

## Nové možnosti řízení plynulého odlévání oceli na základě dynamického modelu tuhnutí

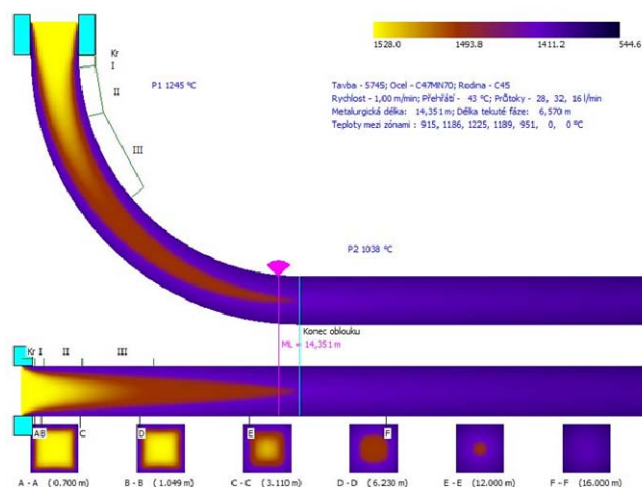
Štětina, J., Klimeš, L.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, Technická 2, 616 69 Brno, Česká Republika

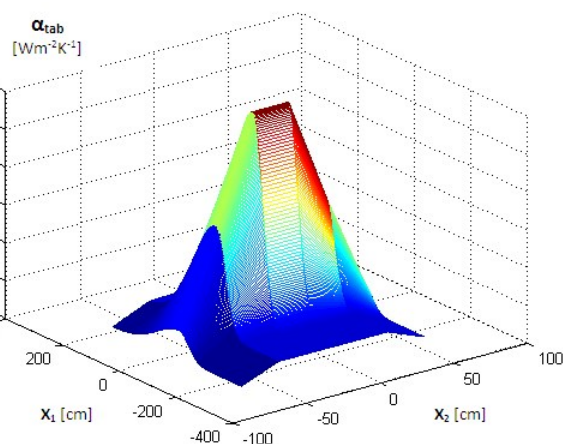
### ABSTRAKT

Chtějí-li výrobci oceli zůstat konkurenceschopní na světovém trhu s plynule odlévanou ocelí, zjišťují, že je stále více nezbytné zavádět dokonalejší řízení procesu. Prostřednictvím lepšího monitorování a řízení tak zlepšují jakost oceli a jsou s nižšími náklady schopni zabezpečovat požadavky zákazníků, co se týče rozměrů, značek, množství a vlastností. To samozřejmě platí i pro odlévání oceli na ZPO. Obdobně jako v jiných oblastech, i zde jsou důležitým nástrojem v tomto úsilí numerické modely, používané pro on-line predikci a řízení procesu. Ty vnášejí do provozu ZPO flexibilitu tím, že dávají operátorovi možnost měnit licí rychlost a přitom současně udržet v požadovaném rozmezí důležité parametry procesu jako jsou povrchové teploty sochoru a poloha konce tekutého jádra. Taková možnost řízení procesu přináší lepší rovnoměrnost vlastností odlitého materiálu v průběhu celé sekvence. Vedle těchto přínosů on-line (dynamických) modelů pro řízení v reálném čase pak off-line modelování přechodových jevů dává možnost nahlédnout do časově proměnného chování procesních veličin a parametrů a důkladněji tak pochopit proces lití.

V současné době jsou již standardem 3D numerické modely teplotního pole celého předlitku (od menisku hladiny taveniny v krystalizátoru až po pálicí stroj), příkladem může být námi vyvíjený model, který navazuje na model prof. Kavičky a je kontinuálně vyvíjen od roku 1996 a v roce 2003 byl nasazen ve verzi on-line v provozu tehdejšího Vítkovice Steel, kde je v provozu do dnes. Na obr. 1 jsou zobrazeny výsledky z takového modelu pro ZPO v Železárnách Podbrezová.



Obr. 1 Příklad výsledků z 3D modelu teplotního pole



Obr. 2 Součinitel přestupu tepla pod chladicí tryskou, vyhodnocený z experimentálního měření

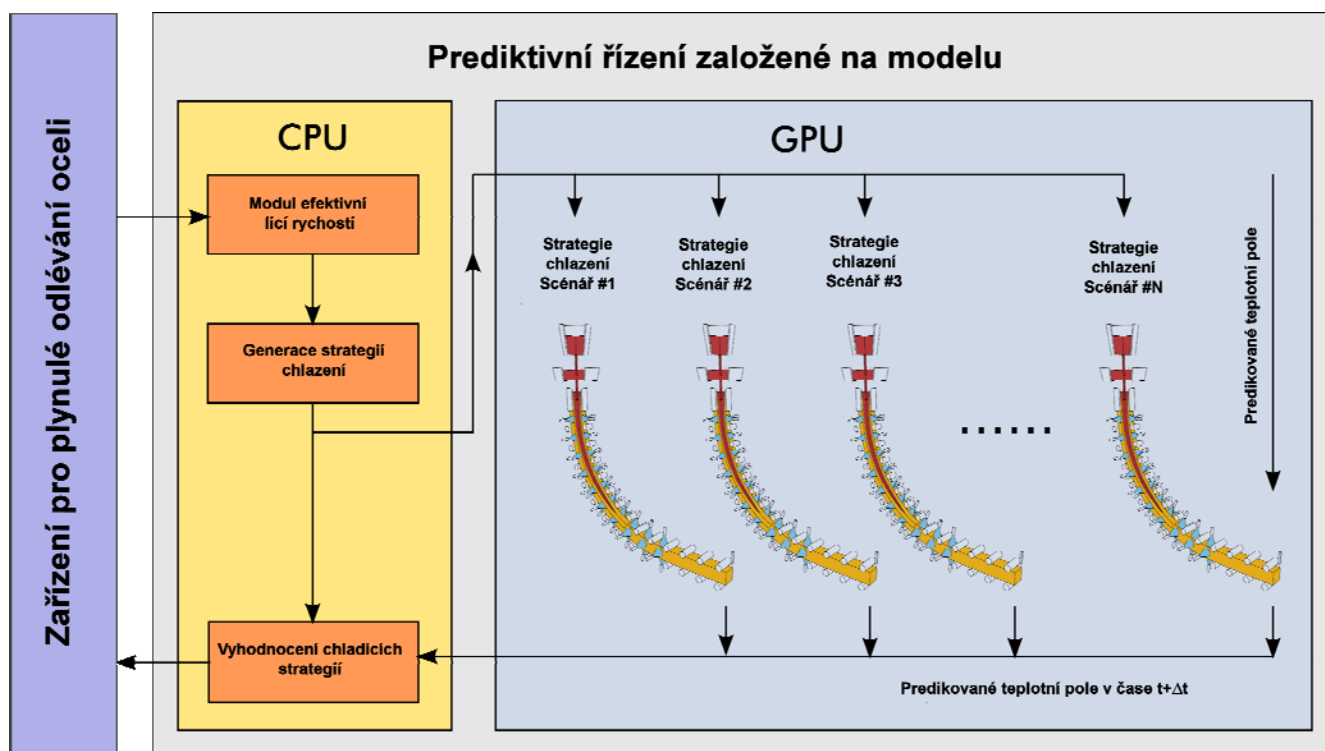
Stále zůstává velkou výzvou stanovování okrajových podmínek pro tyto modely zejména v oblastech krystalizátoru, pod chladicími tryskami a vodícími válci. Zde je nutno kombinovat experimentální práce v laboratoři s moderními numerickými a optimalizačními metodami a pak následně provádět experimentální verifikaci

v reálném provozu. Na obr. 2 je příklad zpracování výsledků experimentů vlivu chlazení vodní trysky na teplém modelu ve formě 3D aproximační funkce založené na vícerozměrném split normálním rozdělení.

Nové možnosti otvírá využití k výpočtům teplotního pole procesory grafických karet tzv. GPU. Vzhledem k několikanásobnému zrychlení výpočtu teplotního pole (např. na speciální kartě NVIDIA Tesla C2075 až 50tinásobné). Toto zrychlení umožňuje i na víceproudém kontilitě paralelně počítat teplotní pole předlitku pro několik rozdílných scénářů, nebo-li rozdílných licích rychlostí a průtoků vody sekundárním chlazením. Schéma prediktivního scénářového řízení sekundárního chlazení je na uveden na obr. 3. Operátor ZPO má možnost vidět nejen teplotní pole pro aktuální provozní podmínky, ale i teplotní pole pro různé strategie řízení sekundárního chlazení. Tyto scénáře mohou být napočítány i pro různé nestandardní situace, který pak systém umožní optimálně řešit (např. rychlé snížení licí rychlosti, výpadky chlazení). Výběr z chladicích strategií se děje automatizovaně na základě algoritmů prediktivního řízení.

#### REFERENCIE

- Kavička, F., Štětina, J., Velička, B. (1997) Numerical analysis of the effect of spraying intensity on concasting and its optimisation. In Proceeding of the International Symposium Metal '97. Ostrava, CZ: Tanger s.r.o., s.
- Hřibová V. (2013) Aproximace chladicích účinků vodních trysek matematickými funkcemi. Bakalářská práce VUT v Brně.
- Štětina, J., Kavička, F., Mauder, T., Klimeš, L. (2011). Transient simulation temperature field for continuous casting steel billet and slab. In METEC InSteelCon 2011. Dusseldorf, Německo: TEMA Technologie Marketing AG.
- Klimeš, L., Štětina, J., Parilák, L., Buček, P. (2012) Influence of chemical composition of cast steel on temperature field of continuously cast billets. In Sborník příspěvků mezinárodní konference metalurgie a materiálů METAL 2012. Ostrava: Tanger Ltd., Ostrava, 2012..
- Zhichao D., Qing L, Bao W., Xialofeng Z. Jianfeng Z., Zhigang H. (2011) Evolution of Control Models for Secondary cooling in Continuous Casting Process of Steel. Steel research 82 No. 10.



Obr. 3 Schéma prediktivního scénářového řízení sekundárního chlazení a licí rychlosti na základě teplotního modelu