



MANUÁL K PROGRAMU BRCCMEX PRO VÝPOČET TEPLOTNÍHO POLE NA ZPO

Autoři: Ing. Josef ŠTĚTINA

Brno, červen 2010

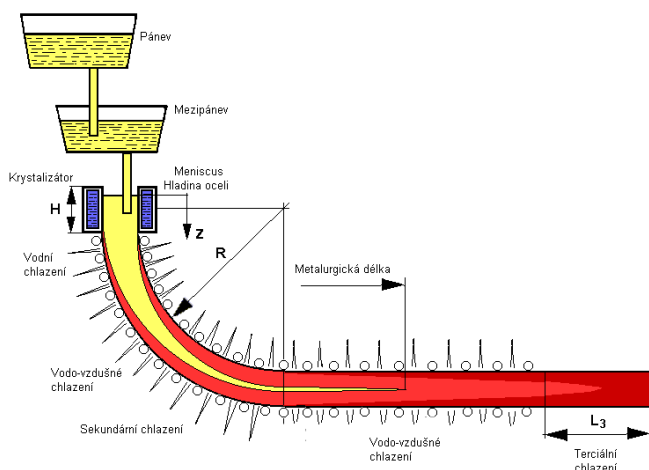
1 ÚVOD

Tento manuál má sloužit jako pomůcka k obsluze programu BrCCMExv (off-line teplotní model Vítkovice ZPO-II). Program řeší teplotní pole plynule lité bramy při jejím průchodu celým ZPO. Odvod tepla z bramy je souměrný podle svislé osy jejího příčného řezu, výpočet tak může probíhat jen pro jednu polovinu tohoto řezu. Grafické výsledky řešení v podobě izoterem, rovinných a prostorových izoploch jsou však pro názornost kresleny v celém profilu.

2 MODEL BRAMOVÉHO KONTILITÍ

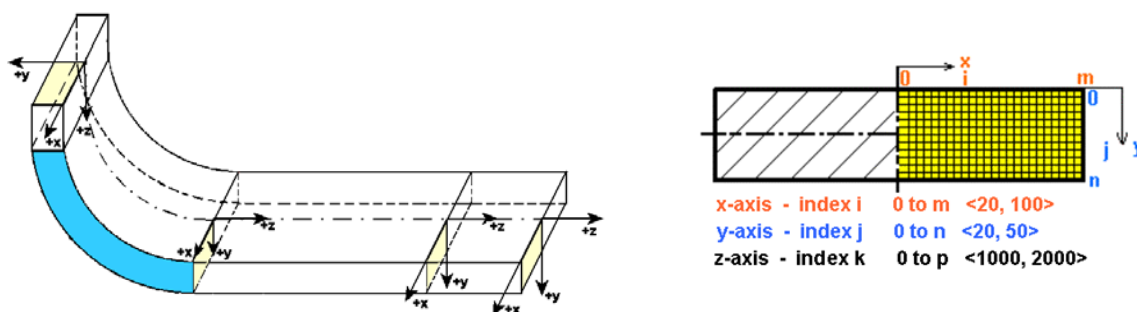
2.1 PROSTOROVÁ DISKRETIZACE

Program dovoluje řešit teplotní pole ocelových bram při jejich průchodu ZPO-II. Schéma radiálního licího stroje je na **obr. 2.1**. Pro každé zadání je třeba znát chemické složení oceli dané bramy, teplotu lití, rychlost pohybu předlitku a typy použitých trysek v každém okruhu sekundárního chlazení.



Obr. 2.1 Radiální ZPO

Na **obr.2.2** lze vidět, kolik uzlů výpočtové sítě je možno volit ve směru osy x , y i z jedné poloviny čtvercového profilu. Počet uzlů lze volit řádu 10^6 až 10^7 , chce-li jeho uživatel dosáhnout výpočtového času v hodinách. Obrázek naznačuje, že je řešena pouze polovina příčného řezu vzhledem k symetrickému odvodu tepla z bramy podle svislé osy symetrie profilu. Předpokládá se tedy, že chlazení předlitku v krystalizátoru i v zóně sekundárního či terciárního chlazení je symetrické podle svislé osy příčného řezu.



Obr.2.2 Řešená oblast s označením rovin řezů a souřadného systému a schema rozdělení poloviny profilu sochoru na výpočtové uzly

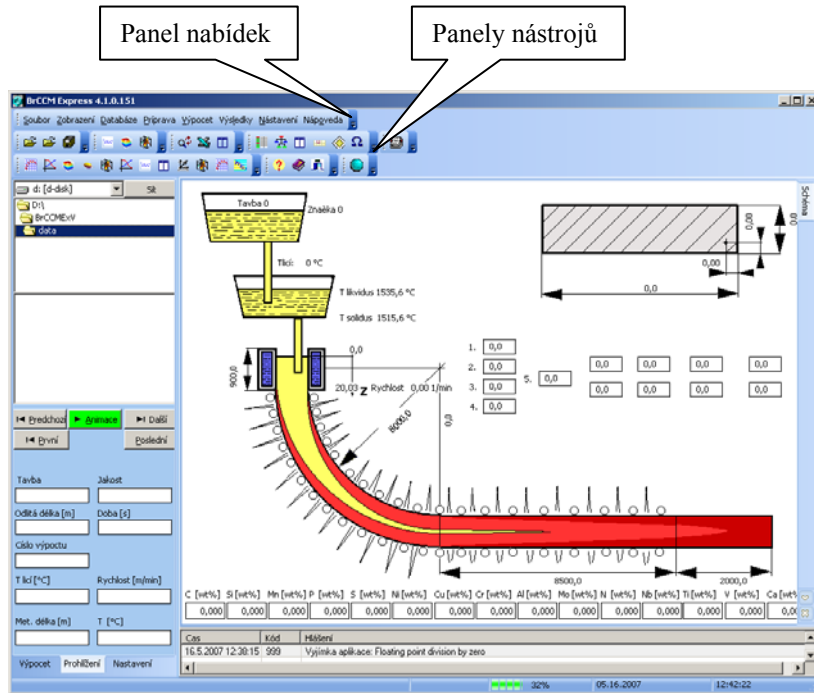
Z obr.2.2 je rovněž zřejmý základní souřadný systém, se kterým program pracuje. Počátek souřadného systému je **na hladině oceli v krystalizátoru ve středu hrany na malém poloměru**. Osa z je kolmá na příčný profil a je totožná se směrem pohybu předlitku, osa x je rovnoběžná s šířkou příčného řezu a osa y s výškou příčného řezu sochoru. Vzhledem k tomu, že poloha

hladiny je proměnná, jsou polohy trysek sekundárního chlazení zadávány od horní hrany krystalizátoru. Označení pravá-levá strana je bráno při pohledu shora ve směru lití.

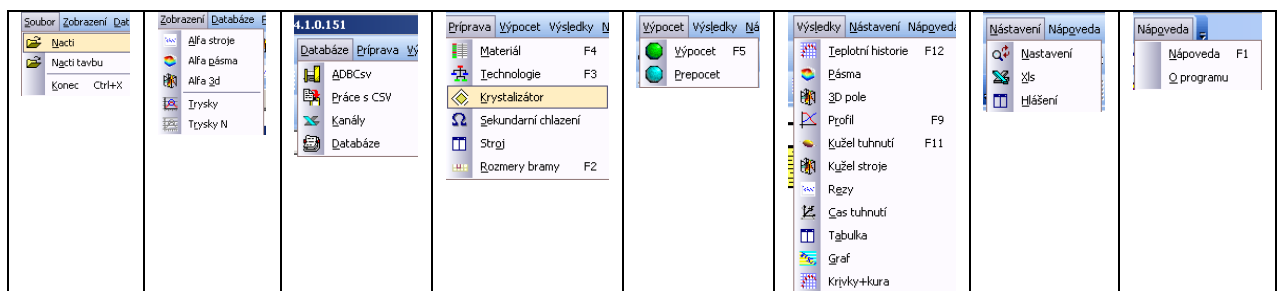
2.2 SPUŠTĚNÍ PROGRAMU BrCCM – PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Program má standardní uživatelské rozhraní programů pro MS Windows. Ovládání se děje prostřednictvím panelu nabídek (hlavní lišta) a panelu nástrojů (následné 2 lišty) s tlačítky. Do úvodní obrazovky (hlavního panelu) jsou pro kontrolu vypisovány základní zadané parametry.

Pro spuštění programu kliknout na ikonu BrCCM. Objeví se úvodní obrazovka programu (obr. 2.3)



Obr.2.3 Úvodní obrazovka programu

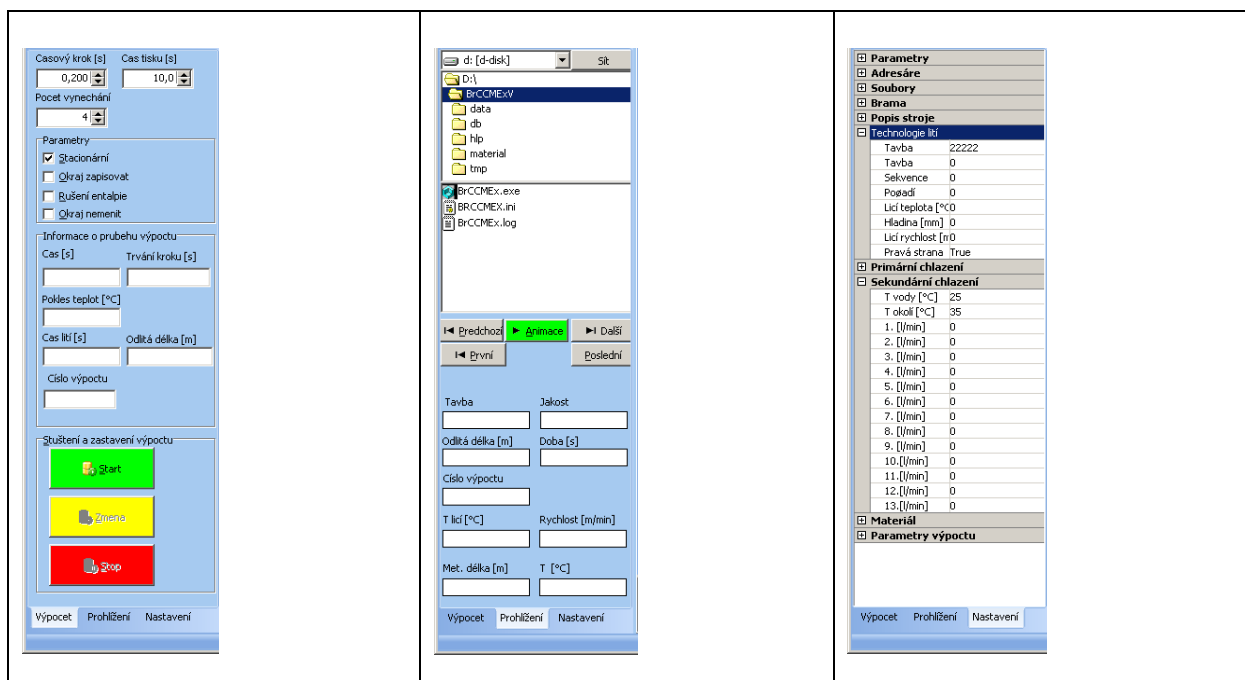


Obr. 2.4 Příklad u jednotlivých názvů panelu nabídek.



Obr. 2.5 Dialogová okna ikon panelu nástrojů

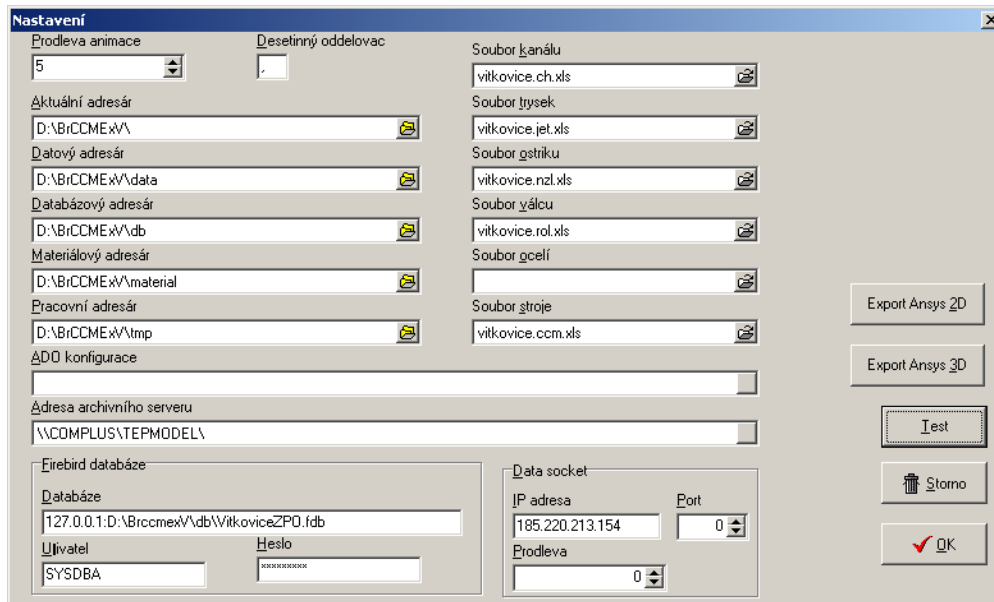
1	Data – načte dokument
2	Výběr souboru
3	Uloží ini soubor s konfigurací
4	Zobrazuje rozložení součinitele přestupu tepla (Řezy)
5	Zobrazuje rozložení součinitele přestupu tepla (Pásma)
6	Zobrazuje rozložení součinitele přestupu tepla (3D)
7	Nastavení
8	Panel pro práci s Excel soubory bez Excelu
9	
10	Vlastnosti odlévaného materiálu
11	Parametry technologie
12	Nastavení stroje kontilití
13	Rozměry bramy a sítě
14	Krystalizátor
15	Sekundární chlazení
16	Databáze
17	Teplota v bodě příčného řezu – Teplotní historie
18	Odvedené teplo
19	2D teplotní pole
20	Metalurgická délka a její tvar – kužel tuhnutí, izolikvidus, izosolidus
21	Kužel tuhnutí ve stroji
22	Průběh povrchových teplot (velký a malý radius, bok)
23	Zobrazení řezu
24	Tabulka hodnot
25	Místní interval tuhnutí
26	3D teplotní pole
27	Teplotní historie (Teplota v bodě příčného řezu) + kůra
28	Grafy tavby
29	O programu
30	Nápověda k programu
31	Konec programu
32	Přepočet hodnot



Obr.2.6 Základní panely hlavní obrazovky

KONTROLA INSTALACE.

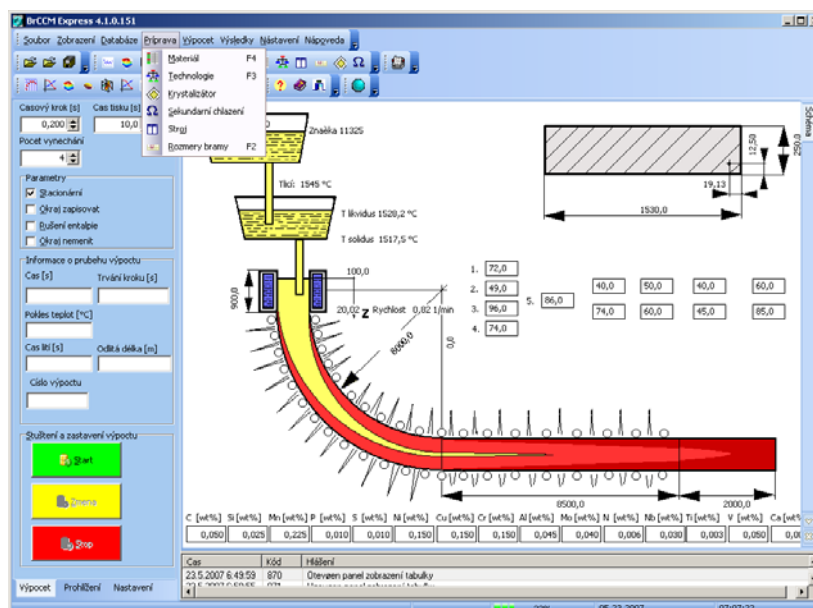
Program je od začátku připraven tak, že sad nastavení může být více. Případné úpravy programu se předpokládají u dvou souborů: výpočtového programu (BRCCMExV.exe) a databáze (VitkoviceZPO.fdb). Před započítím přípravy výpočtu je nutné zkontrolovat nastavení datových adresářů a kanálů kliknutím na název **NASTAVENÍ** na panelu nabídek a příkazem **Nastavení**. Na obrazovce se objeví dialogové okno s přehledem nastavení adresářů (**obr.2.7**). Nastavit desetinný oddělovač, adresáře.



Obr.2.7 Přehled nastavení adresářů

PŘÍPRAVA VÝPOČTU.

Na panelu nabídek kliknout na **PŘÍPRAVA**. Nabídne se seznam příkazů (menu) dle **obr.2.8 Pozn.:** Místo příkazů z nabídky Příprava je možné použít odpovídajících ikon na panelu nástrojů.



Obr. 2.8 Menu nabídnuté pod názvem **Příprava**

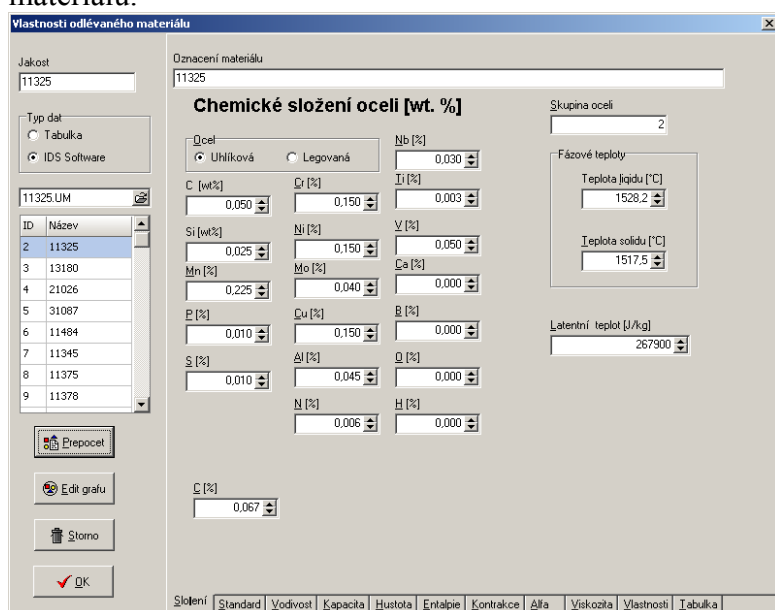
Příkaz **MATERIÁL** zobrazí dialogové okno umožňující zadat materiál odlévaného předlitku a všechny jeho charakteristiky i termofyzikální vlastnosti (**obr. 2.9**).

Karta **Složení** umožňuje výběr druhu oceli kliknutím v levém sloupci (objeví se v levém horním okénku Označení oceli). Případně je možné zadání přímo v tomto okénku). V pravém okénku Označení materiálu se automaticky zobrazí odpovídající označení. Vlastnosti oceli se nastaví automaticky pokud zvolíme typ dat **IDS Software** a následným klepnutím na tlačítko **Přepočít.**

Vyplněním okénka **Skupina ocelí** (vpravo nahoře) je možné zúžit zobrazení nabídky druhů oceli v levém sloupci.

Volbou typu dat *Tabulka* jsou vlastnosti oceli zadány individuálně

Pozn.: Případnou změnu výběru oceli provádět s určitým časovým odstupem, neboť pro velký počet načítaných dat může u pomalejších počítačů ještě probíhat načítání předešlého materiálu.



Obr.2.9 Obrazovka po výběru **Příprava – Materiál – Složení**

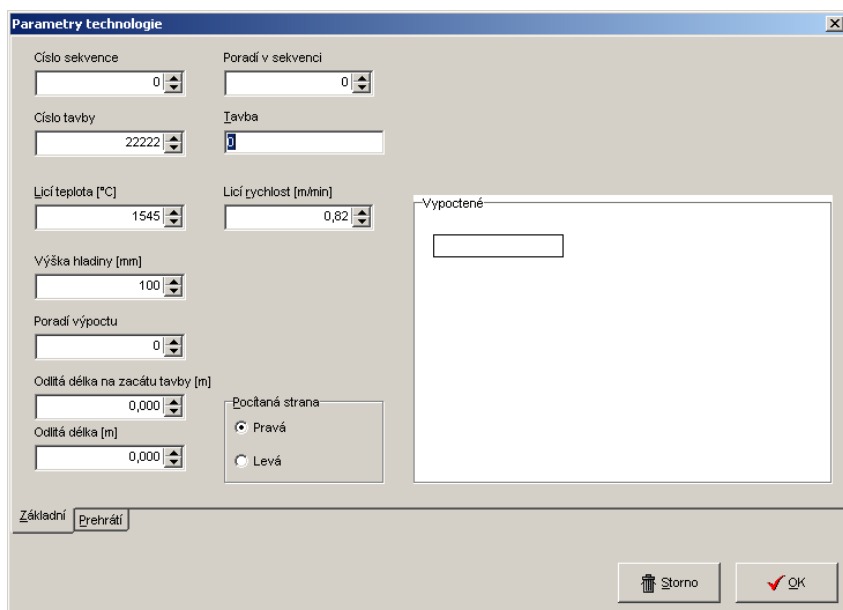
Tlačítko **Storno** ruší změny, neuloží výsledky (je totožné s klepnutím na tlačítko **x**).

Další karty obsahují: Standardní složení oceli, grafy tepelné vodivosti, měrné tepelné kapacity, hustoty, entalpie, tepelné kontrakce (%), součinitele délkové roztažnosti, viskozity a dále celkovou tabulku těchto veličin. Samostatný graf **Vlastnosti** znázorňuje základní termofyzikální vlastnosti (měrná tepelná kapacita, vodivost, hustota).

Příkaz **TECHNOLOGIE** zobrazí dialogové okno pro vložení základních technologických parametrů tavby.

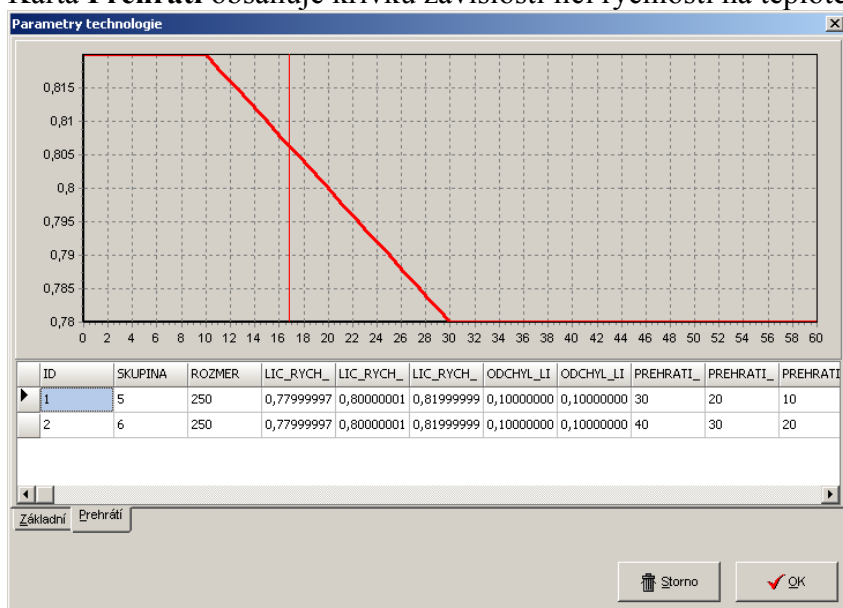
Karta **Základní** (**obr.2.10**) : číslo tavby, lící teplota, lící rychlost, výška hladiny v krystalizátoru.

Číslo tavby. Uživatel nastaví číslo tavby, případně číslo výpočtu. Pokud záměrně nebo omylem vyplní totéž číslo tavby, která již byla řešena, dojde k přepisu dat. (číslo tavby = číslo souboru pro uložení).



Obr. 2.10 Obrazovka po výběru **Příprava- Technologie-Základní**

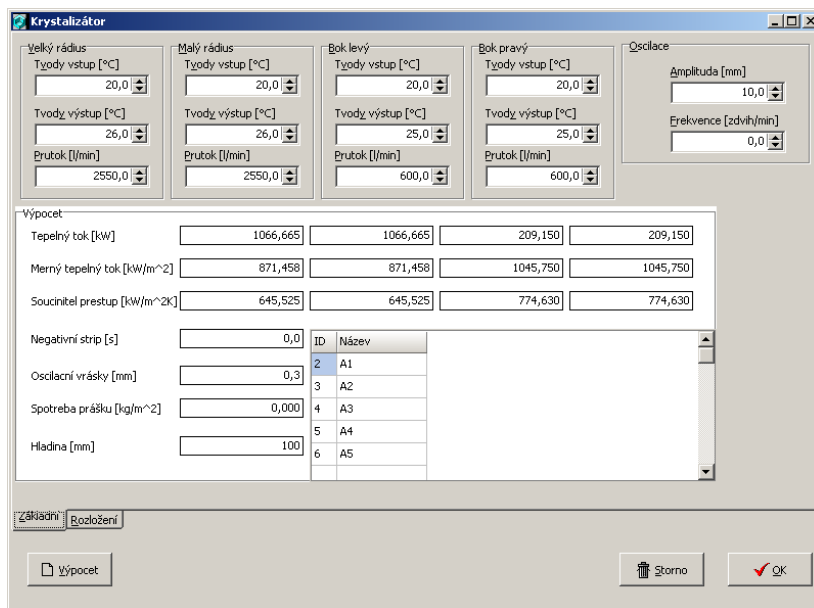
Karta **Přehřátí** obsahuje křivku závislosti licí rychlosti na teplotě přehřátí (obr.2.11)



Obr.2.11 Obrazovka po výběru **Příprava- Technologie-Přehřátí**

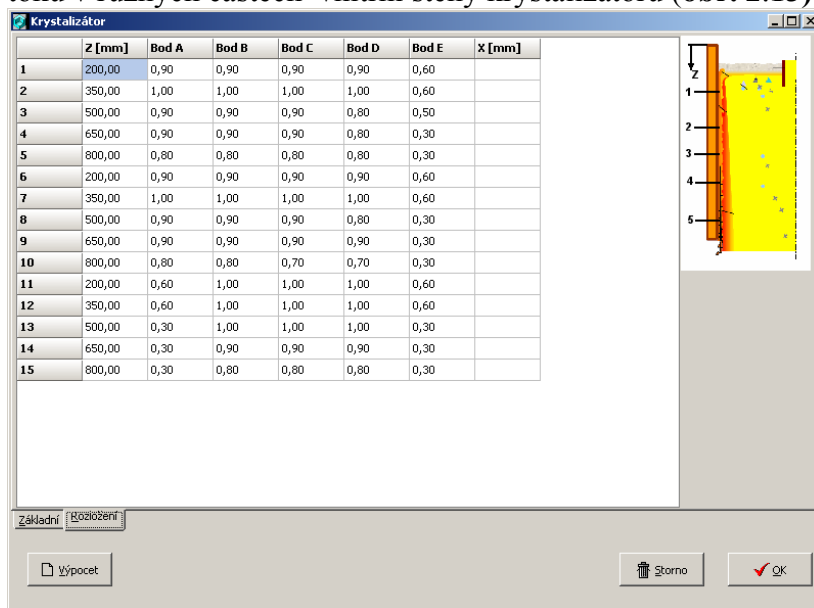
Příkaz **KRYSTALIZÁTOR** zobrazí dialogové okno pro zadání základních technologických parametrů krystalizátoru.

Karta **Základní** slouží k zadání vstupní a výstupní teploty a průtoku chladicí vody, amplitudy a frekvenci oscilací, druhu licího prášku (kliknutím v nabídce), proudu a frekvenci míchání, výšky hladiny (vzdálenost od horní hrany krystalizátoru v mm). V dolní části okna se po stisknutí tlačítka **Výpočet** zobrazí hodnoty celkového a měrného tepelného toku a součinitele přestupu tepla vypočtené z tepelné bilance chladicí vody (obr. 2.12).



Obr. 2.12 Obrazovka po výběru **Příprava-Krytalizátor-Základní**

Karta **Rozložení** obsahuje kvalifikovaný odhad součinitele pro stanovení měrných tepelných toků v různých částech vnitřní stěny krytalizátoru (**obr. 2.13**) .

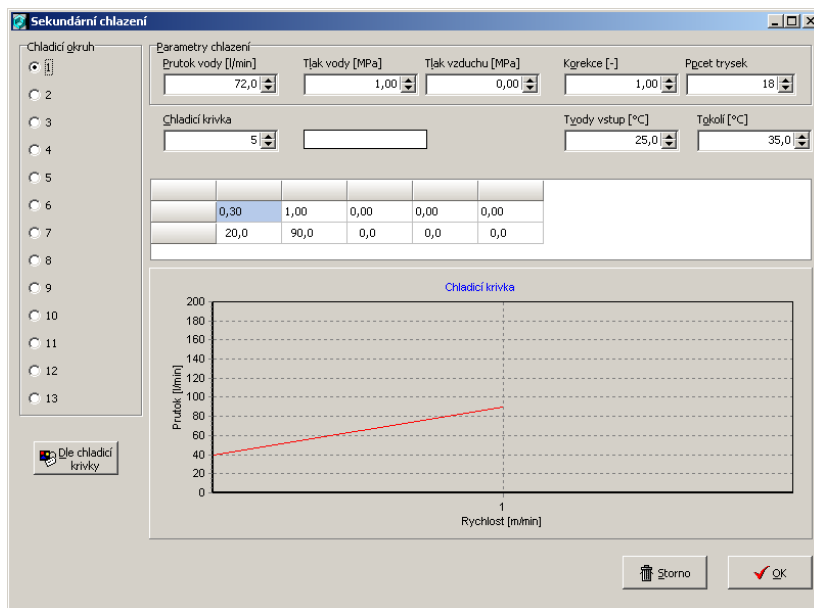


Obr. 2.13 Obrazovka po výběru **Příprava - Krytalizátor-Rozložení**

Příkaz **SEKUNDÁRNÍ CHLAZENÍ** zobrazí dialogové okno pro zadání a zobrazení parametrů trysky pro jednotlivé chladicí okruhy sekundárního chlazení (obr.2.14).

Zadání obsahuje průtok a tlak vody, tlak vzduchu, korekci (koeficient pro vyjádření změny chladicího účinku trysky v závislosti na odchylce od experimentu), počet trysky, vstupní teplotu vody, teplotu okolí, chladicí křivku. Zadání je možné provádět individuálně nebo podle chladicí křivky udávající celkový průtok vody v jednotlivých okruzích v závislosti na lici rychlosti.

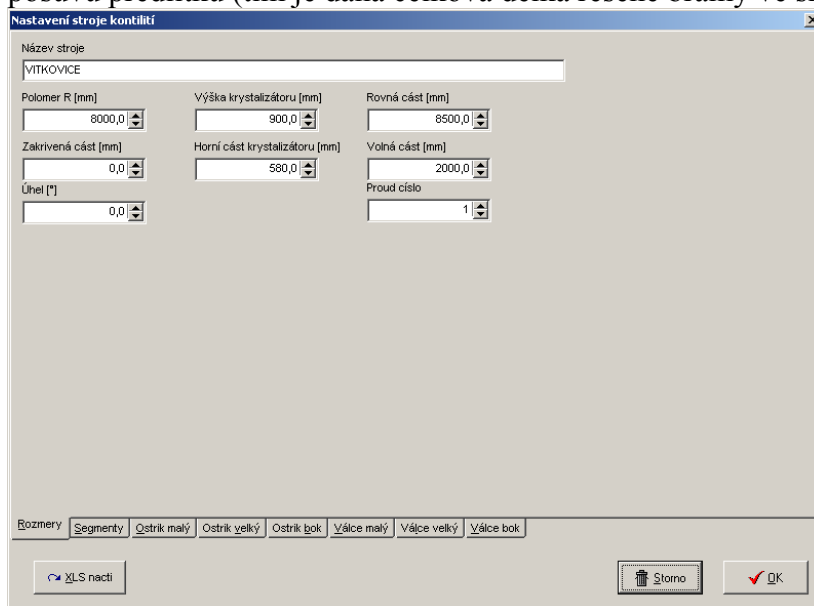
Změnu chladicího účinku trysky lze provést nastavením koeficientu v políčkách Korekce (podle upřesňování experimentálně získaných závislostí).



Obr.2.14 Obrazovka po výběru **Příprava – Sekundární chlazení**

Příkaz **STROJ** zobrazí dialogové okno pro zadání základních geometrie licího stroje (obr.2.15).

Tlačítko **Rozměry** zobrazí kartu pro nastavení geometrie licího stroje ve směru posuvu předlitku (tím je dána celková délka řešené bramy ve směru osy Z).



Obr. 2.15 Nastavení rozměrů licího stroje **Stroj - Rozměry**

Tlačítko **Segmenty** zobrazí kartu s udáním vzdálenosti konce jednotlivých segmentů od horní hrany krystalizátoru (obr.2.16).

	Popis segmentu	Souradnice
0	Kr	900
1	Seg.0	1740
2	Seg.1	3270
3	Seg.2	4820
4	Seg.3	6640
5	Seg.4	8540
6	Seg.5	10500
7	Seg.6	12200
8	Seg.7	14170
9	Seg.8	16105
10	Seg.9	18075
11	Seg.10	20025
12	Seg.11	21956

Obr. 2.16 Souřadnice ostříkových zón Stroj - Segmenty

Další tlačítka zobrazí karty pro základní údaje o parametrech trysek

Ostřík malý: souřadnice, vyosení, počet, typ trysek, okruh, rozteč, vzdálenost, č. experimentu, T okolí = teplota prostředí v blízkosti řešeného proudu, T povrchu (startovací teplota výpočtu = odhad, např. počáteční teplota experimentu) – **Obr.2.17**

Ostřík velký: viz Ostřík malý

Ostřík bok: viz Ostřík malý

Válce malý: souřadnice, označení, délka, průměr, Alfa, T válce, Tokolí, zúžení

Válce velký: viz *Válce malý*

Válce bok: *Válce malý*

	Souradnic	Vyosení	Pocet	Tryska	Okruh	Roztec	Vzdálenos	Experime	T okolí	T povrchu
	[mm]	[mm]				[mm]	[mm]		[°C]	[°C]
0	940	0	1	148.638.30	1	320	115		25	1200
1	1120	0	1	148.638.30	1	320	115		25	1200
2	1300	0	1	148.638.30	3	337	125		25	1100
3	1480	0	1	148.638.30	3	337	125		25	1100
4	1640	0	1	148.638.30	3	337	125		25	1100
5	1800	0	1	148.638.30	3	337	125		25	1100
6	2020	0	1	148.638.30	4	337	125		25	1100
7	2220	0	1	148.638.30	4	337	125		25	1100
8	2420	0	1	148.638.30	4	337	210,600006		25	1000
9	2640	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
10	2900	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
11	3150	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
12	3400	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
13	3650	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
14	3900	0	1	100.728.30	5	500	210,600006		25	1000
15	4170	0	1	100.638.30	6	500	210,600006		25	1000
16	4430	0	1	100.638.30	6	500	210,600006		25	1000
17	4690	0	1	100.638.30	6	500	210,600006		25	1000
18	4950	0	1	100.638.30	6	500	210,600006		25	1000
19	5200	0	1	100.638.30	6	500	210,600006		25	1000

Obr.2.17 Hodnoty trysek sekundárního chlazení na malém poloměru Stroj – Ostřík malý

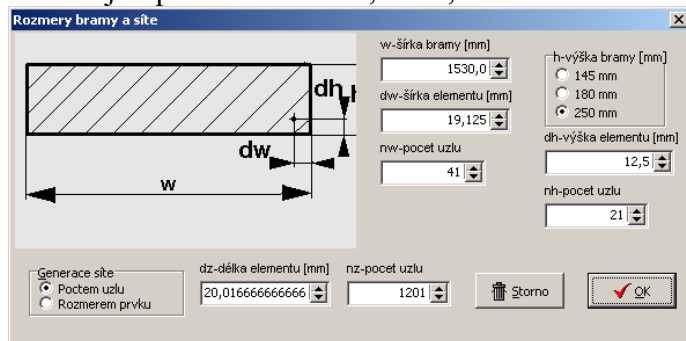
Příkaz **ROZMĚRY BRAMY** zobrazí dialogové okno se zobrazením geometrických rozměrů řešené bramy (**obr.2.18**). Rozměr bramy je rozměrem příčného řezu připravovaného

pro výpočet (celková délka bramy ve směru posuvu vyplyne z vyplnění Stroj). Je nutné zvolit rozměry výpočtové sítě – tj. délky hran elementárního objemového elementu.

- Rozměr bramy
- Generace sítě: počet uzlů - velikost prvku (automaticky přepíná volbu šířky a výšky elementu nebo počtu uzlů)
- Šířka elementu - počet uzlů
- Výška elementu - počet uzlů
- Délka elementu - počet uzlů na celkové délce předlitku

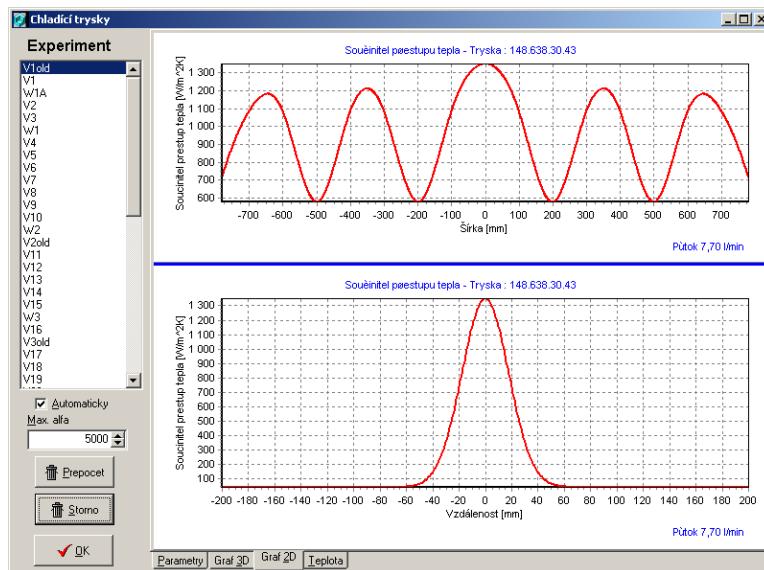
Všechny rozměry jsou zadávány v milimetrech, přestože program při výpočtu používá metry. Program sice počítá jednu polovinu příčného řezu bramy, všechny vstupy i výstupy se však dějí pro celý profil, aby především grafické výsledky výpočtu byly pro uživatele co nejnázornější. Zmenšování velikosti prvků tj. dw , dh , dz , tedy jemnější diskretisace, zvyšuje přesnost výpočtu (i kvalitu grafů), ale současně prodlužuje výpočtovou dobu.

Pro základní orientaci je možné doporučit např. pro bramu o rozměrech 1530 x 250 následující počet uzlů: X 41, Y 21, Z 1201

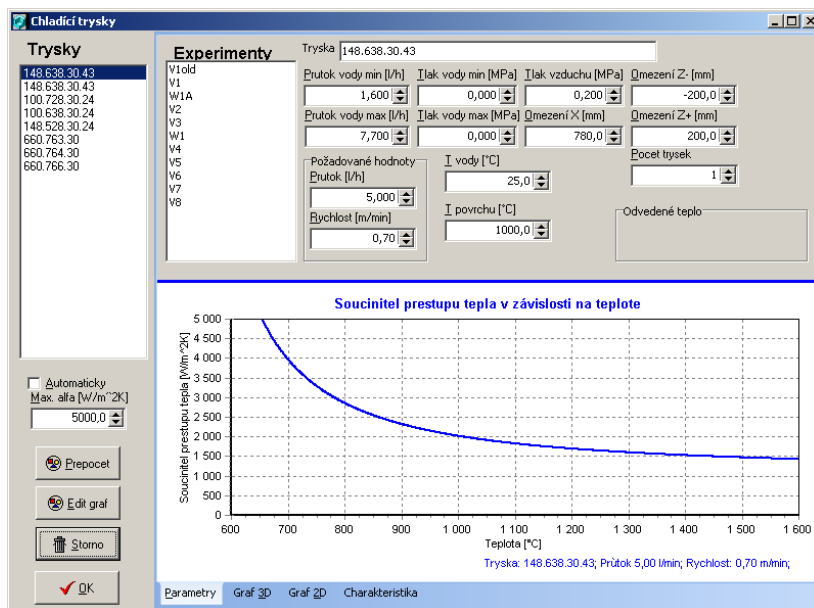


Obr.2.18 Nastavení řešené oblasti s velikostí sítě: Příprava – Rozměry bramy

Přehled chladicích účinků jednotlivých trysek se objeví v dialogovém okně po kliknutí na **ZOBRAZENÍ – Trysky (Trysky N)** panelu nástrojů. Pro jednotlivé typy a polohy trysek jsou uvedeny po volbě příslušné karty parametry trysek a graf součinitele přestupu tepla v závislosti na poloze sledovaného bodu chlazeného povrchu a jeho teplotě (zadat do příslušných okének souřadnice bodu a kliknout na Přepočít). Výběr experimentu kliknutím v levém seznamu (obr. 2.19). Je možné také zvolit znázornění 2D (obr.2.20) a 3D .



Obr.2.19 Obrazovka po výběru Zobrazení – Trysky – Graf 2D



Obr.2.20 Obrazovka po výběru Zobrazení – Trysky N - Parametry

Celkový přehled nastavení chlazení (součinitelů přestupu tepla) je možné zobrazit v dialogovém okně po kliknutí na názvy panelu nástrojů **ALFA STROJE**, **ALFA PÁSKA**, **ALFA 3D**, následně volbě karty *Velký poloměr*, *Malý poloměr*, *Bok* a zvolenou rovinu *Podél* nebo *Napříč*.

Pozn.: Zobrazování hodnot součinitelů přestupu tepla udává korektní hodnoty pouze v délce předlitku, kde již proběhl výpočet (a je tedy známá teplota povrchu předlitku).

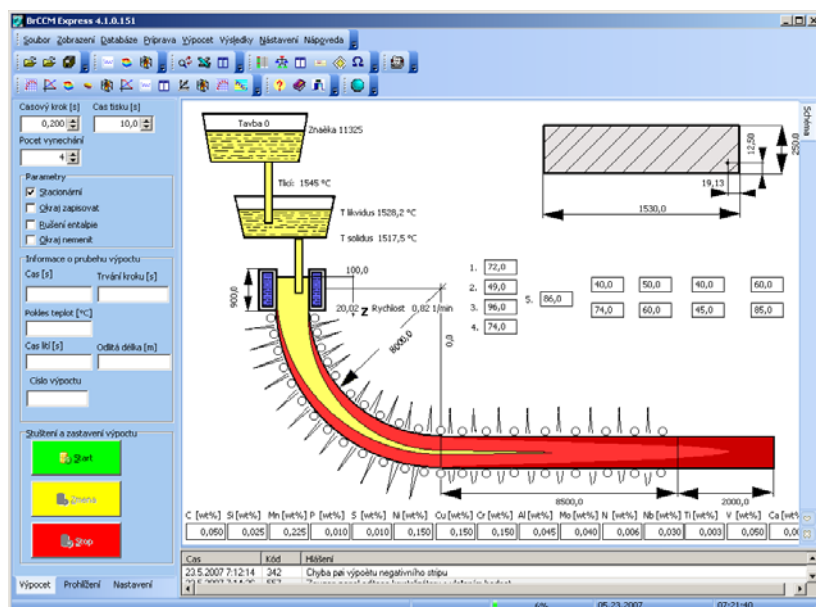
3 SPUŠTĚNÍ VÝPOČTU „BRCCMEXV“

3.1. ČASOVÁ DISKRETISACE, ZAHÁJENÍ A UKONČENÍ VÝPOČTU, VOLBA ČASOVÝCH ÚSEKŮ PRO UCHOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Při kliknutí na tlačítko v dolní levé části hlavní obrazovky **NASTAVENÍ** je možné pomocí menu v levé části obrazovky zkontrolovat všechny nastavené údaje pro výpočet (kontrola datových souborů a nastavených technologických parametrů a průběhu lití: č. tavby, jakost, odlitá délka, doba, číslo výpočtu, lící teplota, lící rychlost, metalurgická délka, teplota v místě rovnání (případně po úpravě v místě měření pyrometrem). Jeho další použití je při prohlížení výsledků již uložených taveb.

Doporučuje se před spuštěním výpočtu kontrolovat všechny vložené hodnoty !

Tlačítko **VÝPOČET** otevře panel k nastavení časového kroku a času tisku mezivýsledků a tlačítka pro ovládání výpočtu: Start, Změna, Stop (**obr.3.1**).



Obr.3.1 Hlavní obrazovka – Výpočet

Uživatel volí **Časový krok**. Je třeba připomenout, že přesnost řešení závisí nejen na prostorové, ale též na časové diskretisaci. Je-li zvolen časový krok neúměrně velký, např. ve snaze urychlit výpočet, nejen že výsledky jsou méně přesné, ale v extrémním případě může dojít i k havarii výpočtu, kterou způsobí oscilace numerického řešení. Jde o výpočtový časový krok, který neodpovídá reálnému času průběhu kontilití. Jedná se tedy o výpočet off-line, nikoli on-line. Čím je časový krok kratší, tím je výpočet numericky stabilnější, prodlužuje se však doba výpočtu. Čím je výpočtová síť jemnější, tím kratší výpočtový krok je nutné volit.

Dále je třeba zadat **Čas tisku**, tedy pravidelný časový interval, po jakém čase se budou výsledky zapisovat. Jedná se o reálný čas, ne čas výpočtu.

Spuštění výpočtu se provede tlačítkem **Start**. Jsou vypisovány v textovém režimu teploty v konečném řezu. Konvergence výpočtu je patrná z teplotních křivek, které se průběžně zobrazují na obrazovce.

Zastavení výpočtu. Dojde-li k netlumeným oscilacím, řešení se zastaví tlačítkem **Stop**. Výpočet lze zastavit i z jakéhokoli jiného důvodu.

Ukončení výpočtu je možné provést individuálně po vyřešení délky předlitku cca 2 m za sledované místo (dochází k částečné zpětné změně okrajových podmínek s teplotou povrchu). Pomocným ukazatelem pro možné ukončení výpočtu je údaj Pokles teplot v okénku levé části obrazovky (jeho hodnota se postupně snižuje). Po stisknutí tlačítka **Stop** pokračuje ještě ukládání dat, pro další výpočty je nutné vyčkat až do nového rozsvícení tlačítka **Start**. Výpočet probíhá vždy od počátku, nelze jej pozastavit ! Uloží se vždy soubor s nejvyšším číslem výpočtu řešené tavby (souboru).

Průběžné sledování výsledků řešení umožňuje klepnutí na nabídku **VÝSLEDKY** a výběrem příkazu nebo klepnutím na příslušnou ikonu na panelu nástrojů..

Změna parametrů tavby (např. rychlost lití, úprava sekundárního chlazení, časového kroku – nelze měnit výpočtovou síť !) je možná i bez zastavení výpočtu vložím nových hodnot v příslušném dialogovém okně nebo kartě, pokud je požadováno i s následným potvrzením tlačítkem **Přepočít** . Po následném klepnutí na tlačítko **ZMĚNA** výpočet pokračuje s novými údaji. Změny parametrů se postupně projeví i „zpětně“ v oblasti již dříve řešené !

Sledování průběhu řešení.

Průběh řešení je možné sledovat v levé části základní obrazovky na panelu **Informace o průběhu výpočtu**. Časový výpis jednotlivých prováděných operací – **Hlášení programu** - je v dolní části základní obrazovky, případně v nabídce **NASTAVENÍ**, příkaz **Hlášení**.

Po spuštění je důležité při výpisu prvních výpočtů kontrolovat, zda nedochází k netlumeným oscilacím řešení, které se projeví nejlépe v grafu Teplotní historie. V takovém případě je nutné výpočet zastavit tlačítkem **Stop**, snížit počet řešených uzlů nebo velikost časového kroku a výpočet odstartovat znovu tlačítkem **Start** (pokud ponecháme číslo tavby, uložený soubor se přepíše).

Změna základních parametrů výpočtu. Pokud chceme provést průběžnou změnu při výpočtu - změnu času tisku, časového kroku- změníme hodnotu v políčku Čas tisku, Časový krok a stiskneme tlačítko **Změna**. Je nutné počítat s určitým zpožděním zobrazení změny (při příliš vysokém zvětšení časového kroku může opět dojít k netlumeným oscilacím řešení).

3.2. PŘÍKLADY VÝSLEDKŮ VÝPOČTU TEPLOTNÍHO POLE KONTISLITKU

Po výpočtu jsou k dispozici teploty ve všech uzlech výpočtové sítě. Výpočtový software je doplněn i softwarem zpracování výsledků, který dovoluje předložit velmi názorné a rozmanité grafické podoby výsledků podle nejrůznějších hledisek, která chce uživatel sledovat.

Jak bylo v úvodu upozorněno, program řeší a znázorňuje teplotní pole pro takové ZPO, na němž probíhalo symetrické chlazení předlitku vzhledem k vertikální ose příčného řezu, a to jak v krystalizátoru tak v zónách sekundárního chlazení.

3.2.1 Teplotní křivky zvoleného bodu příčného řezu při jeho průchodu ZPO – Výsledky -Teplotní historie

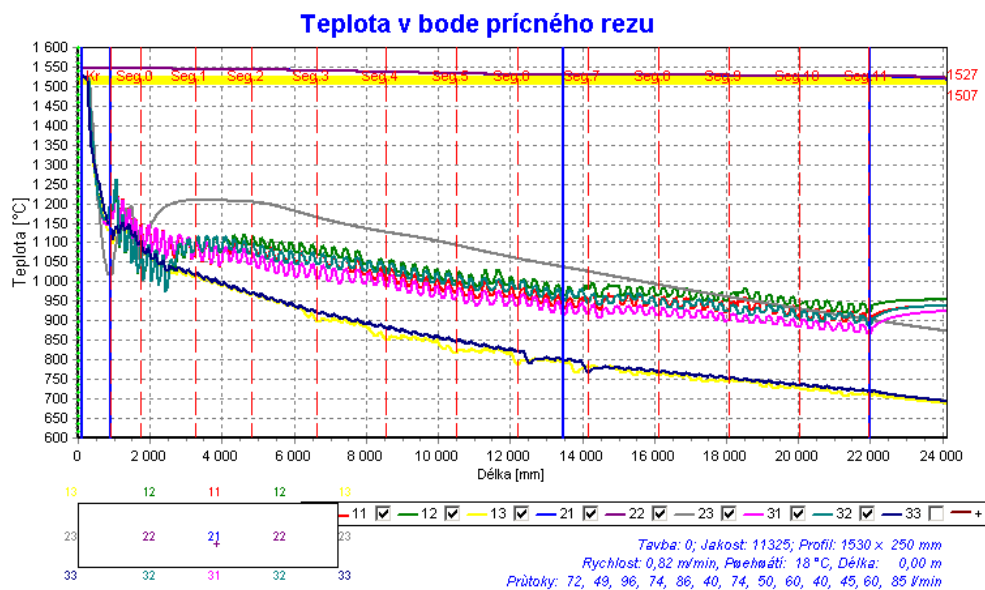
Tento typ 2-D grafického zobrazení je jedním z nejnázornějších. Každá křivka zaznamenává historii teploty kteréhokoli uživatelem zvoleného bodu příčného řezu z celkového počtu zvolených uzlových bodů. Na obrazovku se vyvolá z panelu nástrojů kliknutím na ikonu **Teplota v bodě příčného řezu** (Obr.2.5 č.17) nebo **Teplotní historie** (č. 27).

Vzdálenost od hladiny v krystalizátoru se nanáší na osu úseček. Šířka vodorovného žlutého pruhu znázorňuje pro danou třídu oceli teplotní interval tuhnutí. Šířka svislého žlutého pásma vyznačuje vzdálenost mezi izolikvidou a izosolidou (šířka mushy zóny) v jejích maximálních hodnotách. Dále mohou být v grafu číselně zobrazeny dvě povrchové teploty v místě umístění pyrometrů. Červené čárkované svislice jsou hranice mezi jednotlivými segmenty válců,

modré svislé čáry představují hladinu oceli v krystalizátoru, spodní hranu krystalizátoru, konec oblouku a konec klece sekundárního chlazení.

Teplotní křivky jsou zobrazeny pro 15 standardních bodů příčného řezu, které jsou odlišeny barevně. Šestnáctý bod řezu (označen barevným křížkem +) lze volit kliknutím myši podle potřeby v kterémkoli uzlu rovinné sítě příčného řezu, znázorněného vlevo pod grafem. Poloha tohoto šestnáctého uzlu se volí myší volbou jeho polohy, a to souřadnice x a y.

Pro zvýšení přehlednosti křivek lze znázornění některých z nich vynechat a vykreslit jen jednu křivku pro bod, který si uživatel stanovením polohy křížku vybral. Chce-li uživatel např. vynechat křivku pro bod označený v řezu číslem 11, klikne myší v příslušném okénku a značka v okénku zmizí současně s červenou křivkou pro bod 11. Charakteristický pilovitý tvar, především povrchových uzlů, zaznamenává vždy okamžik poklesu teploty v daném místě, je-li v přímém dosahu chladicí trysky, následný nárůst teploty signalizuje, že dané místo již není danou tryskou ochlazováno. Grafy lze tisknout, ukládat do souborů, modifikovat rozsahy os. Tyto funkce se ovládají pomocí ikon z lišty nad grafem.



Obr.3.2. Výsledky – Teplotní historie

3.2.2. Izotermy a izoplochy v rovině příčného nebo podélného řezu – Výsledky - Pásma

Druhým typem zobrazení je vykreslení barevných izoterm nebo barevných izoploch nebo barevných izoploch i s izotermami v nejrůznějších řezech.

Lze volit ze volit tři polohy řezů, u podélných řezů ekvidistantních s povrchovou stěnou na malém radiusu podle jejich hloubky pod touto stěnou bramy, u podélných rovnoběžných se svislou osovou podélnou rovinou podle jejich vzdálenosti od tohoto podélného středového řezu, u příčných podle jejich vzdálenosti od horní hrany krystalizátoru.

Označení řezů:

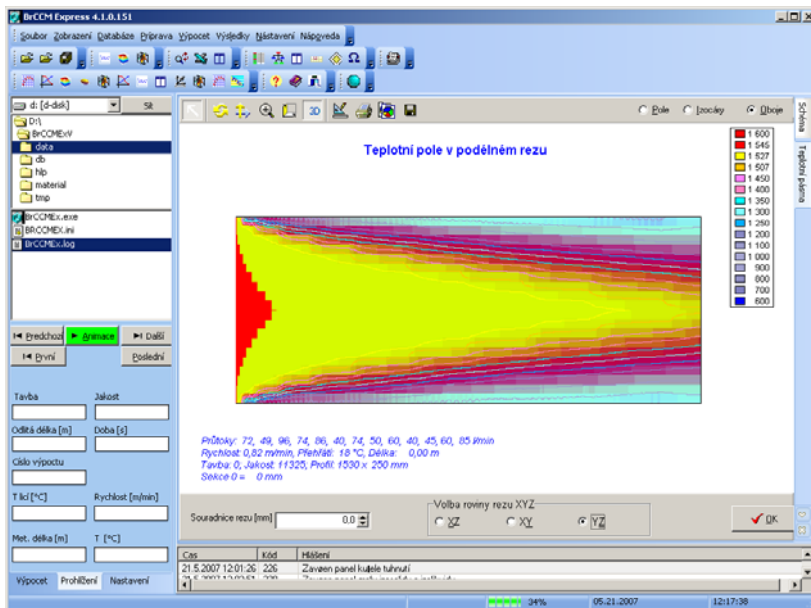
XZ – podélný řez rovnoběžný s vodorovnou osovou podélnou rovinou bramy – volí se řez od povrchu horní stěny na malém radiusu k povrchu velkého radiusu

XY – příčný řez - volí se řez od roviny hladiny v krystalizátoru

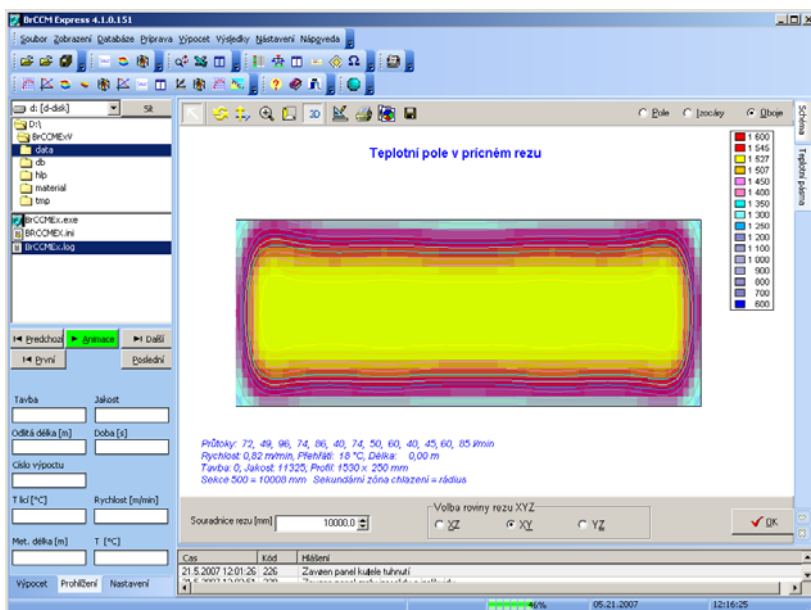
YZ – podélný řez rovnoběžný se svislou osovou podélnou rovinou - volí se řez od osové roviny k rovině povrchu

V každém z těchto řezů se mohou vykreslit podle klepnutí buď barevné izoplochy (klepnout Pole), izočáry v podobě izoterm včetně izolikvidy a izosolidy (Izočáry) nebo izoplochy včetně izoterm (Oboje) (Obr.3.3, 3.4).

Pozn.: Skutečné hodnoty vzdáleností závisejí na rozměrech výpočtové sítě.



Obr.3.3 Výsledky – Pásma (Řez YZ)

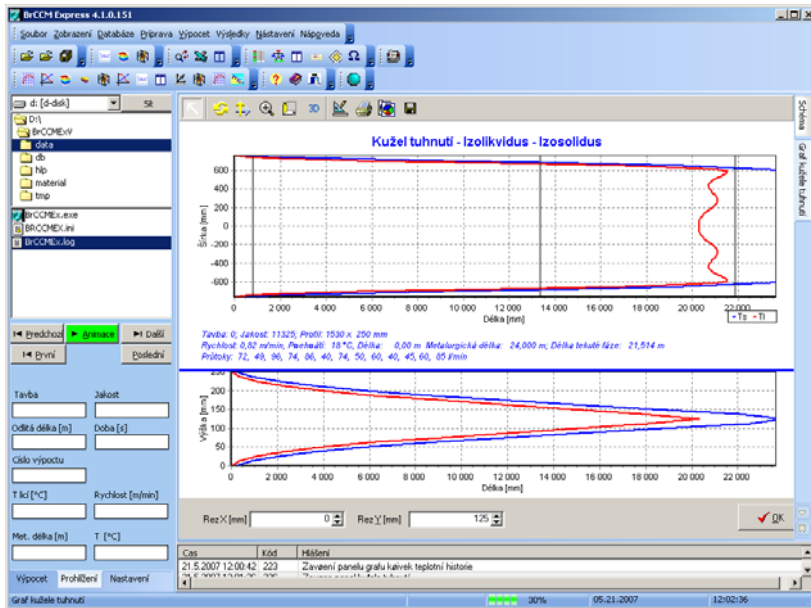


Obr. 3.4 Výsledky – Pásma (Řez XY)

3.2.3. Zobrazení izosolidy a izolikvidy ve vybraném řezu – Výsledky – Kužel tuhnutí.

Dalším grafem je průběh izolikvidy a izosolidy zobrazený na rozvinutém podélném středovém řezu celým předlitkem v rovině XZ nebo YZ. Tento obrázek dává jasnou představu o tvaru tzv. mushy zóny mezi likvidem a solidem, která úzce souvisí se vzniklou strukturou a případnými vnitřními vadami. Získáme tak tzv. tvar a velikost kužele tuhnutí (obr. 3.5). Modrou čarou je zobrazen průběh izosolidy, červenou barvou průběh izolikvidy. Plocha mezi nimi představuje v daném řezu „mushy zone“. Z průběhu izosolidy lze odečíst tzv. metalurgickou délku. Tento graf je vhodný zejména pro optimalizaci licí rychlosti a dalších technologických parametrů. Na obr. v horní části je tvar kužele tuhnutí, přesněji řečeno vlastně komolého kužele tuhnutí, v rovině XZ, v dolní části v rovině YZ. V obou okéncích je

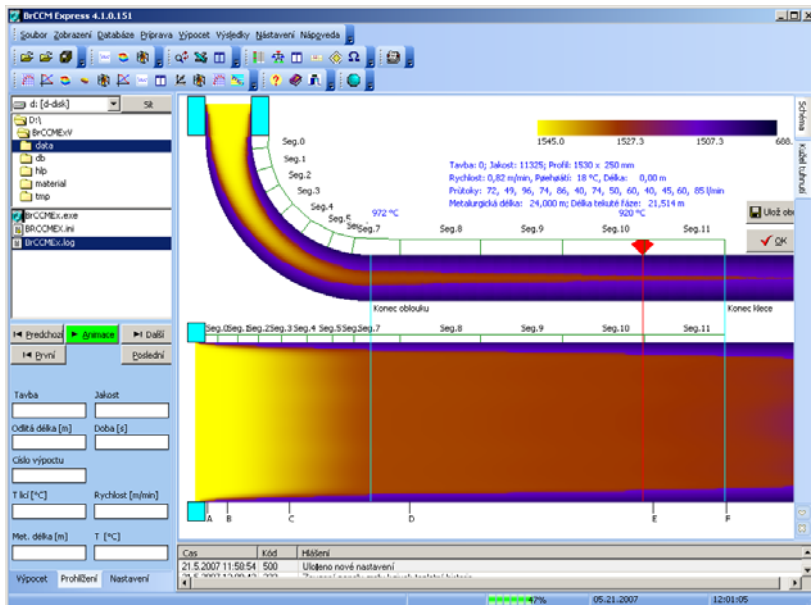
možno myši volit polohu tohoto řezu danou vzdáleností, v případě roviny YZ, od středové roviny, v případě roviny XZ vzdáleností od povrchu stěny na malém radiusu.



Obr.3.5 Výsledky – Kužel tuhnutí

3.2.4 Kužel stroje.

Poslední z nejčastěji používaných způsobů zobrazení je na obr. 3.6, kdy je teplotní pole zobrazeno přímo ve schématu licího stroje, přičemž odstíny modré představují ztuhlou ocel, odstíny žluté tekutou ocel a červená představuje oblast intervalu tuhnutí.

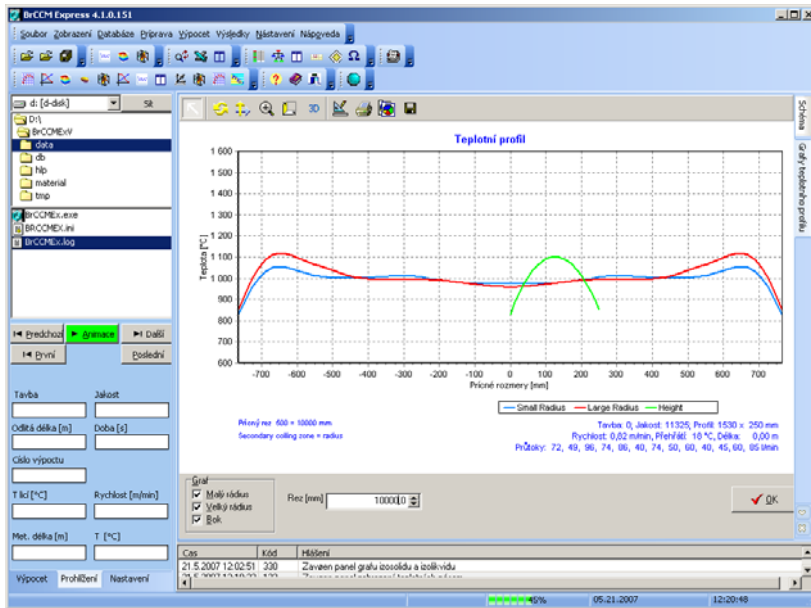


Obr.3.6 Výsledky – Kužel stroje

3.2.54. Teplotní profil na povrchu sochoru – Výsledky - Profil

Grafy teplot po klepnutí na **Profil** z panelu nástrojů jsou na obr. 3.7. Je zde vykreslen teplotní profil na povrchu obou stěn na malém a velkém radiusu i na povrchu boční stěny. Toto znázornění je vždy v určité vzdálenosti od horní hrany krystalizátoru, v okénku **Řez** se nastaví příslušná vzdálenost, takže teplotní profil se vlastně znázorní nad určitým příčným

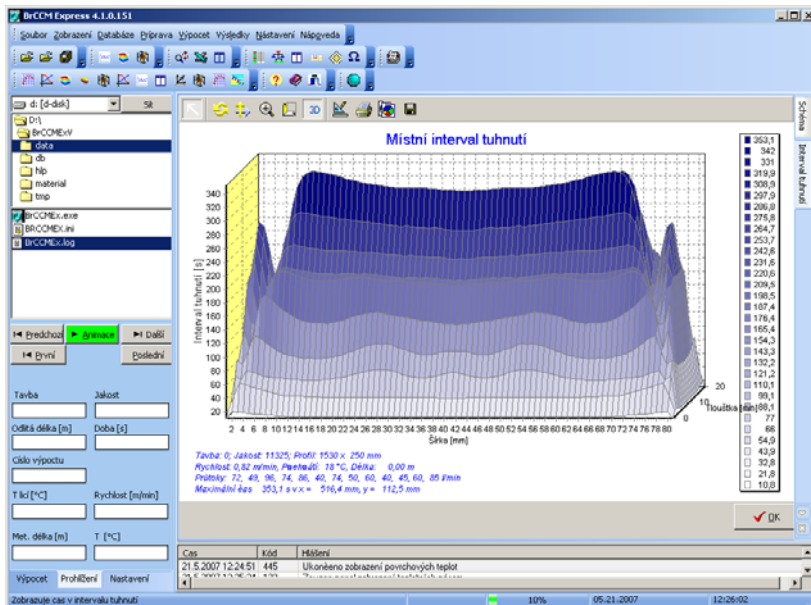
řezem. Ve čtverečkovém okénku lze klepnutím volit buď znázornění všech tří profilů nebo odstraněním symbolu v okénku lze některý ze tří možných profilů z grafu vymazat.



Obr. 3.7 Výsledky – Profil

3.2.5. Zobrazení intervalu tuhnutí ve vybraném řezu – Čas tuhnutí

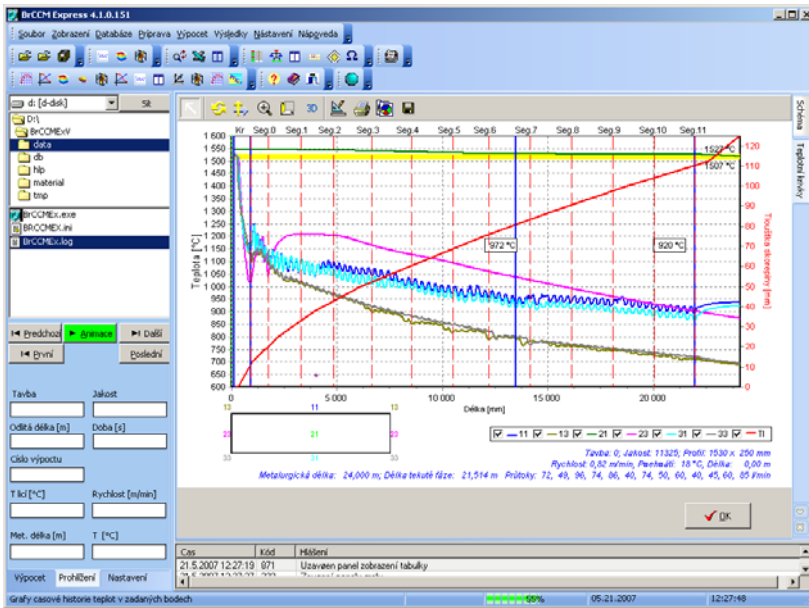
Utváření licí struktury ovlivňuje místní doba tuhnutí (interval tuhnutí), tj. čas, po který se daný bod příčného řezu nachází mezi teplotou likvidu a solidu, v tzv. „mushy zone“. Obr. 3.8 ukazuje průběh těchto místních intervalů tuhnutí nad jednotlivými body příčného řezu.



Obr. 3.8 Výsledky – Čas tuhnutí

3.2.6. Výsledky – Křivky + kůra

Graf obsahuje průběhy teplot v podélném řezu podobně jako u grafu Teplotní historie, doplněné o průběh tloušťky kůry.

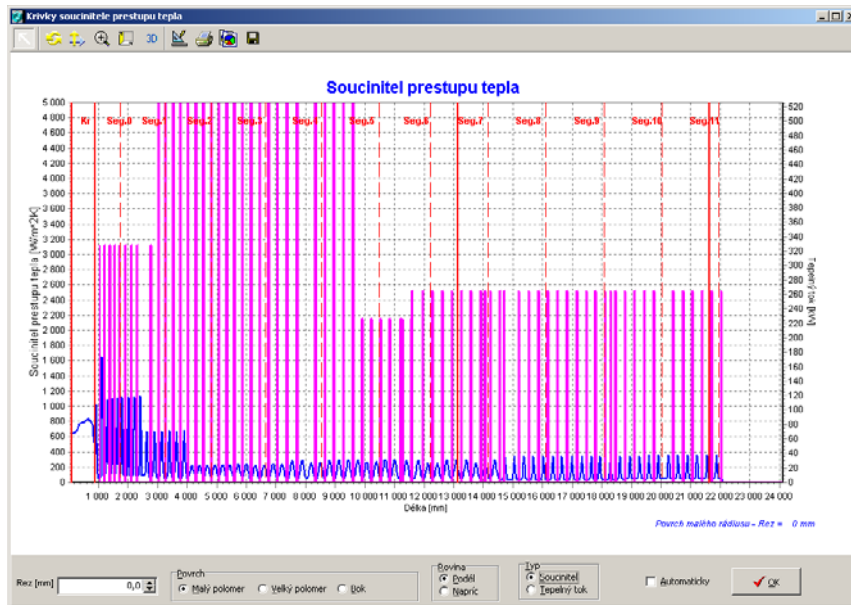


Obr.3.9 Výsledek – Křivky + křiva

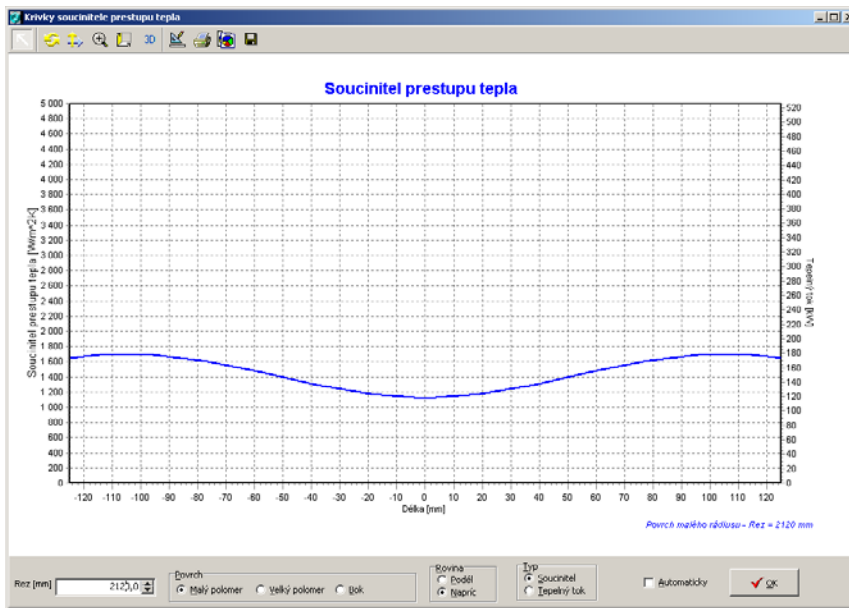
3.2.7 Zobrazení – Alfa stroje (Alfa pásma, Alfa 3D)

Celkový přehled nastavení chlazení (součinitelů přestupu tepla) je možné zobrazit v dialogovém okně po kliknutí na názvy panelu nástrojů **ALFA STROJE**, **ALFA PÁSMA**, **ALFA 3D**, následné volbě karty *Velký poloměr*, *Malý poloměr*, *Bok* a zvolenou rovinu *Podél* nebo *Napříč* (obr. 3.10)

Pozn.: Zobrazování hodnot součinitelů přestupu tepla udává korektní hodnoty pouze v délce předlitku, kde již proběhl výpočet (a je tedy známá teplota povrchu předlitku).



Obr.3.10 Zobrazení Alfa stroje – Součinitel (podél)



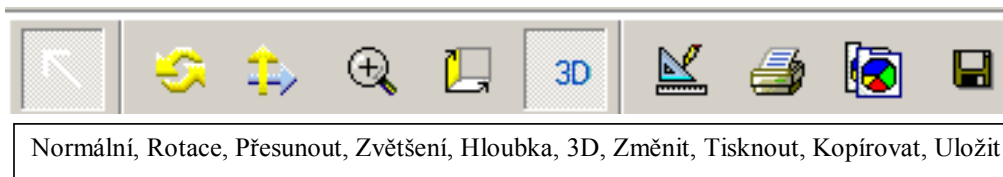
Obr. 3.11 Zobrazení - Alfa stroje – Součinitel (napříč)

Pozn.:

Některé údaje o podmínkách řešení a některá z uvedených zobrazení je možné vyvolat volbou podmínky z panelu nabídek.

3.2.8. Manipulace s grafy.

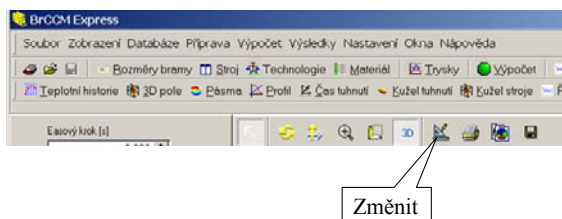
Význam ikon na horním panelu nástrojů (horní liště) -obr. 3.12



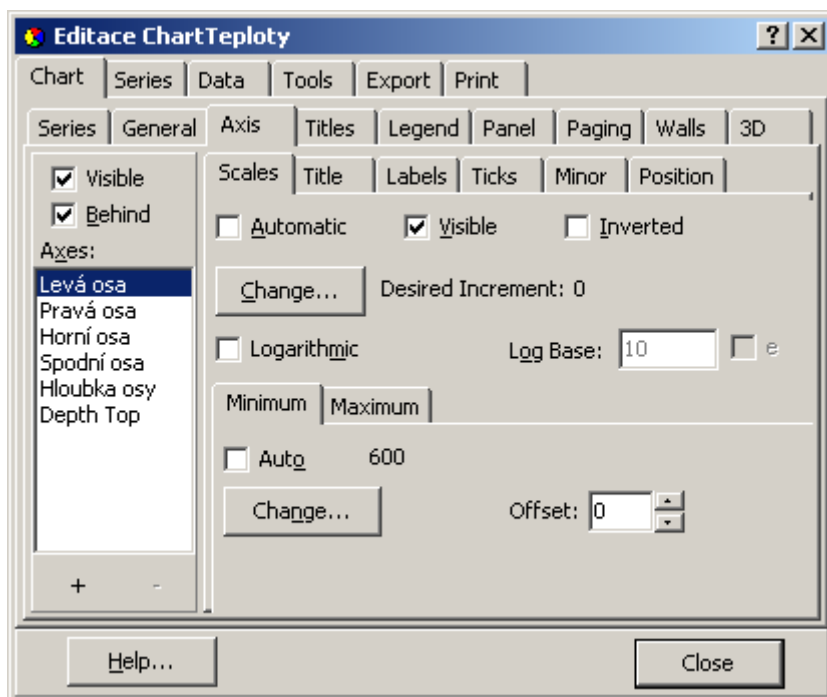
Obr.3.12 Význam ikon na horním panelu nástrojů grafů

Zoom. Držet levé tlačítko myši a táhnout v požadovaném rozsahu, zpět stejným způsobem v opačném směru. Jinou možností je nastavit rozsahy os v tabulce grafu.

Změny v grafech jsou možné tlačítkem (ikonou) **Změnit** nad grafem a po otevření příslušné karty (příklad na obr.3.13.-3. 14.)



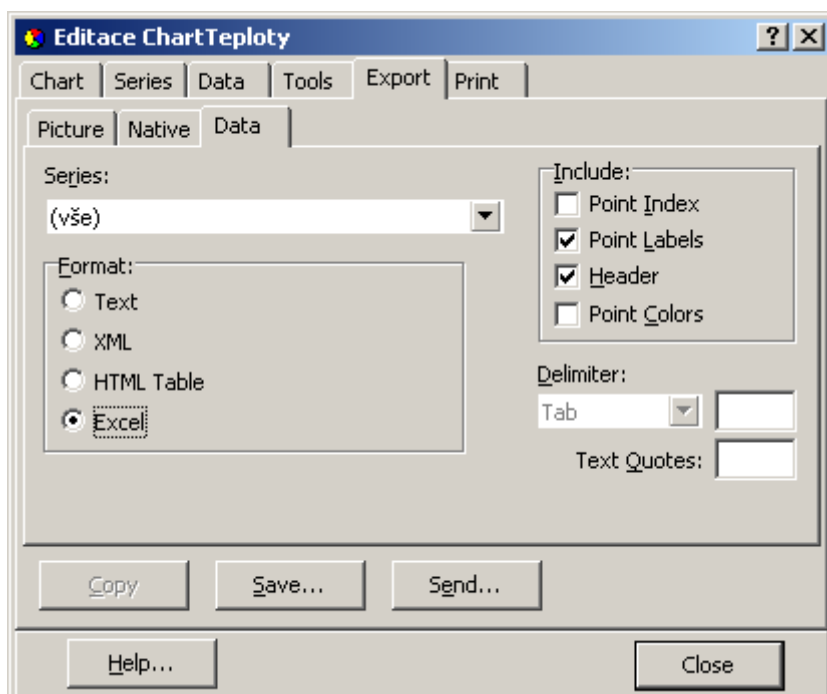
Obr. 3.13 Úprava grafu - Změnit



3.14 Uprava grafu – Změnit - Axis

Export číselných hodnot zobrazovaných grafů.

Tlačítko (ikona) **Změnit** na liště nad grafem, karta **Export**. Je možné exportovat datové soubory (např. do Excelu), obrázky, případně je uložit do schránky pro další umístění (Obr. 3.15.)



3.15. Export dat : Graf – Export – Data - Excel

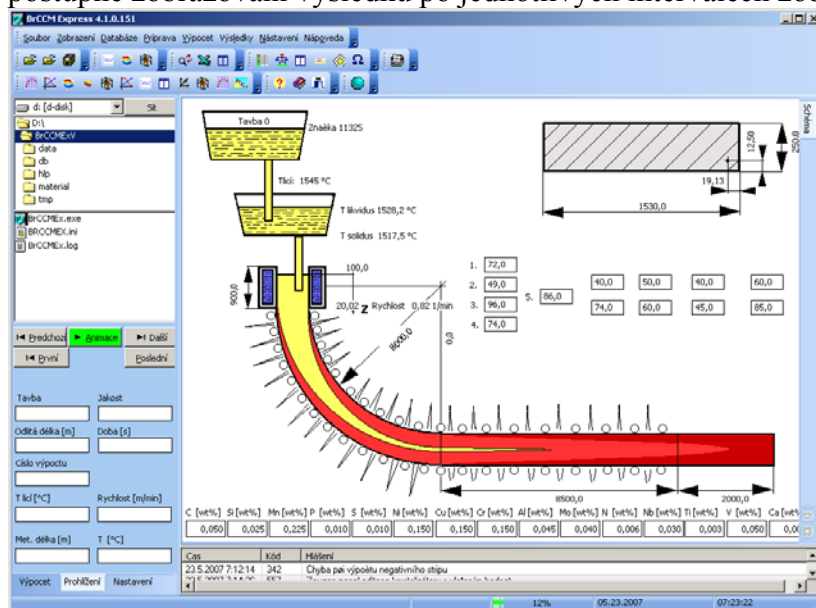
3.3. NAČTENÍ A PROHLÍŽENÍ ULOŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Otevření datových souborů taveb.

Otevření datového souboru taveby můžeme provést klepnutím na ikonu panelu nástrojů úvodní obrazovky programu BrCCM nebo klepnutím na **SOUBOR**. Po otevření menu vybrat **Načti** a v dialogovém okně **Data**, Typ souboru **ZIP**. Jméno souboru má tvar *číslo taveby.zip*. Podobný postup je i při výběru **Načti tavebu**.

Požadovaná zobrazení volíme klepnutím na **VÝSLEDKY** panelu nabídek a výběrem příkazu nebo na příslušnou ikonu z panelu nástrojů. Úpravu zobrazení je možné ve většině případů provádět pomocí ikon na liště umístěné nad grafem stejně jako v průběhu výpočtu.

Prohlížení výsledků je rovněž možné stisknutím tlačítka **PROHLÍŽENÍ** vlevo dole na hlavní obrazovce. Kromě již zmíněných zobrazení je zde možná i animace průběhu taveby nebo postupné zobrazování výsledků po jednotlivých intervalech zobrazení (Obr. 3.16).



Obr. 3.16. Hlavní obrazovka - **Prohlížení**