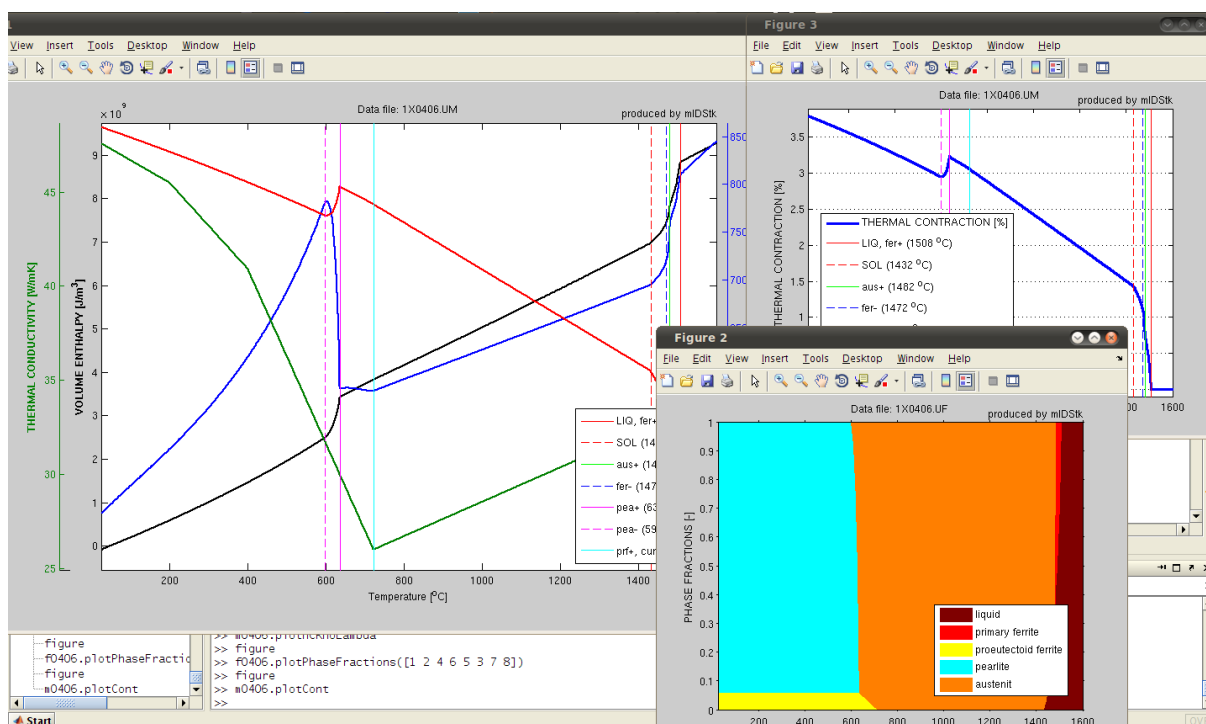


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ

mIDStk

MATLAB toolkit for processing IDS output files



Apollo ID: 25504
Datum: 5. listopadu 2011
Typ projektu: R — software
Autor: Ing. Lubomír Klimeš

Popis funkce

Software **mIDStk** je balíkem umožňujícím pohodlnou práci s výstupními soubory solidifikačního software *IDS: Solidification Analysis Package* v programovém prostředí MATLAB. Program IDS umožňuje za základě známého chemického složení oceli numericky počítat např. termofyzikální vlastnosti oceli a fázové zlomky v závislosti na teplotě materiálu, ale vizualizační možnosti samotného programu IDS jsou nedostatečné a numerické výsledky jsou ukládány do textových souborů, které ale musí být pro následné použití v dalších softwarech (např. v MATLABu) dále upravovány do požadovaného formátu. Balík **mIDStk** pro použití v MATLABu odstraňuje výše zmíněné nedostatky a umožňuje přímočaré využití dat z výstupních IDS souborů.

Balík **mIDStk** je tvořen dvěma třídami pro použití v MATLABu s využitím objektově-orientovaného přístupu. Třída **umIDS** načítá výstupní **UM** soubory programu IDS (termofyzikální vlastnosti a veličiny v závislosti na teplotě a teploty strukturálních a fázových změn), přepočítá hodnoty jednotlivých veličin na základní jednotky soustavy SI, uloží teploty strukturálních a fázových změn a nainterpoluje zmíněné fyzikální veličiny pro teplotní krok jednoho stupně Celsia. Metody této třídy pak umožňují

- načítat hodnoty fyzikálních veličin při dané teplotě nebo pro celý rozsah teplot,
- načítat teploty strukturálních a fázových změn,
- graficky vizualizovat termofyzikální vlastnosti oceli.

Třída **ufIDS** načítá výstupní **UF** soubory programu IDS (fázové zlomky, tj. podíl jednotlivých struktur v závislosti na teplotě) a interpoluje načtená data s krokem jednoho stupně Celsia. Metody této třídy umožňují

- načítat podíl jednotlivých struktur při dané teplotě,
- vytvářet diagram fázových zlomků.

Popis metod a atributů třídy **umIDS**

fileName vrací jméno souboru *.UM, ze kterého byly data načtena

tmin vrací nejmenší teplotu, pro kterou soubor **fileName** obsahuje napočítaná data

tmax vrací největší teplotu, pro kterou soubor **fileName** obsahuje napočítaná data

tSOL vrací teplotu solidu

tLIQ vrací teplotu likvidu

ferPLUS vrací teplotu počátku vylučování δ -feritu

ferMINUS vrací teplotu konce vylučování δ -feritu

ausPLUS vrací teplotu počátku vylučování austenitu

eufPLUS vrací teplotu počátku vzniku eutektického feritu

eufMINUS vrací teplotu konce vzniku eutektického feritu

prfPLUS vrací teplotu počátku vylučování proeutektoidního feritu

peaPLUS vrací teplotu počátku vzniku perlitu
 peaMINUS vrací teplotu konce vzniku perlitu
 prcPLUS vrací teplotu počátku vzniku proeutektoidního cementitu
 baiPLUS vrací teplotu počátku vzniku bainitu
 marPLUS vrací teplotu počátku vzniku martenzitu
 MnS teplota počátku formace MnS
 zst teplota „zero-strength“
 Ae3 vrací teplotu Ae3
 Acm vrací teplotu Acm
 cur vrací teplotu Currieho bodu
 getT() vrací vektor teplot, pro které jsou dostupná (nainterpolovaná) data
 getH() vrací vektor objemových entalpií [J m^{-3}] pro celý rozsah teplot
 getH(t) vrací hodnotu objemové entalpie [J m^{-3}] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getC() vrací vektor měrných tepelných kapacit [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
 getC(t) vrací hodnotu měrné tepelné kapacity [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getLambda() vrací vektor tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] pro celý rozsah teplot
 getLambda(t) vrací hodnotu tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getRho() vrací vektor hustot [kg m^{-3}] pro celý rozsah teplot
 getRho(t) vrací hodnotu hustoty [kg m^{-3}] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getCont() vrací vektor tepelné kontrakce [%] pro celý rozsah teplot
 getCont(t) vrací hodnotu tepelné kontrakce [%] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getAlfa() vrací vektor koeficientu diferenciální teplotní kontrakce [K^{-1}] pro celý rozsah teplot
 getAlfa(t) vrací hodnotu koeficientu diferenciální teplotní kontrakce [K^{-1}] při teplotě t ,
 $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 getV() vrací vektor dynamické viskozity v kapalném stavu [mPas] pro celý rozsah teplot
 getV(t) vrací hodnotu dynamické viskozity v kapalném stavu [mPas] při teplotě t , $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$
 umIDS(fname) konstruktor; vytváří instanci třídy a načítá data ze souboru fname
 plotH() vytváří graf závislosti objemové entalpie [J m^{-3}] na teplotě v rozsahu t_{\min} až t_{\max}
 s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a
 barva křivky (modrá)

`plotH(pos)` vytváří graf závislosti objemové entalpie [J m^{-3}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotH(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti objemové entalpie [J m^{-3}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotC()` vytváří graf závislosti měrné tepelné kapacity [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotC(pos)` vytváří graf závislosti měrné tepelné kapacity [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotC(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti měrné tepelné kapacity [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotLambda()` vytváří graf závislosti tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotLambda(pos)` vytváří graf závislosti tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotLambda(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotRho()` vytváří graf závislosti hustoty [kg m^{-3}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotRho(pos)` vytváří graf závislosti hustoty [kg m^{-3}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotRho(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti hustoty [kg m^{-3}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotCont()` vytváří graf závislosti tepelné kontrakce [%] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotCont(pos)` vytváří graf závislosti tepelné kontrakce [%] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotCont(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti tepelné kontrakce [%] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotAlfa()` vytváří graf závislosti koeficientu diferenciální tepelné kontrakce [K^{-1}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotAlfa(pos)` vytváří graf závislosti koeficientu diferenciální tepelné kontrakce [K^{-1}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotAlfa(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti koeficientu diferenciální tepelné kontrakce [K^{-1}] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotV()` vytváří graf závislosti dynamické viskozity v kapalném stavu [mPas] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; implicitní pozice legendy (vpravo dole) a barva křivky (modrá)

`plotV(pos)` vytváří graf závislosti dynamické viskozity v kapalném stavu [mPas] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax` s vyznačením strukturních a fázových událostí; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), implicitní barva křivky (modrá)

`plotV(pos, color, sfu)` vytváří graf závislosti dynamické viskozity v kapalném stavu [mPas] na teplotě v rozsahu `tmin` až `tmax`; pozice legendy je řízena parametrem `pos` (viz odstavec Pozice legendy níže), barva křivky `color`, vyznačení strukturních a fázových událostí řídí parametr `sfu`: `stu = 0` vyznačí, `stu = 1` nevyznačí

`plotHCLambdaRho()` vytváří vícenásobný graf závislosti objemové entalpie, měrné tepelné kapacity, tepelné vodivosti a hustoty na teplotě s vyznačením strukturních a fázových událostí; tato metoda vyžaduje dodatečný nástroj `addaxis`¹.

Popis metod a atributů třídy `ufIDS`

`ufIDS(fname)` konstruktor; vytváří instanci třídy a načítá data ze souboru `fname`

`plotPhaseFractions()` vytváří diagram fázových zlomků pro rozsah teplot `tmin` až `tmax`; pořadí vykreslování struktur je v pořadí 1. tavenina, 2. δ -ferit, 3. austenit, 4. proeutektoidní ferit, 5. proeutektoidní cementit, 6. perlit, 7. bainit, 8. martenzit; pozice legendy vpravo dole; implicitní barevné schéma

¹dostupný z <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9016>; řídí se vlastními licenčními podmínkami autora

`plotPhaseFractions(cmpOrder)` vytváří diagram fázových zlomků pro rozsah teplot `tmin` až `tmax`; pořadí vykreslování struktur (ovlivňuje vzhled diagramu) je dáno vektorem `cmpOrder` s osmi prvky podle označení uvedeného v popisu předchozí metody (např. pro `cmpOrder = [1 3 2 5 4 6 7 8]` se vykresluje v pořadí tavenina, austenit, δ -ferit, proeutektoidní cementit, proeutektoidní ferit, perlit, bainit, martenzit); implicitní pozice legendy vpravo dole; implicitní barevné schéma

`plotPhaseFractions(cmpOrder, nPos)` vytváří diagram fázových zlomků pro rozsah teplot `tmin` až `tmax`; pořadí vykreslování struktur je dáno vektorem `cmpOrder` s osmi prvky (viz popis předchozích metod)); pozici legendy řídí parametr `nPos` (viz odstavec Pozice legendy níže); implicitní barevné schéma

`plotPhaseFractions(cmpOrder, nPos, colorSchema)` vytváří diagram fázových zlomků pro rozsah teplot `tmin` až `tmax`; pořadí vykreslování struktur je dáno vektorem `cmpOrder` s osmi prvky (viz popis předchozích metod)); pozici legendy řídí parametr `nPos` (viz odstavec Pozice legendy níže); barevné schéma diagramu určuje parametr `colorSchema`

`getComposition(t)` vrací vektor složení (podílu jednotlivých struktur) při teplotě `t`, `tmin` \leq `t` \leq `tmax`; pořadí komponent v navráceném vektoru je 1. tavenina, 2. δ -ferit, 3. austenit, 4. proeutektoidní ferit, 5. proeutektoidní cementit, 6. perlit, 7. bainit, 8. martenzit

Pozice legendy Číselné označení odpovídá následujícím pozicím legendy: 1 = 'North', 2 = 'South', 3 = 'East', 4 = 'West', 5 = 'NorthEast', 6 = 'NorthWest', 7 = 'SouthEast', 8 = 'SouthWest', 9 = 'NorthOutside', 10 = 'SouthOutside', 11 = 'EastOutside', 12 = 'WestOutside', 13 = 'NorthEastOutside', 14 = 'NorthWestOutside', 15 = 'SouthEastOutside', 16 = 'SouthWestOutside', 17 = 'Best', 18 = 'BestOutside'.

Technické a programové požadavky

Operační systém s nainstalovaným MATLABem. Metoda `plotHCLambdaRho` třídy `umIDS` vyžaduje dodatečný nástroj `addaxis` (viz popis funkce a související poznámka pod čarou).

Popis použití

Instance tříd `umIDS` nebo `ufIDS` se vytvoří zavoláním jejich konstruktoru, jehož jediným parametrem je jméno výstupního souboru IDS, který má být zpracován. Tedy například vytvoření proměnné s názvem `m1x0406` s načtením výstupního IDS souboru `1x0406.UM` se provede příkazem

```
m1x0406 = umIDS('1x0406.UM');
```

a podobně vytvoření proměnné `f1x0406` s načtením výstupního IDS souboru `1x0406.UF` se provede příkazem

```
f1x0406 = umIDS('1x0406.UF');
```

Jednotlivé metody a atributy instancí jsou dostupné přes tzv. *tečkovou notaci*, např. příkaz

```
m1x0406.getH
```

vrací vektor objemových entalpií interpolovaný pro celý rozsah teplot s krokem 1 °C, příkaz

```
m1x0405.getLambda(1254)
```

vrací hodnotu tepelné vodivosti při teplotě 1 254 °C, příkaz

```
m1x0405.peaPLUS
```

vrací teplotu počátku rozpadu austenitu na perlit, příkaz

```
m1x0405.plotRho
```

zobrazí grafickou závislost hustoty na teplotě s vyznačením strukturních a fázových událostí v daném rozsahu teplot,

```
f1x0405.plotPhaseFractions([1 4 2 3 5 6 7 8], 6)
```

vykreslí fázový diagram s definovaným pořadím vykreslování jednotlivých komponent a legendou umístěnou vlevo dole atd.

Vzorové výstupní soubory UM a UF

Součástí balíku **mIDStk** jsou ukázkové výstupní soubory *.UM a *.UF ze softwaru IDS, které byly vytvořeny pro 3 značky ocelí. Jejich účelem je umožnit uživateli vyzkoušení funkčnosti a schopností balíku **mIDStk** bez nutnosti vlastnit program IDS.

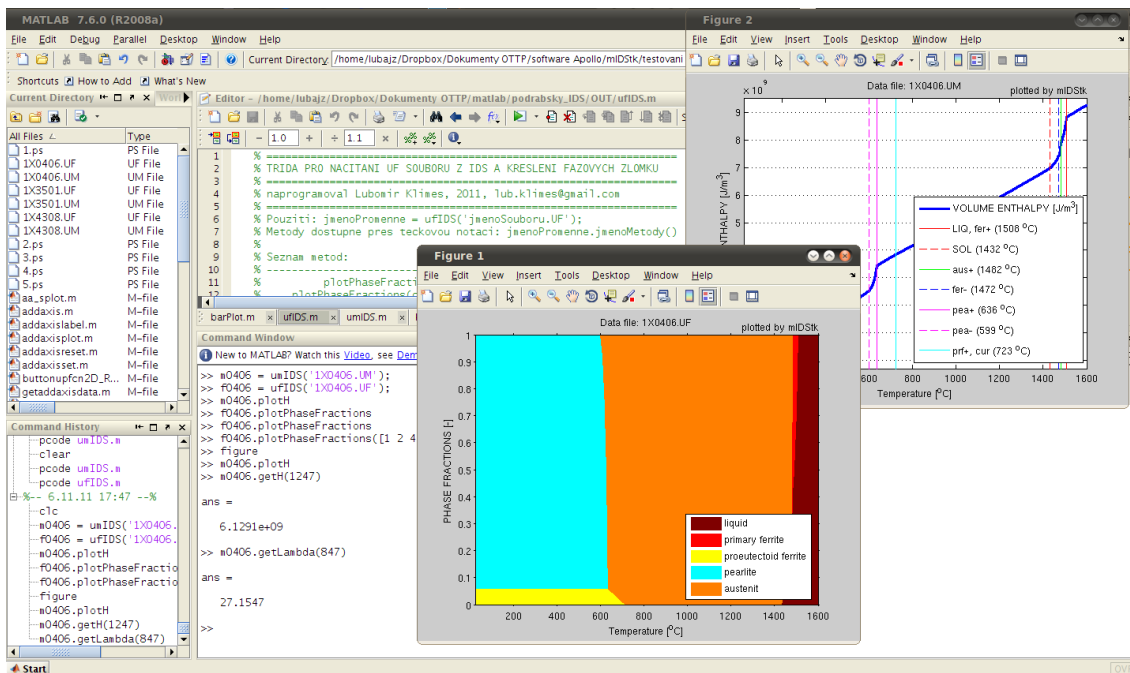
1. Soubory 1x0406.UM a 1x0406.UF: uhlíková ocel k zušlechťování **C25** (1.0406), chemické složení C 0,25 %, Si 0,37 %, Mn 0,62 %, P 0,030 %, S 0,025 %, Cr 0,33 %, Mo 0,07 %, Ni 0,21 %.
2. Soubory 1x3501.UM a 1x3501.UF: chromová ocel na valivá ložiska **100Cr2** (1.3501), chemické složení C 0,97 %, Si 0,31 %, Mn 0,43 %, P 0,011 %, S 0,013 %, Cr 0,52 %, Ni 0,26 %, Cu 0,22 %.
3. Soubory 1x4308.UM a 1x4308.UF: austenitická korozivzdorná ocel na odlitky **GX5CrNi19-10** (1.4308), chemické složení C 0,05 %, Si 0,93 %, Mn 1,36 %, P 0,021 %, S 0,018 %, Cr 18,8 %, Ni 9,3 %.

Vazba na projekty

1. FSI-J-11-7 *Optimalizace a numerické modelování úloh s fázovými a strukturálními přeměnami*
2. GAČR 106/09/0940 *Numerický a stochastický model plynule odlévaných ocelových předlitků obdélníkového průřezu*
3. GAČR 106/08/0606 *Modelování přenosu tepla a hmoty při tuhnutí rozměrných systémů hmotných kovových materiálů*
4. GAČR P107/11/1566 *Analýza vlivu metalurgicko-materiálových a technologických parametrů kontinuálně litych ocelových předlitků na jejich kvalitu a na stabilitu pochodu*

Licenční podmínky

K využití software jiným subjektem není nutné nabytí licence. Poskytovatel licence na software nepožaduje licenční poplatek.



Obrázek 1: Uživatelské prostředí při použití balíku **mIDStk**

Kontaktní osoba

Ing. Lubomír Klimeš, lub.klimes@gmail.com

Dokumentace grafického uživatelského prostředí

Uživatelské prostředí a výstupy při použití balíku **mIDStk** v programovém prostředí MATLAB jsou na obrázcích 1, 2, 3 a 4 na stranách 8, 9 a 10.

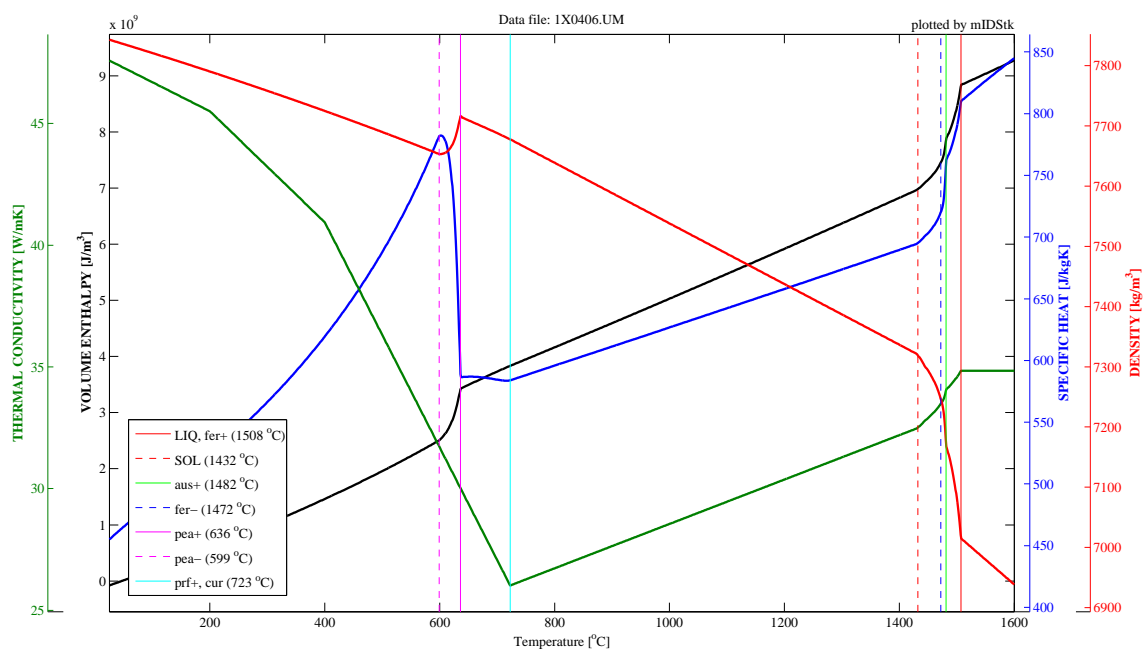
Stažení software

Software je možné stáhnout na <http://ottp.fme.vutbr.cz/vysledkyvyzkumu>.

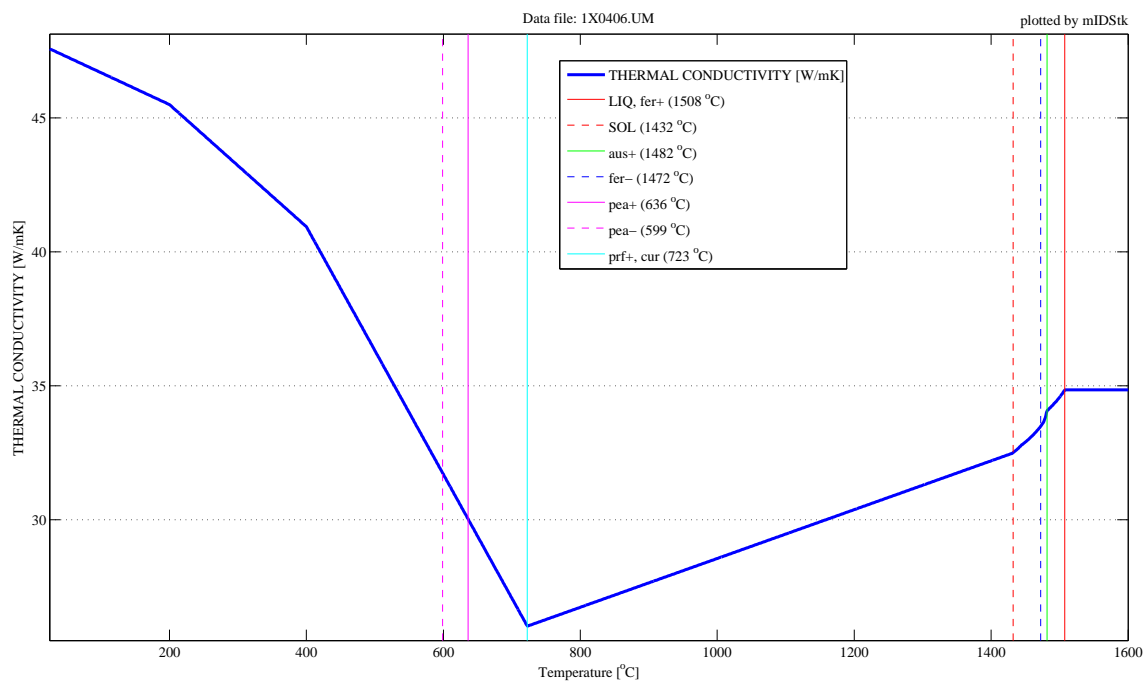
Prohlašuji, že popsany výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2011 a že jsem si vědom důsledků plynoucích z porušení § 14 zákona č. 130/2002 Sb. (ve znění platném od 1. července 2009). Prohlašuji rovněž, že na požádání předložím technickou dokumentaci výsledku.

V Brně dne 29. listopadu 2011.

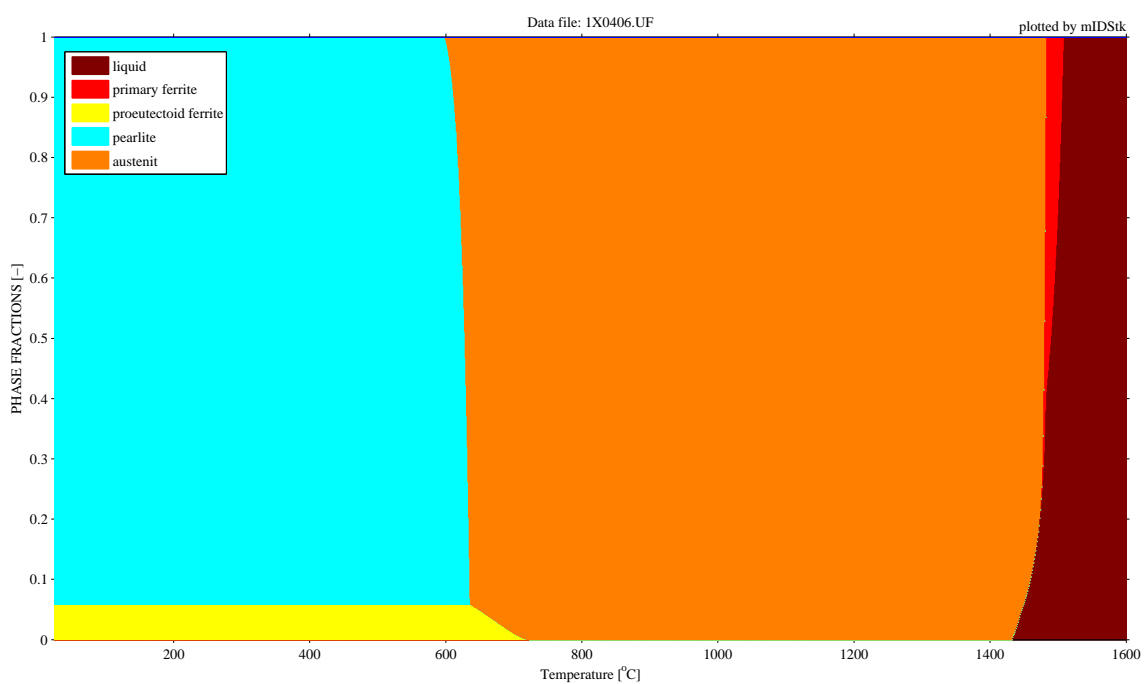
Ing. Lubomír Klimeš



Obrázek 2: Grafický výstup získaný balíkem **mIDStk**



Obrázek 3: Grafický výstup získaný balíkem **mIDStk**



Obrázek 4: Grafický výstup získaný balíkem **mIDStk**