla 22,9 °C. Vrtání trvalo 27 s. Bylo dosaženo maximální teploty 54,1 °C krátce před koncem. Destička se zahřála o 31,2 °C. Vrták měl 7 s po skončení teplotu 41,3 °C.



Obr. 4: Vrtání tupým vrtákem (vlevo), teplota vrtáku po skončení (vpravo).

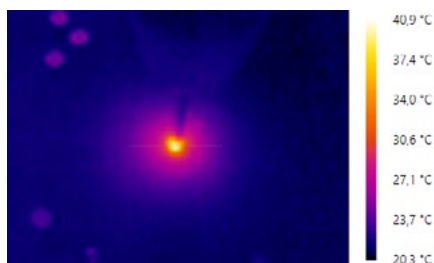


Obr. 5: Časový průběh maximální teploty při vrtání tupým vrtákem.

## ZHODNOCENÍ

Ocelové destičky měly při obou pokusech přibližně stejnou počáteční teplotu a vrtání trvalo přibližně stejnou dobu. Záleží ještě na tlaku na vrtačku, který nedokážeme změřit. Budeme předpokládat, že byl v obou případech také přibližně stejný. Při vrtání ostrým vrtákem došlo k nárůstu teploty o 19,3 °C. S tupým vrtákem narostla teplota o 31,2 °C, což je o 62 % více.

Podívejme se ještě, jak se teplo z místa vrtání rozvádí do okolí. Rozložení teploty na povrchu destičky lze zobrazit pomocí funkce teplotní profil, jak je ukázáno na Obr. 6. Získá se tak názornější rozložení teploty v porovnání s termogramem. Obrázek ukazuje stav 18 s od začátku vrtání ostrým vrtákem. Výsledný teplotní profil je závislý na tepelně fyzikálních vlastnostech materiálu destičky a vrtáku (měrné tepelné vodivosti, měrné tepelné kapacity a hustotě), na množství tepla generovaného při interakci rotujícího vrtáku s vrtaným materiálem a na množství a tvaru vznikajících špon. Obecně při předpokladu stejného množství generovaného tepla, bude u materiálů tepelně izolačních (dřevo, keramika, beton, cihly) křivka teplotního profilu strmější, teplem ovlivněná oblast bude menší a maximální hodnota naměřené teploty vyšší – teplo zůstává v oblasti interakce vrtáku s destičkou. U materiálů tepelně vodivých (kovy, polovodiče) bude křivka plošší, teplem ovlivněná oblast bude větší a hodnoty maximálních hodnot budou nižší – teplo se šíří z oblasti interakce vrtáku s destičkou do okolí.





Obr. 6: Teplotní profil čáry. Čárová analýza v termogramu (nahore), graf teplotního profilu (dole).

### VYSVĚTLENÍ

Při obrábění tupým nástrojem je pro stejný vrtací efekt potřeba vyvinout větší sílu. Deformace materiálu musí být větší, aby ostří nástroje proniklo do materiálu. Tření je v takovém případě rovněž vyšší. Tupý vrták tedy způsobuje větší zahřívání.

Teplota kolem místa vrtání poměrně rychle klesá, protože v místě vrtání je největší teplotní spád (gradient) a proto dochází k rychlému přenosu tepla. Ve vzdálenějších místech je spád nižší a teplo se šíří pomaleji.

### ZÁVĚR

Při pokusu jsme sledovali šíření tepla během vrtání ocelové destičky. Potvrdili jsme, že tupý vrták způsobuje vyšší zahřívání. Pozorovali jsme různou rychlost šíření tepla v závislosti na teplotním spádu.

### POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Vrtání [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vrtání>, [citováno 24.1.2024].
- [2] Teplo vznikající při obrábění [online], Elektronická učebnice, <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1199>, [citováno 24.1.2024].



