



# Úvod do možností využití metod numerických simulací k lití kovů a slitin

---

Seminář č. 3

# Klíčová slova

---

numerické simulace ve slévárenství, možnosti numerických simulací, volba vhodných simulačních nástrojů, ProCAST

# Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je alespoň v základu představit potenciál využití metod numerického simulování v prostředí slévárenských technologií. Za zmínku stojí, že matematické principy numerických simulací byly popsány již v 19. století. Tedy v době, kdy neexistovaly výpočetní kapacity na realizaci enormního kvanta potřebných výpočetních operací. Tento předmět nemá v žádném případě ambici zatěžovat studenty matematickými principy modelování či hlouběji pronikat do pozadí principů výpočtů, na kterých jsou numerické simulace postaveny.

# Úvod do kapitoly

---

Vzhledem k omezenému rozsahu předmětu není možné postihnout celou škálu jak technologií výroby, či vyráběných slitin, tak rozličných programů, které jsou na trhu k dispozici. Není samozřejmě možné studenty seznámit s různými přístupy a softwarovými řešeními, které jsou na trhu k dispozici. Taktéž je nemyslitelné se v rámci jednoho semestru věnovat na znalosti náročnějším výpočtovým modulům. Bylo tedy rozhodnuto, že pro základní seznámení se s danou problematikou bude výuka zaměřena na technologii tzv. gravitačního lití tvárné litiny do pískových forem v jednom na VŠTE dostupných softwarů, konkrétně ProCast.

# Numerické simulace ve slévárenství

---

- ✓ v posledních desetiletích enormně narostl výpočetní výkon počítačů a zlepšil se poměr cena/výkon, díky tomu stále více dochází také k integraci numerických simulací také do oblasti slévárenských technologií
- ✓ tato řešení umožňují často velmi efektivně přizpůsobit jinak složitý výpočet daným provozním podmínkám, pro které jsou odladěny
- ✓ výpočty probíhají velmi rychle a někdy je lze i přímo propojit a vyžadují pokročilou znalost programování a matematiky
- ✓ vývoj těchto programů je vesměs časově náročným procesem vyžadujících dlouhodobou spolupráci mezi výzkumnými týmy a technologi
- ✓ existuje skupina programů, které se přímo nespécializují pouze na procesy slévárenství, ale existuje v nich knihovna skriptů umožňujících řešit problematiku související s přestupy tepla, změnou skupenství (tuhnutí), proudění, krystalizaci a další typy fázových přeměn
- ✓ pro běžné uživatele složité, některé ve formě Open Source a komunitní podpora je zcela či částečně zdarma
- ✓ existuje také skupina komerčních programů, s příznivějším uživatelským rozhraní, profesionální support a neustálý vývoj

# Hlavní cíle aplikace numerických simulací ve slévárenské technologii

---

- ✓ cílem každé slévárny je zajistit ekonomicky výhodnou, avšak kvalitní produkci
- ✓ potřeba zajistit pomocí technologií, aby vyráběné odlitky byly bez odběratelem neakceptovatelných vad při dodržení požadavků
- ✓ pomocí simulačních programů je možné dodržení těchto požadavků odhadnout na základě simulací ještě před výrobou
- ✓ kromě požadavků od dodavatele je také vhodné navrhnout licí sestavu tak, aby se zvýšil výtěžek kovu pomocí její vhodně navržené geometrie, to spočívá v počtu kusů odlitků v jedné licí sestavě, tvaru a rozměrů licích kanálků, jejich napojení na odlitky, umístění filtrů, množství, tvaru a počtu chladítek, ledvinek, odfuků a nálitků
- ✓ bez toho, aniž by proběhly provozní zkoušky lze také testovat různé změny v chemickém složení. Způsobu lití, teplotách nejen taveniny ale i forem atd.
- ✓ někdy je možné upravit technologii výroby i v průběhu projektu (zakázky)

# Hlavní cíle aplikace numerických simulací ve slévárenské technologii

- ✓ tento obrázek z příspěvku autora Ravi, B. (2010), může pomoci rozhodnout, jaké investice do simulačního prostředí jsou z pohledu počtu projektů, výrobní kapacity, kvalitativních požadavků a tvarové složitosti pro danou slévárnu vhodné



- ✓ slévárna s vysokou výrobní kapacitou nad 5000 tun odlitků ročně a počtem zakázek (projektů) nad 100 za rok by již měli mít k dispozici vlastní simulační software a naopak menší slévárny by mohly takovýto program sdílet nebo zadávat řešení externě

# Hlavní cíle aplikace numerických simulací ve slévárenské technologii

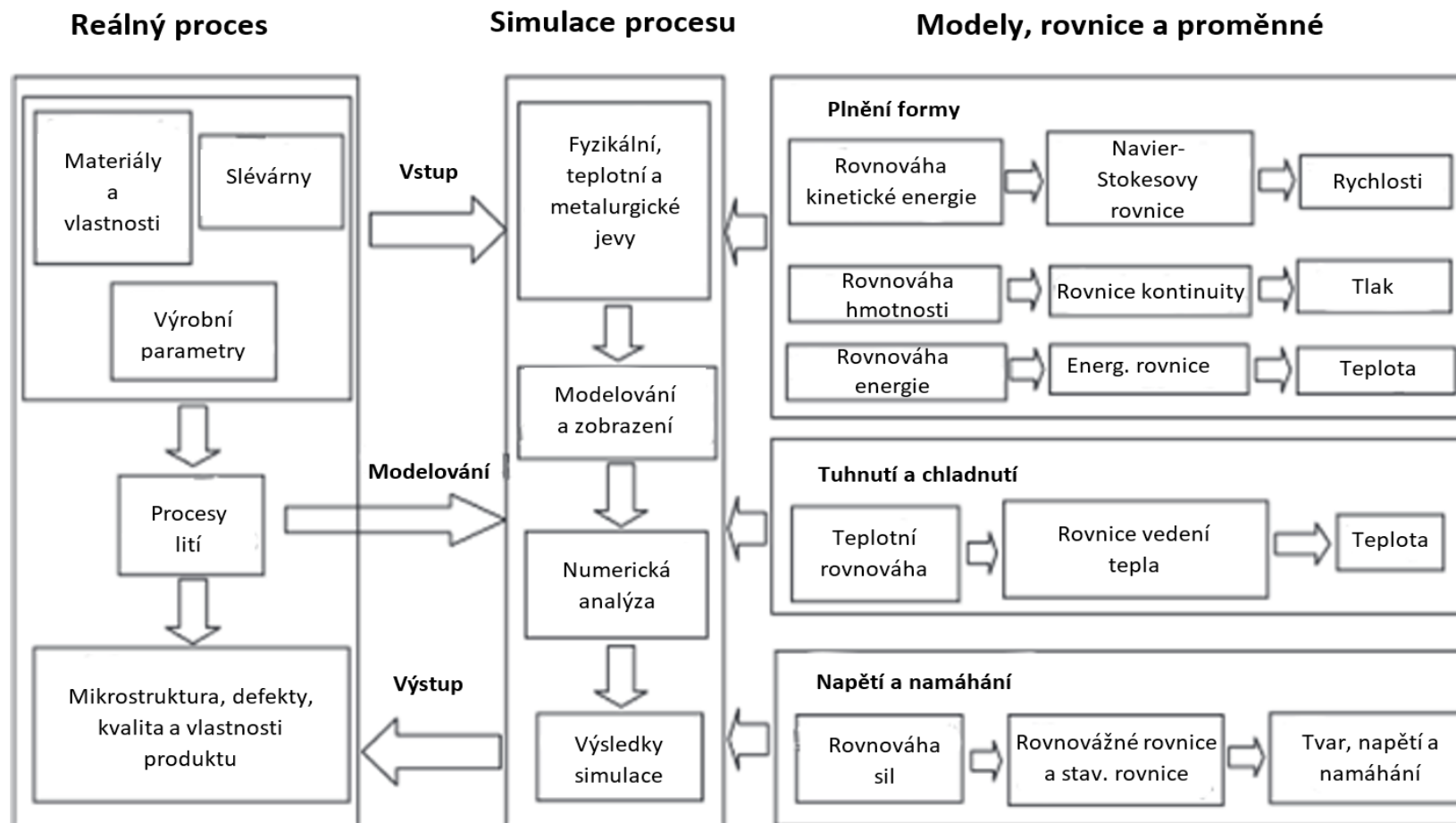


schéma z příspěvku autorů Fu, M.W a Yong, M.S. (2009) přehledně znázorňuje vazby mezi reálnými slévárenskými procesy a simulacemi

# Hlavní cíle aplikace numerických simulací ve slévárenské technologii

---

- ✓ ve schématu je také znázorněno základní rozdělení toho, co lze v oblasti slévárenství simulovat, které (stavové) rovnice jsou v rámci těchto modelů (oblastí) řešeny a které výstupní veličiny (proměnné) jsou především předmětem výpočtu
- ✓ pro výpočet plnění formy je třeba řešit otázky rovnováhy energetické a hmotnostní pomocí rovnic Navier-Skovesových, kontinuity a energetických a je znázorněno, k výpočtu kterých proměnných (veličin) tyto propočty vedou
- ✓ další dominantní oblastí je oblast tuhnutí a chladnutí odlitků s dominantní veličinou teplotou
- ✓ řešení třetí oblasti uvedené ve schématu jsou napětí a namáhání, má potenciál odhalit kritická místa odlitků či dokonce predikovat tvarové deformace
- ✓ ne všechny komerčně dostupná řešení numerických simulací umožňují simulovat všechny technologie výroby
- ✓ některé programy jsou také omezeny a neumožňují hlouběji studovat strukturu odlitků a s tím související napěťové stavy a tvarové deformace



# Hlavní cíle aplikace numerických simulací ve slévárenské technologii

- ✓ v běžné praxi se nejvíce setkáváme se simulacemi zaměřenými právě na průběh plnění a následně chladnutí a tuhnutí odlitků
- ✓ mezi nejšpičkovější profesionální řešení i z pohledu komplexnosti nabízených řešení patří MAGMASOFT a ProCAST

**MAGMA**

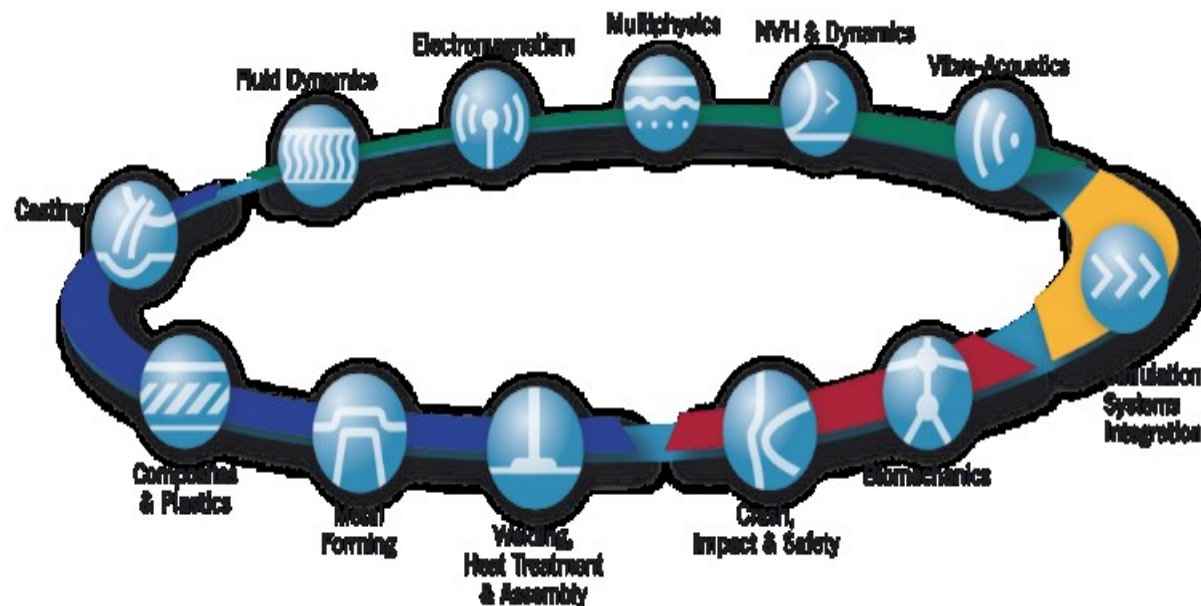
**MAGMASOFT®**

eSoftner



# Úvod do využití numerických simulací v prostředí ProCast

- ✓ společnost ESI Group, kterou v ČR zastupuje MECAS ESI s.r.o., je předním světovým tvůrce softwarů pro virtuální prototypování a dodavatelem souvisejících služeb
- ✓ ESI vyvinula soubor softwarových aplikací pro slévárenský průmysl, které umožňují zvýšit využití odlévaného kovu a snížit procento zmetkovitosti



# ProCAST – Software pro výpočet simulace ve slévárenství

---

- ✓ pokročilý nástroj, který je výsledkem více než 20 leté spolupráce s významnými průmyslovými partnery a akademickými institucemi po celém světě
- ✓ simulační software ProCAST je založen na metodě konečných prvků
- ✓ představuje komplexní analýzu slévárenských procesů, jako je gravitační lití do písku, tlakové lití, metoda LostFoam a další, a to pro všechny odlévaných materiálů
- ✓ program nabízí celkovou studii technologie od nalití kovu do formy – po konečné zchlazení odlitku
- ✓ výpočet umožňuje analyzovat proudění a ochlazování taveniny v průběhu zaplňování slévárenské formy, dále řeší problematiku přestupů tepla během tuhnutí a chlazení odlitků a v neposlední řadě nabízí výpočty mikrostruktury, napjatosti a deformací
- ✓ na základě provedených analýz umožňuje rovněž predikovat výskyt slévárenských vad typu zahlcený vzduch, studené spoje, trhliny a další

# Visual environment

---

*ProCast – pracuje v jednom prostředí, které je rozděleno:*

- ✓ **Visual – Mesh:** Načtení CAD souborů, následná oprava, tvorba assembly, intersection mezi objemy, tvorba 2D a 3D síť

*Doporučené formáty pro export dat do Visual -Mesh:*

**IGS, CATIA, Parasolids - \*.x\_t, \*.x\_b, UG NX, Pro/Engineer, STEP**

- ✓ **Visual – Cast:** Definice počátečních parametrů (materiály odlitků, formy, chladítka atd., přestupy tepla mezi objemy, teploty lití, rychlosti)

Volba simulačních parametrů – technologie lití, specifikace na konkrétní výpočet, spuštění samotné simulace

# Visual environment

---

✓ **Visual – Viewer:** Vizualizace výsledků, analýza, vytváření grafů, statických obrázků a videí

*Obecné: před spuštěním první simulace: kontrola nastavení tečky /control panel-  
regionadditional settings – decimal symbol =*

*Nepoužívat v názvech projektů: tečky, háčky, čárky a mezery.*

# Kontrolní otázky

---

1. Co si lze představit pod pojmem numerické simulace slévárenských procesů?
2. Jaké jsou hlavní výhody využití numerických simulací ve slévárenství?
3. Je nutné vždy pořizovat profesionální komerční řešení do každé slévárny?
4. Uveďte dvě nejkompexnější komerční řešení numerických simulací slévárenských procesů?
5. Co je to Visual environment v programu ProCast?

# Použitá literatura a zdroje

---

- ✓ [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://rahim-soft.com/esi-procast-2016-suite-free-download/>
- ✓ [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://kom-odlew.pl/aktualnosci/spotkanie-magmasoft-2017/>