

## Popis výsledku – software

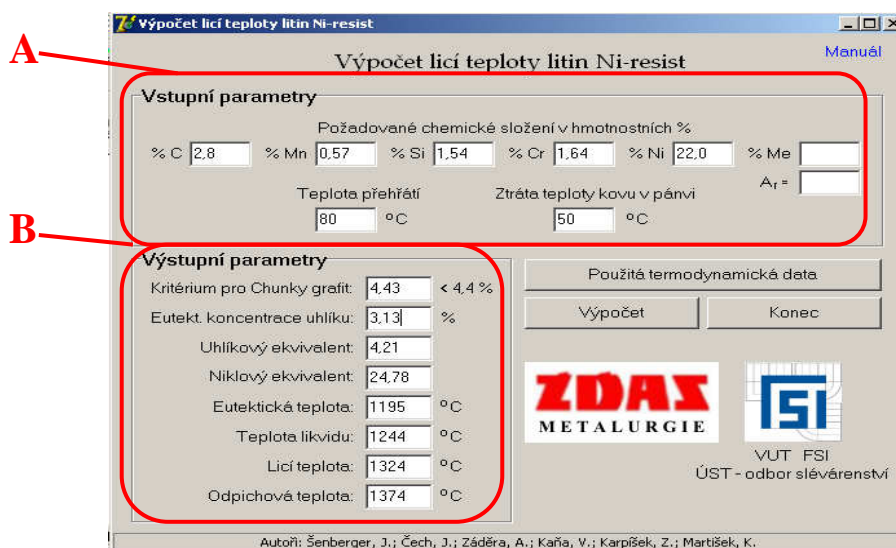
Název: Výpočet licí teploty litin Ni-resist

Označení: Ni-resist

Autor: doc. Ing. Jaroslav Šenberger, CSc. (ÚST odbor slévárenství FSI, VUT v Brně)  
Ing. Jan Čech, Ph.D. (ŽDAS, a.s.)  
doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D. (ÚST odbor slévárenství FSI, VUT v Brně)  
Ing. Václav Kaňa, Ph.D. (ÚST odbor slévárenství FSI, VUT v Brně)  
doc. RNDr. Zdeněk Karpíšek, CSc. (ÚM, FSI, VUT v Brně)  
Ing. Karel Martišek (ÚM, FSI, VUT v Brně)

### Popis:

Program slouží k výpočtu základních metalurgických a materiálových parametrů u vysokolegovaných litin Ni-resist. Jedná se zejména o stanovení charakteristických teplot každé litiny, tj. teploty eutektické a teploty likvidu. Na jejich základě je pak určována optimální odpichová a licí teplota. Současně s teplotami je stanovena též eutektická koncentrace uhlíku a tzv. uhlíkový a niklový ekvivalent.



Obr. 1 Vzhled a členění programu pro výpočet teploty likvidu u litin Ni-resist

## 1. Popis programu

### 1.1 Vstupní parametry

V části programu označené na *obr. 1* místem A je oblast zadávání vstupních parametrů. Volitelnými parametry jsou chemické složení, teplota přehřátí a pokles kovu v pánvi.

#### 1.1.1 Chemické složení [hmot.%]

Základním vstupním parametrem je chemické složení litiny, tj. koncentrace jednotlivých uvažovaných prvků C, Mn, Si, Cr a Ni udané v hmotnostních procentech. Program umožňuje počítat i s dalším legujícím prvkem. K tomuto účelu je nutné do pole označeného % Me vložit jeho koncentraci taktéž udanou v hmotnostních procentech. Do pole označeného Ar je dále

nutné vepsat relativní atomovou hmotnost uvažovaného prvku v jednotkách  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ( např. pro Cu 63,55  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

### 1.1.2 Teplota přehřátí [°C]

Teplota přehřátí vyjadřuje rozdíl mezi licí teplotou a teplotou likvidu. Udává minimální rozdíl mezi těmito teplotami, které zajistí zaběhnutí odlitku. S ohledem na to, že austenitické litiny neprodělávají během tuhnutí přeměnu struktury je vhodné volit tento parametr s ohledem na zaběhnutí odlitku co nejnižší.

### 1.1.3 Ztráta teploty kovu v pánvi [°C]

Pokles teploty kovu v pánvi vyjadřuje rozdíl mezi odpichovou a licí teplotou. Udává pokles teploty kovu v pánvi, který nastává během odpichu a během odstátí kovu v pánvi před vlastním litím. Jeho hodnota je dána velikostí licí pánve a množstvím tekutého kovu. Při odlévání malých množství do cca 100kg je možné počítat s poklesem větším než 100 °C.

## 1.2 Výstupní parametry

V části programu označené na *obr. 1* místem B je oblast zobrazení výstupních – určených parametrů. Výstupními parametry jsou eutektická koncentrace uhlíku, uhlíkový a niklový ekvivalent, eutektická teplota a teplota likvidu a licí a odpichová teplota. Součástí výpočtu je i stanovení kritéria pro posouzení výskytu Chunky grafitu na základě chemického složení kovu.

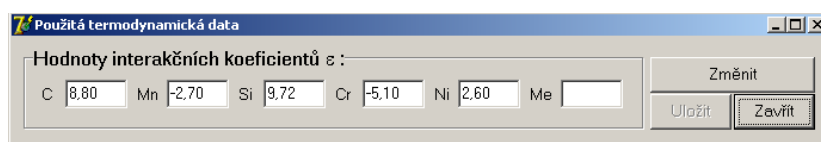
### 1.2.1 Kriterium pro vznik Chunky grafitu [-]

Jedná se o stanovení empiricky odvozeného kritéria z literárních údajů podle vzorce (1) platného pro odlitky s dobou chladnutí menší než 40 minut Podle tohoto kritéria je vznik Chunky velmi pravděpodobný jestliže je na pravé straně vzorce větší číslo než 4,4. Uvedený vzorec nezohledňuje vliv doprovodných prvků. Přítomnost Ce a Ca může vyvolat rovněž vznik Chunky grafitu.

$$\%C + 0,2 \%Si + 0,06 \cdot \%Ni < 4,4\% \quad (1)$$

### 1.2.2 Eutektická koncentrace uhlíku [hmot.%]

Zobrazená hodnota je hodnota koncentrace uhlíku, při níž je u zadaného chemického složení dosaženo eutektického složení. Rozdíl mezi eutektickou koncentrací uhlíku a vstupním obsahem uhlíku určuje při daném složení odchylku od eutektické koncentrace. Hodnota eutektické koncentrace uhlíku je stanovena na základě termodynamického výpočtu s využitím termodynamický dat – interakčních koeficientů, které je možno zobrazit po stisknutí tlačítka „Použitá termodynamická data”. Změna těchto dat je vyhrazena pouze správci programu po zadání vstupního hesla při stisknutí tlačítka změnit viz *obr.2*.



Obr. 2 Vzhled panelu „Termodynamická data”

### 1.2.3 Uhlíkový ekvivalent [-]

Uhlíkový ekvivalent je základní charakteristikou v metalurgii litin. Pro stanovení uhlíkového ekvivalentu v niklových litinách se v programu používá rovnice převzatá z literatury ve tvaru.

$$C_e = \%C + 0,33 \cdot \%Si + 0,047 \cdot \%Ni - 0,0055 \cdot (\%Ni + \%Si) \quad (2)$$

#### 1.2.4 Niklový ekvivalent [-]

Niklový ekvivalent umožňuje posoudit vliv chemického složení litiny na stabilitu austenitické matrice. Pro zajištění austenitické struktury při teplotách mírně pod pokojovou teplotou se doporučuje obsah austenitotvorných prvků, zejména niklu, a obsah chromu. V programu je ke stanovení niklového ekvivalentu použita rovnice převzatá z literatury ve tvaru (3). Podle tohoto vztahu by měla být minimální hodnota niklového ekvivalentu vyšší nebo rovna hodnotě 23,5.

$$Ni_{ek.} = \%Ni + 2 \cdot \%Mn + \%Cr \geq 23,5 \quad (3)$$

#### 1.2.5 Eutektická teplota [°C]

Zobrazuje eutektickou teplotu stanovenou pro zadané složení vysokolegované litiny ve stupních Celsia. Stanovená eutektická teplota je určována pouze v intervalu chemického složení viz. bod 1.3.

#### 1.2.6 Teplota likvidu [°C]

Zobrazuje teplotu likvidu stanovenou pro zadané složení vysokolegované litiny ve stupních Celsia. Stanovená teplota likvidu je platná určována pouze v intervalu chemického složení viz. bod 1.4.

#### 1.2.7 Teplota licí [°C]

Zobrazuje optimální licí teplotu určenou jako součet vypočítané teploty likvidu litiny zvoleného chemického složení a teploty přehřátí zadané ve vstupních parametrech viz bod 1.1.2.

#### 1.2.8 Teplota odpichová [°C]

Zobrazuje optimální odpichovou teplotu určenou jako součet vypočítané licí teploty litiny zvoleného chemického složení a ztráty teploty kovu v pánvi zadané ve vstupních parametrech viz bod 1.1.3.

### 1.2 Popis ovládání programu pro uživatele

1. Zadání chemického složení litiny, obsahy jednotlivých prvků jsou zadávány v hmotnostních procentech. Interval koncentrací jednotlivých prvků je nutné volit v rozmezí udaném v bodě 1.4.
2. Do políčka udávající teplotu přehřátí zadat hodnotu přehřátí taveniny nutnou pro zajištění odlití odlitku viz bod 1.1.2.
3. Do políčka udávající pokles teploty kovu v pánvi zadat hodnotu ztráty teploty kovu, ke kterému dochází během odpichu a během setrvání kovu v pánvi před odléváním viz bod 1.1.3.
4. Stisknout tlačítko „Výpočet“
5. V oblasti zobrazovaných výstupních parametrů (viz *obr. 1* oblast B) jsou zobrazeny výsledné vypočítané parametry teplot, eutektické koncentrace uhlíku a uhlíkového a niklového ekvivalentu.

6. Stisknutím tlačítka použitá termodynamická data je možné zobrazit interakční koeficienty použité při výpočtu eutektické koncentrace uhlíku.
7. Ukončení programu stisknutím tlačítka „Konec”

### 1.3 Interval platnosti výpočtu

Výpočet eutektické koncentrace uhlíku je nezávislý na zvoleném chemickém složení a jeho stanovení je tak možné provést pro libovolné chemické složení a poměry legujících prvků. Výpočet teploty likvidu a eutektické teploty je platný v intervalu koncentrací základních legujících prvků udaném v *tab. 1.1*. Rozdíl mezi skutečnou (naměřenou) a vypočítanou eutektickou teplotou, (resp. bodový odhad rozdílu těchto hodnot) byl v intervalu koncentrací udaných v *tab. 1.1* do  $\pm 4,7$  °C. Rozdíl mezi skutečnou (naměřenou) a vypočítanou teplotou likvidu, (resp. bodový odhad rozdílu těchto hodnot) byl v intervalu koncentrací udaných v *tab. 1.1* do  $\pm 8,5$  °C. V případě volby mimo interval chemického složení může docházet k odchylkám od naměřených teplot likvidu a eutektické teploty o více než 10 °C, což může zásadně ovlivnit i volbu odpichové teploty a lící teploty

Tab. 1.1 Interval koncentrací základních legujících prvků

%C	%Si	%Cr	%Ni
1,73–3,12	0,90 – 4,3	0,67 – 1,8	16,0 – 31,5