

Recenzované výzkumné články

Studium solidifikačního chování oceli během plynulého odlévání pomocí teplotního modelu

Study of the Solidification Process during Continuous Casting of Steel by Means of Thermal Model

Ing. Jiří Cibulka, Ph.D.; Ing. Marek Cienciala

TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Trinec, Technologie a výzkum, Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Trinec, Česká republika

Cílem předkládaného článku je podrobné studium solidifikačního procesu během odlévání kruhových předlitků průměru 410 mm pomocí teplotního modelu pro různé podmínky odlévání. Kombinací znalosti průběhu křivky solidu po délce licího oblouku a rozložení kolumnární struktury a rozsahu rozložení semi-makrosegregačních pruhů v rovnoosé struktuře na příčném řezu předlitku bylo možné solidifikační proces rozdělit do 3 fází: kolumnární růst, fluidní rovnoosý růst a nefluidní rovnoosý růst. Teoretickým předpokladem, že při podílu tuhé fáze minimálně 90 % tuhne ocel ztrácí schopnost nasávat mezidendritickou taveninu, pak bylo možno díky výpočtům teplotního modelu také určit údobí tvorby staženin. Ze získaných poznatků vyplynulo, že pro utváření licí struktury málo náchylné k tvorbě vnitřních nečelivostí je důležité dodržovat krátké údobí nefluidního rovnoosého růstu. Pokud se však délka licího oblouku, na kterém nefluidní rovnoosý růst nastává, zkrátí příliš, významně se prodlouží údobí tvorby vnitřních staženin, což opět vytváří podmínky pro snižování úrovně vnitřní kvality. Dále bylo také prokázáno, že hodnocení vhodnosti nastavení určitých technologických parametrů odlévání pouze na základě podílu rovnoosé struktury, jak je často prováděno, může často vést k nesprávným rozhodnutím.

Klíčová slova: teplotní model; tuhnutí oceli; odlévání plynule litých bloků; litá struktura

The paper is focused on study of the solidification process during continuous casting of round blooms with diameter 410 mm by means of thermal model for different casting conditions (casting speed and overheat). The data were collected for Cr-Mo steel grades. The first stage of the research included investigation of cross section Baumann prints and macroetches which were gathered for cases with no relationship between casting speed and overheat. Baumann prints and macroetches were used for measurement of columnar zone and extent of semi-macrosegregation bands on blooms cross section. Semi-macrosegregation bands existence was also verified by US immersion facility. The knowledge of both columnar and semi-macrosegregation zones distribution on cross sections of blooms and solid curve running along the strand enable to divide the strand into 3 solidification stages: columnar growth, fluid equiaxed growth and rigid equiaxed growth. A theoretical preposition that central shrinkage cavities are formed when solid fraction ratio is 0,9 or more enable to find the very last stage of the solidification process. The observed results show that the critical solidification stage to form cast structure with low risk of having internal discontinuities is the rigid equiaxed growth which should be as short as possible. The benefit is that sucking process of interdendritic melt is significantly reduced in that cases. However, if the rigid equiaxed growth is too short, the final stage with shrinkage cavity formation is prolonged excessively, which leads to a lower cast structure quality again. Based on performed investigation, it was possible to establish a set of solidification parameters including strand lengths with rigid equiaxed growth and shrinkage cavity formation which shall be kept on a certain level for all the technological parameters to provide good quality results. This attitude can also be used for casting optimization of other cast sections. The work also provided one more very important observation which is that it is very dangerous to judge certain casting parameters just according to extend of equiaxed zone on a bloom cross section. General recommendation of many authors is that equiaxed zone should be as wide as it possible but results presented in this paper clearly show that it is not true in every situation and such an attitude can lead to a wrong decision during technology setting.

Key words: thermal model; steel solidification; continuous casting of blooms; cast structure

1. Úvod

Současným trendem v oblasti plynulého odlévání oceli je využívání různých expertních systémů a fyzikálně metalurgických modelů pracujících buď na základě konvenčních rovnic popisujících fyzikálně-chemické procesy, nebo umělé inteligence. Velice progresivní je také využívání tzv. digitálních dvojčat umožňujících sledovat v on-line či off-line režimu průběh metalurgických dějů. Ve všech uvedených případech je však nezbytné umět správně interpretovat pozorované výpočty.

Naprostým základem v oblasti numerických výpočtů plynulého odlévání je pak využití teplotních modelů, které jsou schopny stanovit teplotní pole jak po délce odlévaného předlitku, tak po jeho průřezu. Výsledkem je také znalost délek tekuté fáze a přechodové oblasti mezi solidem a likvidem, na jejichž základě je možné stanovit základní fáze tuhnutí, které po doplnění rozborů makroleptů či Baumannových otisků umožňují velice komplexně popsat celý solidifikační proces.

Výzkumně vývojoví pracovníci Třineckých železáren, a.s., využívají při optimalizaci technologie plynulého odlévání teplotní model 3Q-LPC (Liquid Pool Control), který byl v roce 2019 odladěn a verifikován pro odlévání všech vyráběných formátů. Předkládaný článek se zabývá jeho využitím při studiu solidifikačního procesu během odlévání kruhových předlitků průměru 410 mm z pohledu utváření vnitřní struktury a její náchylnosti k tvorbě vnitřních nečistostí.

2. Popis modelu a přijaté předpoklady

Model 3Q-LPC je komerčně dostupný off-line teplotní model využívající pro kalkulace tzv. bezsítovou metodu, což je výpočetní přístup založený na systému algebraických rovnic stanovených pro určitou oblast ohraničenou okrajovými podmínkami bez nutnosti

polygonizace sítě. Model tak řeší v systému bodů, pro které není potřeba disponovat informacemi o geometrických spojnicích, matematické rovnice popisující odvod tepla z tuhnoucího předlitku.

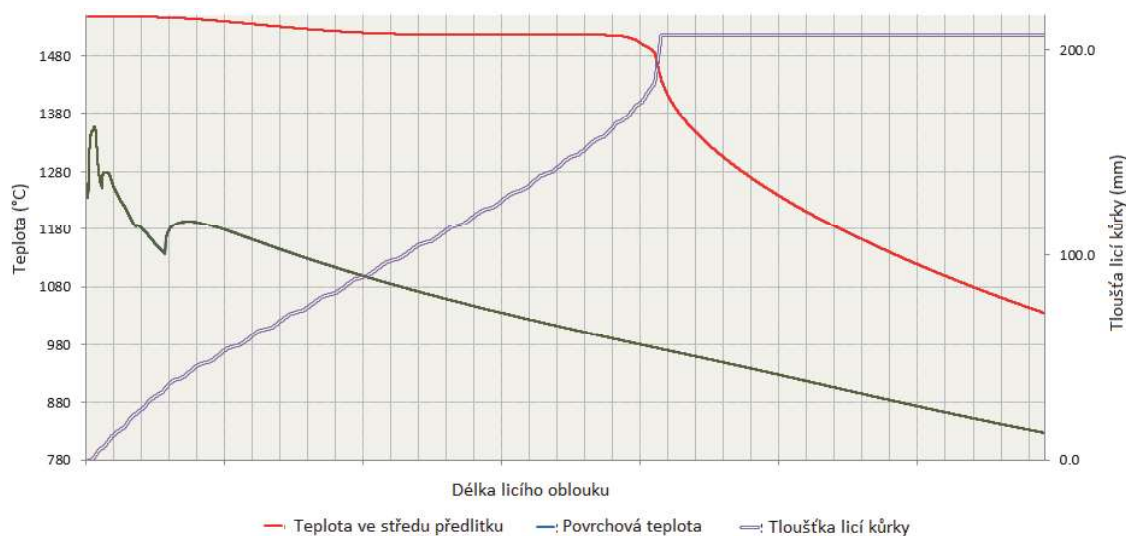
Model má pro jednotlivé skupiny oceli již přednastavené termodynamické vlastnosti a umí pro ně spočítat teploty solidu a likvidu, takže není potřeba mít k dispozici další externí databáze. Umožňuje však také načítat termofyzikální vlastnosti vypočtené „na míru“ přímo dané značce z komerčně dostupných softwarů jako jsou IDS, Computherm či JMatPro.

Numerický model pracuje s licím obloukem rozděleným do tzv. chladících sektorů, které obvykle reprezentují jednotlivé chladicí zóny, případně krystalizátor. Chladicí sektor se dá ale využít také pro vytvoření různých termostabilizačních tunelů, kde dochází např. k zrovnomnění teplot či jejich zvýšení (ohřevové zóny). Jednotlivé chladicí sektory jsou přednastaveny dle reálných technických uspořádání licích strojů Třineckých železáren, a.s., jsou ale v případě potřeby i editovatelné, takže je možné modelovat dopady nových technologických nástrojů ovlivňujících odvod tepla z předlitků umístěných v licím oblouku.

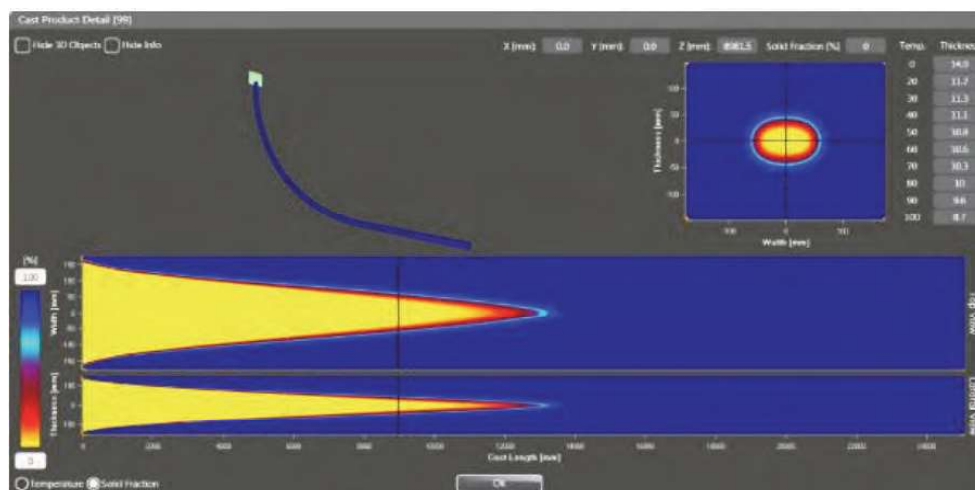
Na základě technologických parametrů odlévání je model schopen stanovit následující údaje:

- teplotní profil a tloušťku licí kůrky podél licího oblouku,
- teplotní profil a tloušťku licí kůrky na příčném řezu,
- distribuci podílu tuhé fáze po délce licího oblouku a v příčném řezu předlitku,
- délky tekuté fáze a přechodové oblasti mezi solidem a likvidem.

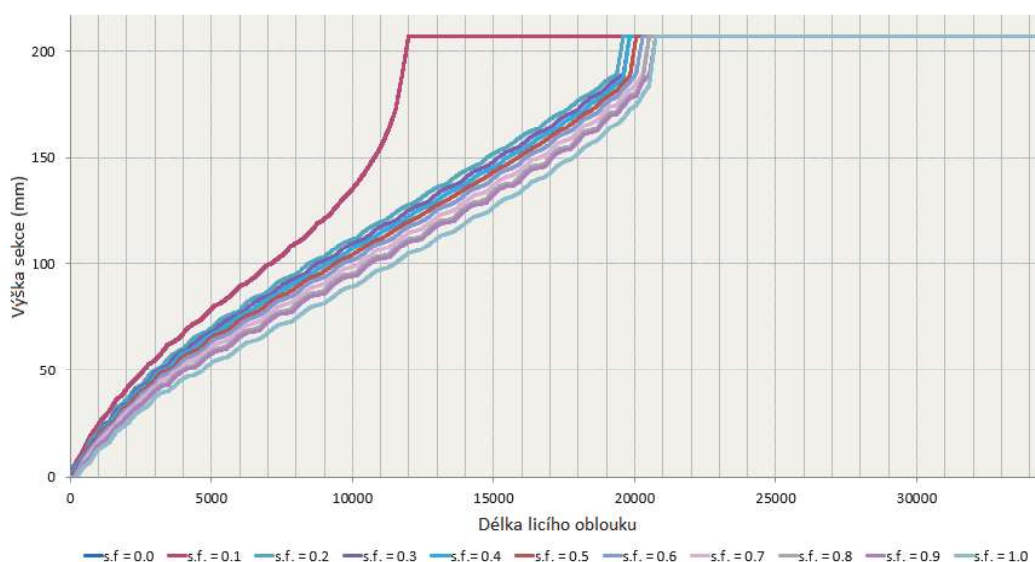
Příklady některých výstupů jsou uvedeny na obr. 1 až obr. 3 a souhrnně jsou pro další analýzy výzkumně vývojových pracovníků transportovány do protokolů Excelovského formátu.



Obr. 1 Výstup modelu - teplotní profil a tloušťka licí kůrky podél licího oblouku
Fig. 1 Model output – temperature distribution and shell thickness along a strand



Obr. 2 Výstup modelu - teplotní profil a tloušťka licí kůrky na příčném řezu
Fig. 2 Model output – temperature distribution and shell thickness on a semis cross section



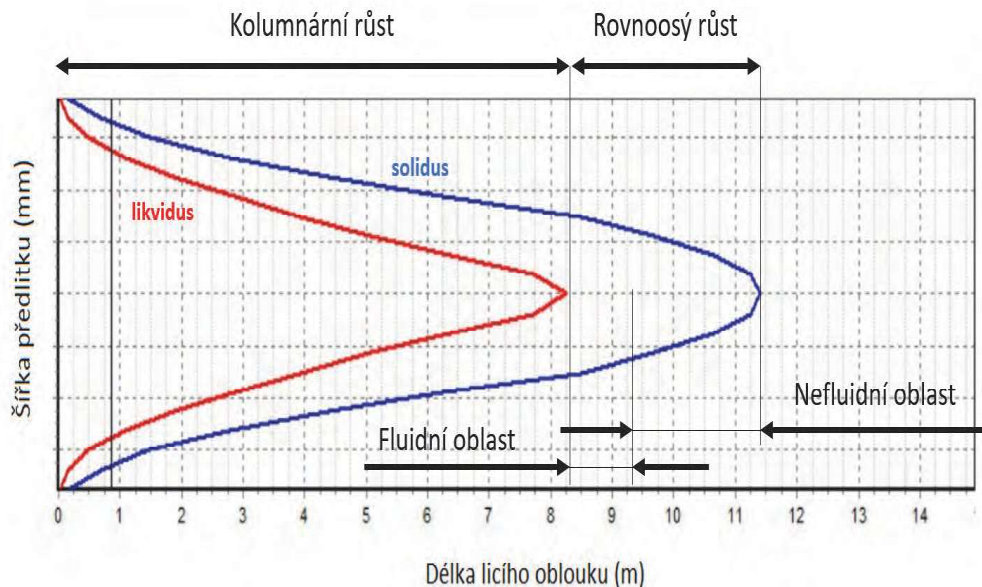
Obr. 3 Výstup modelu - distribuce podílu tuhé fáze po délce licího oblouku a příčném řezu předlitku
Fig. 3 Model output – solid fraction distribution along a strand and in a semis cross section

Pro vlastní realizaci studia tuhnutí předlitků bylo nezbytné si nejprve nalézt způsob interpretace pozorovaných výsledků. Základním úkolem tak bylo rozdělit licí oblouk do několika oblastí, které by byly relevantní z pohledu vytváření vnitřní struktury. Bylo využito přístupů prací [1, 2], podle kterých je možno licí oblouk v zásadě rozdělit do následujících oblastí:

- oblast kolumnárního růstu, který nastává přibližně po výstupu z krystalizátoru a pokračuje, dokud se ve středu předlitku nevytvoří přechodová oblast mezi solidem a likvidem,
- fluidní přechodová oblast mezi solidem a likvidem, kdy ocel již tuhne v rovnoosém režimu, přičemž je možné její proudění, takže dochází ke kompenzaci objemových změn vyvolaných solidifikačním smrštěním,

- nefluidní přechodová oblast rovnoosého růstu, kdy již proudění oceli není možné, takže se ve struktuře formují vlivem solidifikačního smrštění staženiny, do kterých se nasává zbytková mezidendritická tavenina.

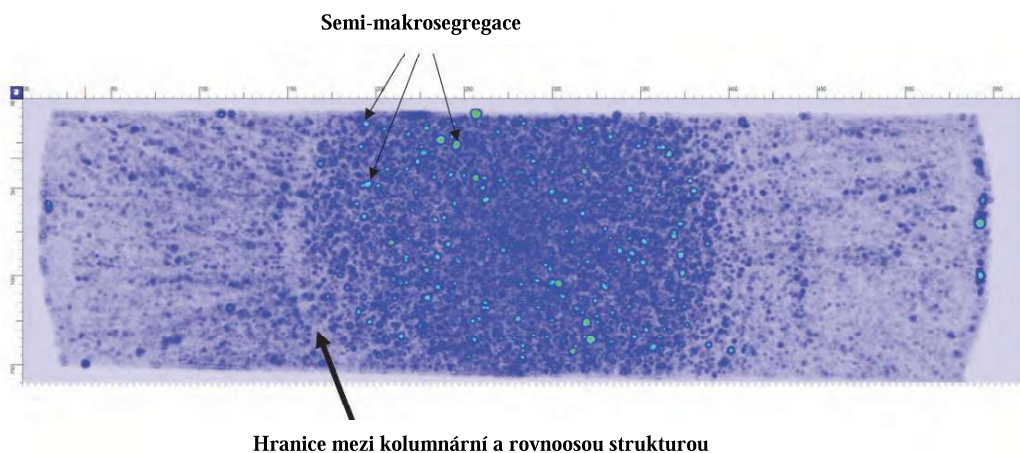
Situace je schematicky znázorněna na obr. 4. Zde je však potřeba konstatovat, že délka křivky likvidu udávající kolumnární růst je zásadně ovlivňována elektromagnetickým mícháním aplikovaným v horních částech licího oblouku (M-EMS a S-EMS), přičemž základní teplotní modely nejsou změny vyvolané elektromagnetickým míchačem schopny zohlednit. Z uvedeného důvodu tak není vhodné slepě spoléhat na výstupy generované modelem, ale je vhodné skutečnou délku křivky likvidu verifikovat.



Obr. 4 Schematické znázornění rozdělení lícího oblouku dle návrhu [1] a [2]
Fig. 4 Schematic view on proposed solidification stages along the strand according to [1] and [2]

Velice vhodnou metodiku pro verifikaci délky kolumnárního růstu nabízejí např. autoři [2], podle kterých je možno uvažovat, že v místě přechodu z kolumnárního na rovnoosý růst pozorovaný na příčném řezu předlitku byl podíl tuhé fáze roven jedné, tedy v dané vzdálenosti od povrchu předlitku se musela aktuálně nacházet křivka solidu. Pro odhad délky kolumnárního růstu je tak potřeba pro dané okrajové podmínky odlévání stanovit hloubku zásahu kolumnární struktury od povrchu předlitku směrem do jeho středu např. pomocí Baumannových otisků či makroleptů. Existence Baumannových otisků či makroleptů pro dané podmínky odlévání pak umožňuje stanovit také rozdělení rovnoosého růstu na fluidní a nefluidní část, což je záležitost, kterou teplotní modely nedokáží určit. Pro odhad okamžiku, kdy ocel ztrácí fluidní vlastnosti a

nedochází tak k doplňování taveniny ke kompenzaci solidifikačního smrštění, je nutné stanovit šířku pásma utváření semi-makrosegregačních pruhů. Pokud opět přijmeme předpoklad, že v okamžiku začátku utváření semi-makrosegregačních pásů byl podíl tuhé fáze na obvodu kružnice omezující jejich výskyt na příčném řezu předlitku roven jedné, lze opět díky znalosti průběhu křivky solidu stanovit, v jaké vzdálenosti od krystalizátoru dochází k změně rovnoosého růstu z fluidního do nefluidního režimu. Pro lepší odhad šířky oblasti, kde se semi-makrosegregace v rovnoosé oblasti vyskytují, je vhodné analýzu makroleptů podpořit o jejich rozbor pomocí immersní vany umožňující prozvučení materiálu až na vadu několika desítek mikrometrů, čímž se jednotlivé semi-makrosegregace velice zviditelní (viz obr. 5).



Obr. 5 C-sken příčného řezu předlitku pořízený pomocí immersní vany
Obr. 5 Bloom cross section C-scan from an immersion tank facility

Z pohledu vývoje vnitřní struktury je pak významná také fáze, kdy se celý systém stává tak hustým, že již není možné další nasávání mezidendritické taveniny a formují se pouze staženiny. Fáze tvorby vnitřních staženin je tak úplně poslední fází procesu tuhnutí a je součástí oblasti nefluidního rovnoosého růstu schematicky znázorněného na obr. 4. Pro důvěryhodné stanovení oblasti tvorby vnitřních staženin by bylo nezbytné stanovit rozsah výskytu vnitřních staženin v rovnoosé struktuře, které však pomocí Baumannových otisků, makroleptů či ultrazvukových C-skenů nejsou od semi-makrosegregací prakticky odlišitelné. Oblast tvorby solidifikačního smrštění tak byla pro prezentované účely spočtena pouze teoreticky na základě předpokladu, že k ní dochází, zvýšili se podíl tuhé fáze na minimálně 90 % [3]. Tím byly definovány jednotlivé fáze solidifikačního procesu, které byly pro další studium využity.

3. Návrh studia tuhnutí bloků

Pro vlastní studium solidifikačního procesu bylo následně nutné zajistit dostatečné množství dat, což zahrnovalo jednak analýzu příčných vzorků plynule litých bloků, kde na makroleptech a Baumannových otiscích byly stanovovány hloubky zásahu kolumnární struktury a oblasti s výskytem semi-makrosegregací. Pro vybrané případy pak byly oblasti s výskytem semi-makrosegregací dále verifikovány prozvučením v immersní vaně. Stanovené hloubky zásahu kolumnární struktury a rozsahy oblastí zasažené výskytem semi-makrosegregacemi byly následně konfrontovány s průběhy křivek solidu, které byly spočteny pomocí teplotního modelu 3Q-LPC, díky čemuž byly pro jednotlivé analyzované případy stanoveny délky licího oblouku, kdy nastává:

- kolumnární růst,
- fluidní rovnoosý růst,
- nefluidní rovnoosý růst,
- tvorba vnitřních staženin.

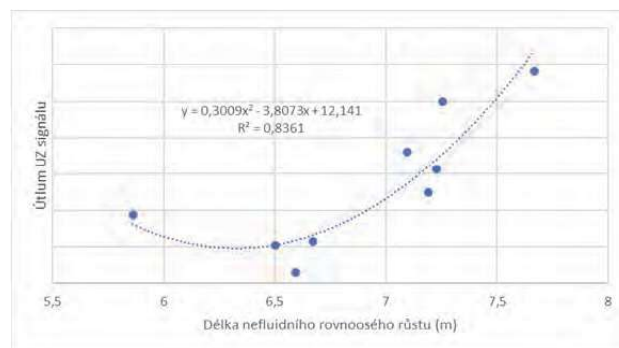
Při výběru vzorkovaných taveb bylo dbáno na skutečnost, aby odlévací rychlost a přehřátí oceli nebyly na sobě závislé. Pozornost byla zaměřena na Cr-Mo oceli odlévané do kruhových předlitků průměru 410 mm. Celkem bylo navzorkováno 53 různých případů a ze získaných dat byly sestrojeny výpočetní kalkulatory predikující délky licího oblouku charakterizované předpokládanými režimy tuhnutí (tedy kolumnárním růstem, fluidním rovnoosým růstem atd).

V následné fázi bylo vybráno devět taveb Cr-Mo ocelí a z každé z nich bylo proválcováno reprezentativní množství kruhových předlitků průměru 410 mm do tyčí s velice nízkým stupněm protvářením. Cílem nízkého protváření bylo zajistit prozvučitelnost materiálu konvenčním ultrazvukovým zařízením pro kvantifikaci vnitřní kvality, která by byla indikátorem dopadu daného strukturního uspořádání plynule litých předlitků na výskyt vnitřních nečelistvostí válcovaných tyčí. Pro protvářené

tavby byly následně pomocí výpočetních kalkulatorů stanoveny charakteristické délky licího oblouku vykazující definované solidifikační děje (viz obr. 4).

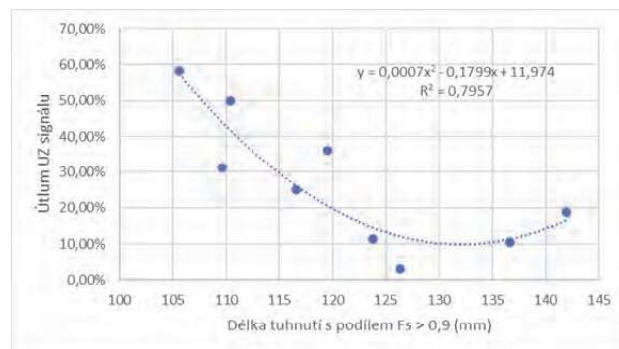
4. Diskuse k dosaženým výsledkům

Z analýzy dat vyplynulo, že klíčovým solidifikačním údobím určujícím vnitřní kvalitu plynule litých bloků je doba nefluidního rovnoosého růstu, který vykazuje silnou korelaci s výstupy ultrazvukové kontroly, což není překvapivé, protože během údobí nefluidního rovnoosého růstu se generují staženiny, které se z části vyplní mezidendritickou staženinou. Z obr. 6 je však patrné, že předpokládané pozitivní ovlivnění vnitřní struktury plynule litých předlitků s kratší dobou nefluidního rovnoosého růstu nastává pro studované podmínky pouze do její délky cca 6,5 m a pokud se nefluidní fáze rovnoosého růstu dále zkrátí, začíná se vnitřní struktura vyvíjet zcela neočekávaným způsobem. Jedná se tak o velice překvapivý výsledek, vysvětlení však nabízí délka licího oblouku, kdy dochází k tvorbě vnitřních staženin (tedy s podílem tuhé fáze 90 % a více), která vykazuje s výsledky ultrazvukové kontroly obdobnou korelaci jako nefluidní fáze rovnoosého růstu, ovšem zcela inverzně (obr. 7). Z uvedeného tak vyplývá, že čím je v licím oblouku delší oblast s nefluidním rovnoosým růstem, tím kratší je délka licího oblouku, kdy je ocel tak hustá, že již není možné nasávání zbytkové mezidendritické taveniny a dochází k tvorbě staženin (viz obr. 8).



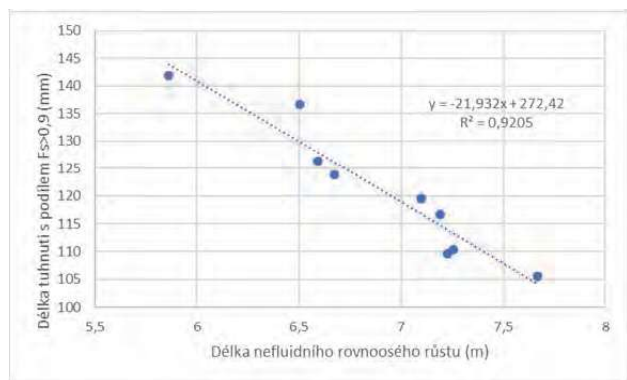
Obr. 6 Vliv nefluidního rovnoosého růstu na útlum UZ signálu protvářeného materiálu

Fig. 6 Impact of rigid equiaxed growth on US results of rolled material



Obr. 7 Vliv doby tuhnutí s podílem tuhé fáze min. 0,9 na útlum UZ signálu protvářeného materiálu

Fig. 7 Impact of solidification mode with solid fraction min. 0,9 on US results of rolled material



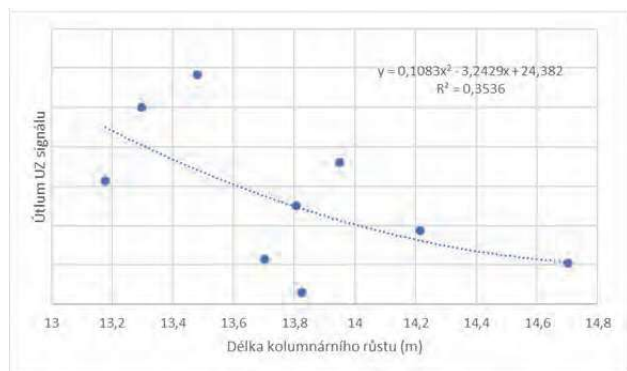
Obr. 8 Vztah mezi nefluidním režimem rovnoosého růstu a tuhnutí s podílem tuhé fáze min. 0,9

Fig. 8 Relationship between rigid equiaxed growth and mode with solid fraction min. 0,9

Z obr. 6 až obr. 8 tak vyplývá, že procesní parametry odlévání (odlévací rychlost a přehřátí) musí být nastaveny tak, aby byla co nejkratší délka licího oblouku, kdy dochází k nefluidnímu režimu rovnoosého růstu (tedy formují se staženiny, do kterých se nasává mezidendritická tavenina), nicméně tato oblast nesmí být příliš krátká, jinak se nepřiměřeně prodlouží údobí, kdy je systém natolik hustý, že se již jen formují vnitřní

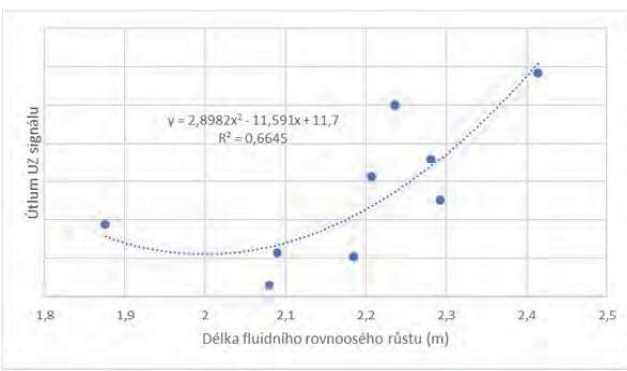
staženiny, do kterých není možné zbytkovou taveninu nasát. Na základě navrženého postupu tak lze pro jednotlivé formáty a jakosti určit kritická údobí nefluidního rovnoosého růstu a formování staženin, které zajistí vhodnou licí strukturu z pohledu vnitřní kvality plynule litých předlitků.

Pro úplnou prezentaci pozorovaných skutečností jsou pak na obr. 9 a obr. 10 uvedeny korelace mezi výsledky ultrazvukové zkoušky a kolumnárním, resp. fluidním rovnoosým růstem. Oba parametry vykazují s útlumem ultrazvukového signálu taktéž jasně patrné korelace, jejich průběhy jsou ale v rozporu s běžně uznávanými teoriemi a jsou tak spíše důsledkem příhodných (či méně příhodných) délek nefluidního režimu rovnoosého růstu a finální fáze tuhnutí s podílem tuhé fáze 90 % a více pro dané podmínky odlévání. Kdyby tomu tak nebylo, vyplývalo by např. z obr. 9, že delší délka licího oblouku, kdy ocel tuhne kolumnárně, generuje licí strukturu, která je na výskyt vnitřních necelistvostí vhodnější. Přitom výsledkem delšího úseku licího oblouku s kolumnárním růstem musí být nižší rozsah výskytu rovnoosé struktury, což většina autorů považuje za velice nepříznivý výsledek [4-7].



Obr. 9 Vliv kolumnárního růstu na útlum UZ signálu protvářené materiálu

Fig. 9 Impact of columnar growth on US results of rolled material



Obr. 10 Vliv fluidního rovnoosého růstu na útlum UZ signálu protvářené materiálu

Fig. 10 Impact of fluid equiaxed growth on US results of rolled material

Skutečnosti pozorované na obr. 9 a obr. 10 tak jasně dokazují, že v případě nastavování technologie plynulého odlévání je vždy nezbytné provést velice komplexní a sofistikované vyhodnocení procesu tuhnutí a neomezovat se pouze na hodnocení vlivu technologických parametrů na podíl rovnoosé struktury, jak je často prováděno.

5. Závěry

V rámci výzkumných činností byla provedena velice podrobná studie solidifikačního procesu kruhových předlitků průměru 410 mm. Pro studium bylo využito teplotního modelu 3Q-LPC, který na základě procesních parametrů odlévání a přednastavených knihoven s termodynamickými vlastnostmi ocelí umí spočítat teplotní pole předlitku a křivky solidu a likvidu po délce licího oblouku. Díky znalosti vývoje křivky solidu ve směru odlévání a znalosti zásahu kolumnární struktury

a rozsahu oblasti s výskytem semi-makrosegregací bylo možno v souladu s přístupy [1, 2] rozdělit solidifikační proces po délce licího oblouku do tří režimů: kolumnární růst, fluidní rovnoosý růst a nefluidní rovnoosý růst. Díky předpokladu, že při podílu tuhé fáze 90 % a více již není dále možné nasávání mezidendritické taveniny [3], pak bylo možné stanovit také délku licího oblouku, na které nastává formování staženin.

Z výsledků analýz vyplynulo, že pro zajištění licí struktury s minimální náchylností k tvorbě vnitřních necelistvostí je nutné nastavit procesní parametry odlévání (tj. přehřátí a odlévací rychlost) tak, aby byla délka licího oblouku tuhnoucího v režimu nefluidního rovnoosého růstu sice co nejkratší, ovšem tato oblast nesmí být příliš krátká, jinak se významně prodlouží oblast licího oblouku, ve které se formují vnitřní staženiny, což vede k opětovnému k méně příznivým výsledkům.

Dále se také prokázalo, že hodnocení výsledné kvality lící struktury pouze na základě hloubky zásahu kolumnární struktury či rozsahu rovnoosé oblasti pak mohou v některých případech vést k velice nešťastným rozhodnutím o vhodnosti či nevhodnosti daných technologických parametrů odlévání.

Literatura

- [1] HOU, Z. and CHENG, G. Characteristics and a novel quantitative model of macrosegregation in continuously cast high-carbon billets. In *AISTech Proceedings*, Atlanta, 2012, p. 1229-1238. ISBN 978-1-935117-24-7.
- [2] CIBULKA, J. *Studium tvorby segregací v podmínkách sochorového zařízení plynulého odlévání oceli*. Disertační práce, Ostrava, 2015.
- [3] ARMENANTE, P., MICONI, A. and PARDELA, P. Dynamic mechanical soft reduction for quality improvements. ECCO 2021, Bari, 2021.
- [4] CHOUDHARY, S.K. and GANGULY, S. Morphology and segregation in continuously cast high carbon steel billets. *ISIJ International*, 47 (2007) 12, 1759-1766. ISSN 1347-5460.
- [5] SCHOLES, A. Segregation in continuous casting. *Ironmaking and steelmaking*, 32 (2005) 2, 101-108. ISSN 0301-9233.
- [6] DISERENS, M., HÄTÖNEN, T., RISTIMÄKI, E. and TUKIAINEN, M. Experiences on continuously cast billets influenced by electromagnetic stirring below mould. *Scandinavian journal of metallurgy*, 10 (1981), 19-23.
- [7] MOREAULT, J., LIMOGES, J. and BEITELMAN, L. EMS intensity as a critical factor in controlling segregation in high carbon steel billets. In *Iron & steel technology conference*. Charlotte, North Carolina, USA, 2005, 14.

OKD má dostupné uhlí zhruba na 6 let těžby

MLADÁ FRONTA DNES MSK, 30. 11. 2022, s. 13, (D. Štalmach)

Důl ČSM je posledním činným černouhelným dolem v ostravsko-karvinském revíru. Jeho konec bude zároveň koncem těžby černého uhlí v České republice.

V současnosti je konec těžby naplánován na přelom let 2023/2024 s tím, že přesněji bude určen podle stavu dotěžitelných zásob. V příštím roce bude aktivních celkem devět porubů. Podle ředitele provozu firmy OKD bude nutné pro celkovou přípravu vyrazit přibližně 7,8 km chodeb.

O případném dalším prodloužení těžby v dole ČSM by se mělo rozhodnout v polovině příštího roku. Pro případné schválení další těžby je nutná studie EIA vypracovaná na dobu od roku 2024 do ukončení hornické činnosti, jejíž podmínky byly aktualizovány pro případnou těžbu v roce 2024 a 2025 včetně technické likvidace dolu. V současné době je platná dokumentace EIA z roku 2022, která byla prodloužena do konce roku 2026. Jsou v ní dostatečné objemy těžby pro celý rok 2023.

Celkově by se podle navrhované studie EIA dalo v rámci Dolu ČSM vytěžit necelých šest milionů tun uhlí. Podle výkonného ředitele OKD byl celkový plánovaný objem těžby stanoven na zhruba 5,7 milionu tun uhlí vytěženého z Dolu ČSM do ukončení hornické činnosti. Studie se zabývá i těžbou plynu související s dobýváním uhlí. Roční těžba plynu je předpokládána ve výši 2,9 (ČSM Sever) a 4,3 (ČSM Jih) tun za rok.

Studie vypracovaná nedávno státním podnikem Diamo řešila obnovení těžby na dolech Darkov a ČSA. Podle dostupných údajů je v dolech ČSA a Darkov 14 mil. t. vytěžitelných zásob uhlí. Těžit by se mohlo po náběhu přes 1 milion tun ročně. Závěry studie ale návratu na uzavřené šachty příliš šanci nedávají. Cena za obnovení těžby by totiž byla zhruba deset miliard korun a příprava by trvala šest let.