

**Vysoká škola technická a ekonomická
v Českých Budějovicích**

Základy 3D simulace lití kovů a slitin

**Kontrolní test
Studijního programu Strojírenství**

**Ústav technicko-technologický
Environmentální výzkumné pracoviště**

1. Shrnutí problematiky slévárenských technologií zaměřených na ocelové a litinové odlitky

Klíčová slova

oceli, litiny, charakteristika, základní rozdělení litin, chemické složení litin, vliv prvků na mikrostrukturu, suroviny pro tavení litin, výroba odlitků, typy odlitků, modelové zařízení, druhy modelů, slévárenské formy, formovací směsi, vtoková soustava, vady odlitků

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je ve velmi základních rysech shrnout vybranou problematiku slévárenských technologií slitin železa.

Kontrolní otázky

1. Definujte rozdělení materiálů do skupin.
2. Uveďte charakteristiku ocelí.
3. Definujte základní rozdělení ocelí.
4. Uveďte charakteristiku litin.
5. Definujte základní rozdělení litin.
6. Uveďte klasifikaci prvků dle jejich vlivu na mikrostrukturu.
7. Charakterizujte vsázkový materiál představující surové železo.
8. Definujte vsázkový materiál ocelový odpad.
9. Uveďte, co je to vratný materiál a k čemu slouží při tavení litin.
10. Charakterizujte pojem zlomková litina.
11. Popište, k čemu slouží legury při výrobě litin.
12. Vyjmenujte vsázkové materiály při tavení litin.
13. Vysvětlete pojem slévárenství.
14. Co si představíte pod pojmem výroba modelového zařízení?
15. Definujte materiály pro modely a uveďte jejich přednosti a nedostatky.
16. Charakterizujte pojem slévárenská forma a uveďte základní typy.
17. Definujte složky formovacích směsí a popište jejich vlastnosti.
18. Charakterizujte vtokovou soustavu a popište jednotlivé části.
19. K čemu slouží zářez ve vtokové soustavě?
20. Vysvětlete výraz vada odlitku.
21. Definujte jednotlivé druhy vad odlitků.

Otázky a řešení kap. 1

1. Definujte rozdělení materiálů do skupin.
 - a) **Kovy, nekovové materiály, kompozity**
 - b) *Kovy, přírodní materiály, plasty*
 - c) *Oceli, litiny, ostatní kovy*

2. Uveďte charakteristiku ocelí
 - a) **slitina železa s uhlíkem do 2,14 hm. % a doprovodnými prvky (Mn, Si, P, S), které se dostaly do oceli při výrobě**
 - b) *slitina železa s uhlíkem, jehož obsah je větší než 2,14 %, a dalších prvků Si, Mn, P, S*
 - c) *slitina železa s uhlíkem vyloučeným ve formě grafitu (grafitické litiny), nebo cementitu (Fe_3C).*
 - d) *slitina železa s uhlíkem vyloučeným ve formě grafitu (grafitické litiny), nebo cementitu (Fe_3C).*

3. Definujte základní rozdělení ocelí.
 - a) **Nelegované, nízkolegované, vysoce legované**
 - b) *Nelegované, nízkolegované, tvárné*
 - c) *Legované, vysoce legované, velmi vysoce legované*

4. Uveďte charakteristiku litin.
 - a) **Slitina železa s $C > 2,14$ %, a dalších prvků (Si, Mn, P, S)**
 - b) *V podstatě odlité surové železo*
 - c) *Slitina železa s uhlíkem a vysokým podílem legujících prvků*

5. Definujte základní rozdělení litin.
 - a) **Šedá, tvárná, bílá, temperovaná, vermikulární**
 - b) *Černá, bílá, tvárná, legovaná, kuličková*
 - c) *Šedá, bílá, maková, tvárná, temperovaná*

6. Uveďte klasifikaci prvků dle jejich vlivu na mikrostrukturu.
 - a) **Primární, legující, karbidotvorné a perlitotvorné, nežádoucí, plyny**
 - b) *S vlivem na mikrostrukturu, bez vlivu na mikrostrukturu*
 - c) *Primární, sekundární, plyny*

7. Charakterizujte vsázkový materiál představující surové železo.
 - a) **Produkt zpracování železných rud ve vysoké peci**
 - b) *Vedlejší surovina z tavení na vysoké peci*
 - c) *Technicky čisté železo*

8. Definujte vsázkový materiál ocelový odpad.
- Druhotná surovina. Používá se ke snížení obsahu C a Si.***
 - Smišený spotřebitelský odpad, pro jeho použití je nutné oddělení případně se vyskytujícími neželeznými složkami.*
 - Vlastní technologický odpad slévárny, zvyšuje obsah síry a viskozitu strusky.*
9. Uveďte, co je to vratný materiál a k čemu slouží při tavení litin.
- Vlastní technologický odpad slévárny, zvyšuje obsah síry a viskozitu strusky, jeho podíl ve vsázce by neměl převyšovat 60 %.***
 - Smišený spotřebitelský odpad, pro jeho použití je nutné oddělení případně se vyskytujícími neželeznými složkami.*
 - Základní vsázkový materiál pro všechny typy litin.*
10. Charakterizujte pojem zlomková litina.
- Smišený spotřebitelský odpad, pro jeho použití je nutné oddělení případně se vyskytujícími neželeznými složkami.***
 - Vlastní technologický odpad slévárny, zvyšuje obsah síry a viskozitu strusky, jeho podíl ve vsázce by neměl převyšovat 60 %.*
 - Základní vsázkový materiál pro všechny typy litin.*
11. Popište, k čemu slouží legury při výrobě litin.
- Ke zvýšení obsahu prospěšných prvků v legovaných litinách.***
 - Ke zvýšení obsahu prospěšných plynů v litinách.*
 - Ke snížení obsahu C a Si v litinách*
12. Vyjmenujte vsázkové materiály při tavení litin.
- Surové železo, ocelový odpad, vratný materiál, zlomková litina, legury, nauhličovadla, očkovadla, modifikátory, struskotvorné přísady***
 - Ocel, ocelový odpad, vratný materiál, zlomková litina, legury*
 - Surové železo, ocelový odpad, vratný materiál, zlomková litina, legury, struskotvorné přísady*
13. Vysvětlete pojem slévárnoství kovů.
- Výroba tvarových kovových součástí odléváním do forem***
 - Výroba tvarových kovových součástí obráběním*
 - Výroba tvarových nekovových součástí odléváním do forem*
14. Co si představíte pod pojmem výroba modelového zařízení.
- Výroba zařízení ke zhotovení kompletní dutiny formy, včetně vtokové soustavy a odlitku***
 - Výroba pískové výplně formovacího rámu*
 - Výroba zařízení ke zhotovení dutiny odlitku*

15. Definujte materiály pro modely.
- Dřevo, litina s lupínkovým grafitem, různé typy pryskyřic*
 - Grafit, SiC, dřevo*
 - Bentonit, grafit, křemen*
16. Charakterizujte pojem slévárenská forma a uveďte základní typy.
- Produkt sloužící k odlévání odlitku. Základní typy – trvalé, polotrvalé, netrvalé*
 - Slouží k nalévání roztaveného kovu z pánve*
 - Zařízení ke zhotovení dutiny odlitku*
17. Definujte složky formovacích směsí a popište jejich vlastnosti.
- Ostřívo (50 až 98 % směsi) – žáruvzdorný zrnitý materiál, pojivo – zajišťuje vazbu zrn ostřiva*
 - Ostřívo (až 50 % směsi) – žáruvzdorný zrnitý materiál, pojivo – zajišťuje vazbu zrn ostřiva*
 - Ostřívo (10 až 20 % směsi) – zrnitý materiál, pojivo – zajišťuje vazbu zrn ostřiva*
18. Charakterizujte vtokovou soustavu a popište jednotlivé části.
- Systém kanálů a dutin ve formě, za účelem dopravy kovu do dutiny formy; základní části – licí jamka, vtokový kůl, odlučovač strusky, zářezy*
 - Systém kanálů a dutin ve formě, za účelem úpravy některých vlastností kovu; základní části – licí jamka, vtokový kůl, odlučovač strusky, zářezy.*
 - Systém kanálů a dutin ve formě, za účelem dopravy kovu do dutiny formy; základní části – licí jamka, licí kanály, odlučovač strusky, zářezy*
19. K čemu slouží zářez ve vtokové soustavě.
- Spojení odlučovače strusky s dutinou odlitku*
 - K nalévání roztaveného kovu z pánve*
 - K dopravě roztaveného kovu k odlučovači strusky*
20. Vysvětlete výraz vada odlitku.
- Konečný důsledek nedokonalých a zastaralých technologií, nekázně i nedodržování příslušných výrobních postupů ve slévárně.*
 - Mechanické poškození odlité součásti za jejího provozu*
 - Poškození vlivem nevhodné manipulace s odlitkem*
21. Definujte jednotlivé druhy vad odlitků.
- Odchylky od tvaru, rozměru a hmotnosti, vzhledu, celistvosti, struktury, chemického složení a vlastností odlitku.*
 - Vnější, vnitřní, tvarové*
 - Vnitřní, povrchové*

2. Shrnutí problematiky slévárenských technologií neželezných kovů

Klíčová slova

základní typy slitin neželezných kovů, slitiny hliníku, slitiny hořčíku, slitiny mědi, slitiny zinku, odlévání neželezných kovů, lití do netrvalých forem, lití do kovových forem, vady slitin neželezných kovů

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je shrnout základní informace z problematiky slévárenství neželezných slitin.

Kontrolní otázky

1. Charakterizujte základní typ hliníkových slitin.
2. Charakterizujte slévárenské slitiny typu Al-Si.
3. Uveďte a popište slévárenské slitiny typu Al-Cu.
4. Definujte slévárenské slitiny typu Al-Mg.
5. Uveďte aplikace ve strojírenské praxi následujících slitin typu Al-Si, Al-Cu a Al-Mg.
6. Charakterizujte slévárenské slitiny hořčíku.
7. Uveďte základní typy slévárenských slitin mědi.
8. Definujte slévárenské slitiny zinku.
9. Vyjmenujte technologie odlévání hliníkových slitin do netrvalých forem.
10. Popište princip technologie lití do pískových forem.
11. Uveďte a popište technologii lití do skořepinových forem.
12. Definujte technologie odlévání do kovových forem.
13. Uveďte princip technologie tlakového lití.
14. Charakterizujte a popište technologii nízkotlakého lití.
15. Charakterizujte zkoušky jakosti odlitků nejčastěji požadované zákazníky.
16. Definujte princip a účel impregnace odlitků.
17. Uveďte, k čemu je používána technologie o názvu izostatické lisování za tepla.
18. Definujte princip oprav zavařováním.

Otázky a řešení kap. 2

1. Charakterizujte základní typy hliníkových slitin.
 - a) *Al-Si, Al, Cu, Al-Mg*
 - b) *Al-Si, Al-Cu, Al-Mn*
 - c) *Al-Cu, Al-Mg, Al-Cr*
2. Charakterizujte slévárenské slitiny typu Al-Si.
 - a) *Obsah křemíku je vyšší než jeho maximální rozpustnost v tuhém roztoku*
 - b) *Obsah křemíku je roven jeho maximální rozpustnosti v tuhém roztoku*
 - c) *Obsah křemíku je nižší než jeho maximální rozpustnost v tuhém roztoku*
3. Popište slévárenské slitiny typu Al-Cu.
 - a) *Rozpustnost Cu max. 5,7 %, vytvrditelné s vysokou pevností, tažností a lomovou houževnatostí*
 - b) *Rozpustnost Cu max. 5,7 %, vytvrditelné s vysokou tvrdostí, pevností a lomovou houževnatostí*
 - c) *Rozpustnost Cu max. 5,7 %, vytvrditelné s vysokou tvrdostí, tažností a vrubovou houževnatostí*
4. Definujte slévárenské slitiny typu Al-Mg.
 - a) *S obsahem Mg 3, 5 a 9 %, s rostoucím obsahem Mg se zhoršují slévárenské vlastnosti*
 - b) *S obsahem Mg 3, 5 a 9 %, s rostoucím obsahem Mg se zlepšují slévárenské vlastnosti*
 - c) *S obsahem Mg 3, 5 a 9 %, s rostoucím obsahem Mg se zhoršují mechanické vlastnosti*
5. Uveďte aplikace ve strojírenské praxi následujících slitin typu Al-Si, Al-Cu a Al-Mg.
 - a) *Letecký a automobilový průmysl, součásti s nízkou hmotností apod.*
 - b) *Chemický průmysl, potravinářství*
 - c) *Stavebnictví*
6. Charakterizujte slévárenské slitiny hořčíku.
 - a) *Převážně slitiny Mg-Al s nízkou hmotností, rostoucí obsah Al zlepšuje zabíhavost*
 - b) *Převážně slitiny Mg-Cu s nízkou hmotností, rostoucí obsah Cu zlepšuje zabíhavost*
 - c) *Převážně slitiny Mg-Ni s nízkou hmotností, rostoucí obsah Ni zlepšuje zabíhavost*
7. Uveďte základní typy slévárenských slitin mědi.
 - a) *Bronz, mosaz*
 - b) *Inconel, Zamak*
 - c) *Dural, Woodův kov*

8. Definujte slévárenské slitiny zinku.
- Hlavní přísadový prvek Al; vysoká pevnost v tahu a houževnatost, dobrá tvařitelnost, schopnost tlumit vibrace, odolnost proti korozi**
 - Hlavní přísadový prvek Cu; nízká pevnost v tahu a houževnatost, dobrá tvařitelnost, schopnost tlumit vibrace, odolnost proti korozi
 - Hlavní přísadový prvek Mg; vysoká pevnost v tahu a houževnatost, nízká tvařitelnost, schopnost tlumit vibrace, odolnost proti korozi
9. Vyjmenujte technologie odlévání hliníkových slitin do netrvalých forem.
- Odlévání do pískových forem a skořepinových forem**
 - Odlévání do kovových forem, tlakové lití
 - Odlévání do kokil, plynulé odlévání
10. Popište technologii odlévání do pískových forem.
- Odlévání do dvoudílné formy, upěchované z písku**
 - Odlévání do kovové formy pod tlakem
 - Odlévání do skořepinové formy
11. Popište technologii lití do skořepinových forem.
- Odlévání do skořepinové formy**
 - Odlévání do dvoudílné formy, upěchované z písku
 - Odlévání do kovové formy pod tlakem
12. Vyberte technologie odlévání odlitků do kovových forem.
- Gravitační lití, tlakové lití, nízkotlaké lití**
 - Lití do skořepinových forem, lití na vytavitelný model
 - Lití do kokil, plynulé odlévání
13. Uveďte princip technologie tlakového lití.
- Vstřikování roztavené slitiny do formy pod vysokým tlakem**
 - Odlévání do kovové formy přes trubici ponořenou v lázni zvýšením tlaku nad hladinou
 - Vstřikování roztavené slitiny do formy pod nízkým tlakem
14. Charakterizujte a popište technologii nízkotlakého lití.
- Odlévání do kovové formy přes trubici ponořenou v lázni zvýšením tlaku nad hladinou**
 - Vstřikování roztavené slitiny do formy pod nízkým tlakem
 - Odlévání do skořepinové formy

15. Vyjmenujte zkoušky jakosti odlitků nejčastěji požadované zákazníky.
- a) **Rozměrová kontrola, zkoušky struktury, mechanických a fyzikálních vlastností, penetrační zkoušky, zkoušky těsnosti, nedestruktivní kontrola**
 - b) *Zkoušky mechanických a technologických vlastností, penetrační zkoušky, zkoušky těsnosti, odolnost proti korozi*
 - c) *Rozměrová kontrola, zkoušky struktury, penetrační zkoušky, zkoušky těsnosti, nedestruktivní kontrola, odolnost proti kyselinám a louhům*
16. Definujte princip a účel impregnace odlitků.
- a) **Zabezpečení těsnosti odlitků vůči průniku tlakových médií**
 - b) *Odstranění lokálních povrchových vad nebo defektů tvaru navařováním materiálu na kritické místo*
 - c) *Odstranění dutin a zvýšení mechanických a únavových vlastností*
17. Uveďte, k čemu je používána technologie o názvu izostatické lisování za tepla.
- a) **Odstranění dutin a zvýšení mechanických a únavových vlastností**
 - b) *Zabezpečuje těsnost odlitků vůči průniku tlakových médií*
 - c) *Odstranění lokálních povrchových vad nebo defektů tvaru navařováním materiálu na kritické místo*
18. Definujte princip oprav zavařováním.
- a) **Odstranění lokálních povrchových vad nebo defektů tvaru navařováním materiálu na kritické místo**
 - b) *Odstranění dutin a zvýšení mechanických a únavových vlastností*
 - c) *Zabezpečení těsnosti odlitků vůči průniku tlakových médií*

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

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.

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 nejkompaktnější komerční řešení numerických simulací slévárenských procesů?
5. Co je to Visual environment v programu ProCast?

Otázky a řešení kap. 3

1. Co si lze představit pod pojmem numerické simulace slévárenských procesů?
 - a) **Návrh a ověření technologie výroby bez nutnosti výroby fyzického odlitku.**
 - b) *Nutnost investice do špičkové výpočetní techniky.*
 - c) *Prodloužení výrobního procesu odlitku.*
2. Jaké jsou hlavní výhody využití numerických simulací ve slévárenství?
 - a) **Návrh a ověření technologie výroby v relativně krátkém čase bez nutnosti výroby fyzického odlitku.**
 - b) *Možnost investovat do profesionálního výpočetního produktu, který vyžaduje vyškolenou obsluhu.*
 - c) *Numerické simulace nepřináší slévárnám žádné výhody.*
3. Je nutné vždy pořizovat profesionální komerční řešení do každé slévárny?
 - a) **Ne, u menšího počtu projektů se dají simulační programy sdílet s jinými firmami nebo zadávat řešení externě.**
 - b) *Ano, vždy.*
 - c) *Ne, u společností s malým počtem zaměstnanců se simulační programy nikdy nepořizují.*
4. Uveďte dvě nejkompexnější komerční řešení numerických simulací slévárenských procesů.
 - a) **MAGMASOFT a ProCAST**
 - b) *ANSYS Fluent a ProCAST*
 - c) *MAGMASOFT a ProNUM*
5. Co je to Visual Environment v programu ProCAST?
 - a) **prostředí, ve kterém program pracuje**
 - b) *funkce načtení CAD souborů*
 - c) *volba simulačních parametrů*

4. Výběr konkrétní úlohy, její definování a zahájení tvorby geometrie v CAD prostředí

Klíčová slova

CAD soubory, Visual Mesh, panel nástrojů, oprava geometrie, tvorba plochy, assembly, intersection

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je studenta uvést do problematiky práce v části SW ProCast zvané Visual Mesh, kde dochází k importu a editaci původních CAD souborů představujících uspořádání licí soustavy, kterou chceme pomocí SW ProCast simulovat.

Kontrolní otázky

1. Uveďte, jaké kroky je třeba dodržet při načítání geometrie do preprocesoru Visual-Mesh.
2. Popište dostupné možnosti zobrazení geometrie (Views) v programu Visual-Mesh.
3. Je možné v prostředí Visual-Mesh volit výběr konkrétních entit (např. plocha, součást apod.)? Pokud ano, vysvětlete, jakým způsobem.
4. Z jakého důvodu se po načtení provádí kontrola geometrie?
5. Poskytuje prostředí Visual-Mesh možnost automatické opravy geometrie?
6. Popište způsob tvorby tvarově složité plochy pomocí funkce Blend.
7. Charakterizujte způsoby napojení objemů v prostředí Visual-Mesh.
8. Vysvětlete princip funkce Assembly.

Otázky a řešení kap. 4

1. Uveďte, jaké kroky je třeba dodržet při načítání geometrie do preprocesoru Visual-Mesh.
 - a) **Deaktivovat Across Parts, přidávat objemy pomocí Appends**
 - b) *Aktivovat Across Parts, přidávat objemy pomocí Appends*
 - c) *Aktivovat Across Parts, nikdy nepoužívat funkci Appends pro přidávání objemů*
2. Popište dostupné možnosti zobrazení geometrie (Views) v programu Visual-Mesh.
 - a) **Drátový režim, zobrazení ploch, síťový model.**
 - b) *Průhledný režim (visibility), barevný režim*
 - c) *Inverzní režim, drátový režim, režim plochy*
3. Je možné v prostředí Visual-Mesh volit výběr konkrétních entit (např. plocha, součást apod.)?
 - a) **Ano, pomocí dialogového boxu SELECTION.**
 - b) *Ano, pomocí dialogového boxu VISIBILITY.*
 - c) *Ve Visual-Mesh se pracuje se sestavou jako celkem, nelze vybírat konkrétní entity.*
4. Z jakého důvodu se po načtení provádí kontrola geometrie?
 - a) **Kvůli případným chybám v geometrii, které by posléze mohly ovlivnit průběh síťování i samotného výpočtu.**
 - b) *Kontrola geometrie je pouze preventivní krok a pro další řešení není důležitá.*
 - c) *Kontrola geometrie se neprovádí.*
5. Poskytuje prostředí Visual-Mesh možnost automatické opravy geometrie?
 - a) **ANO**
 - b) **NE**
6. Popište způsob tvorby tvarově složité plochy pomocí funkce Blend.
 - a) **Vyplněním vybraných hraničních křivek.**
 - b) *Doplněním objemu*
 - c) *Zadáním souřadnic konkrétních hraničních bodů*
7. Charakterizujte způsoby napojení objemů v prostředí Visual-Mesh.
 - a) **Vytvořením, případně vymazáním plochy, nebo pomocí Intersection.**
 - b) *Napojení objemů probíhá automaticky při importu geometrie.*
 - c) *Pro práci ve Visual-Mesh není potřeba objemy napojovat.*

8. Vysvětlete princip funkce Intersection.
- a) *Detekce oblastí v místě průtnutí dvou objemů a jejich napojení.*
 - b) *Detekce oblastí v místě průtnutí dvou objemů a jejich spojení do jednoho tělesa.*
 - c) *Rozdělení jednoho tělesa na více objemů.*

5. Dokončení geometrie vybrané úlohy v CAD prostředí

Klíčová slova

k záložka GEOMETRY, tvorba formy, přepočítání objemů

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je dokončit v předcházejícím kroku zahájenou tvorbu geometrie v prostředí Visual Mesh programu ProCAST.

Kontrolní otázky

1. Jaké úpravy geometrie je potřeba provést před započítáním tvorby výpočetní sítě?
2. K jakému účelu slouží funkce Split a Trim?
3. Popište způsob tvorby formy v programu ProCAST.
4. Z jakého důvodu je potřebná dodatečná tvorba geometrie formy?
5. Vysvětlete účel funkce Compute Volumes.
6. Lze při úpravě geometrie mazat přebytečné plochy?

Otázky a řešení kap. 5

1. Jaké úpravy geometrie je potřeba provést před započítáním tvorby výpočetní sítě?
 - a) **Provést kontrolu a případně zjednodušení geometrie, správně napojit objemy a vytvořit virtuální formu.**
 - b) *Pokud je geometrie správně vytvořena v CADu, není potřeba provádět kontrolu.*
 - c) *Ověřit rozměry geometrie a případně přizpůsobit požadované velikosti elementu výpočetní sítě.*
2. K jakému účelu slouží funkce Split a Trim?
 - a) **SPLIT – rozříznout plochu, TRIM – dokreslit plochu**
 - b) *SPLIT – zaoblit plochu, TRIM – rozříznout plochu*
 - c) *SPLIT – dokreslit plochu, TRIM – rozříznout plochu*
3. Popište způsob tvorby formy v programu ProCAST.
 - a) **Pomocí Basic Shapes (BOX) nebo funkce Virtual Mold.**
 - b) *Pomocí náčrtu.*
 - c) *Forma musí být vytvořena v externím programu.*
4. Z jakého důvodu je potřebná tvorba geometrie formy?
 - a) **Kvůli správné definici výpočtu**
 - b) *Kvůli změně objemů*
 - c) *Kvůli tvorbě výpočetní sítě*
5. Vysvětlete účel funkce Compute Volumes.
 - a) **Přepočítá objemy podle opravené geometrie**
 - b) *Automaticky domodeluje potřebné chybějící objemy.*
 - c) *K vytvoření formy*
6. Lze při úpravě geometrie mazat přebytečné plochy?
 - a) **Ano**
 - b) *Ne*

6. Generování sítě vybrané úlohy a její vyhlazování

Klíčová slova

2D síť, kontrola 2D sítě, 3D síť, kontrola 3D sítě

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je sestavení bezchybné 2D sítě a v ní ve finále vytvoření kvalitní 3D sítě umožňující co možná nejefektivnější průběh výpočtu pomocí řešičů programu ProCAST.

Kontrolní otázky

1. Charakterizujte pojem 2D výpočetní síť.
2. Charakterizujte pojem 3D výpočetní síť.
3. Jaká kritéria je potřeba dodržet při tvorbě povrchové sítě?
4. Čím se řídí volba velikosti výpočetního elementu?
5. Poskytuje program ProCAST možnost automatické opravy chybné sítě?
6. Kterými parametry se řídí kontrola sítě?

Otázky a řešení kap. 6

1. Charakterizujte pojem 2D výpočetní síť.
 - a) **Povrchová výpočetní síť**
 - b) *Objemová výpočetní síť*
2. Charakterizujte pojem 3D výpočetní síť.
 - a) **Objemová výpočetní síť**
 - b) *Povrchová výpočetní síť*
3. Jaká kritéria je potřeba dodržet při tvorbě povrchové sítě?
 - a) **Minimální velikost elementu dle nejmenšího detailu, 3 elementy na tloušťku stěny, vytvořit postupný přechod z jemné do hrubé sítě.**
 - b) *5 elementů na tloušťku stěny, vytvořit postupný přechod z jemné do hrubé sítě.*
 - c) *Nejprve síťovat rozsáhlé plochy, dle kterých se volí velikost elementu.*
4. Čím se řídí volba velikosti výpočetního elementu?
 - a) **Velikostí nejmenšího detailu, který chceme zachovat.**
 - b) *Velikostí největší plochy, která se nachází na geometrii.*
 - c) *Velikost výpočetního elementu se volí intuitivně, na základě zkušenosti uživatele.*
5. Poskytuje program ProCAST možnost automatické opravy chybné sítě?
 - a) **Ano**
 - b) *Ne*
6. Co je účelem kontroly 2D a 3D sítě?
 - a) **Detekovat elementy, které nemají tvar odpovídající požadovaným kritériím.**
 - b) *Detekovat elementy, které neodpovídají požadavkům na velikost.*
 - c) *Detekovat chybějící elementy sítě.*

7. Definice vstupů, výstupů, stěn modelované oblasti a import do simulačního software

Klíčová slova

VISUAL – CAST, WORKFLOW, gravitace, definice objemů, solidifikace, přestup tepla, plnění

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je zahájit práce související s přípravou spuštění vlastní simulace procesu lití sestavy, jejíž síť byla vygenerována v předchozím kroku.

Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte jednotlivé kroky nastavení simulace odlévání odlitku.
2. Jaký typ technologie odlévání představuje řešená úloha?
3. Jakou důležitou podmínku procesu definujeme jako první v prostředí VisualCAST?
4. Interface HTC – vyjmenujte 3 složky přestupu tepla.
5. Jak definujeme vstup kovu do formy?

Otázky a řešení kap. 7

1. Vyjmenujte jednotlivé kroky nastavení simulace odlévání odlitku.
 - a) **Určení gravitačního vektoru, přiřazení materiálů a teplot, definice přestupů tepla a okrajových podmínek, nastavení parametrů výpočtu.**
 - b) *Přiřazení materiálů a teplot, definice přestupů tepla a okrajových podmínek, nastavení parametrů výpočtu.*
 - c) *Určení gravitačního vektoru, tvorba sítě, přiřazení materiálů a teplot, definice přestupů tepla a okrajových podmínek, nastavení parametrů výpočtu.*

2. Jaký typ technologie odlévání představuje řešená úloha?
 - a) **Gravitační lití do pískové formy**
 - b) *Tlakové lití*
 - c) *Gravitační lití do kovové formy*

3. Jakou důležitou podmínku procesu definujeme jako první v prostředí VisualCAST?
 - a) **Gravitační vektor**
 - b) *Způsob přestupu tepla*
 - c) *Materiály licí sestavy*

4. Vyjmenujte 3 podmínky přestupu tepla, definované na stěnách.
 - a) *Ekvivalentní, koincidentní, nekoincidentní*

5. Jak definujeme vstup kovu do formy?
 - b) **Pomocí definice Inlet**
 - c) *Pomocí ekvivalentní podmínky*
 - d) *Na základě rozdílu tlaků ve formě a v jejím okolí*

8. Volba typů modelů, specifikace fyzikálních vlastností, definování okrajových podmínek

Klíčová slova

simulační parametry, podmínka VELOCITY, podmínka FILTR, podmínka HEAT, podmínka SYMMETRY, karta materiálu

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je pokračovat v přípravách na spuštění vlastní simulace navrhnuté úlohy.

Kontrolní otázky

1. Které parametry lze například ovlivnit nastavením okrajových podmínek?
2. Jaká podmínka řeší přestup tepla z formy do okolního prostředí?
3. Popište způsoby, jakými lze definovat rychlost plnění formy.
4. Čeho můžeme dosáhnout výběrem podmínky Flow Colored Path?
5. K čemu slouží funkce „DATA CHECK“?
6. Proč se do numerických simulací plnění a tuhnutí zahrnuje také vliv vedlejší formy přes podmínku symetrie?
7. Které parametry lze nastavit na kartě materiálu?
8. Z jakého důvodu hraje při numerických simulacích velmi významnou roli viskozita materiálu?

Otázky a řešení kap. 8

1. Které parametry lze například ovlivnit nastavením okrajových podmínek?
 - a) **Všechny výsledky výpočtu**
 - b) Kvalitu sítě
 - c) Výpočetní čas

2. Jaká podmínka řeší přestup tepla z formy do okolního prostředí?
 - a) **HEAT**
 - b) EQUIV
 - c) INLET

3. Popište způsoby, jakými lze definovat rychlost plnění formy.
 - a) **Pomocí podmínek ze skupiny Fluid Flow**
 - b) Pomocí podmínek ze skupiny Thermal
 - c) Pomocí podmínek ze skupiny Interface

4. Čeho můžeme dosáhnout výběrem podmínky Flow Colored Path?
 - a) **Vizualizace proudění jednotlivými zářezy (odlišeno barevně)**
 - b) Trasovací částice
 - c) Zobrazení vektorů

5. K čemu slouží funkce „DATA CHECK“?
 - a) **Kontrola nastavení výpočtu před spuštěním**
 - b) Kontrola dat
 - c) Ověření kvality výpočetní sítě

6. Proč se do numerických simulací plnění a tuhnutí zahrnuje také vliv vedlejší formy přes podmínku symetrie?
 - a) **Kvůli zahrnutí sálání tepla z okolních forem**
 - b) Kvůli deformaci formy
 - c) Kvůli výpočtu sekvence plnění několika forem

7. Které parametry lze nastavit na kartě materiálu?
 - a) **Chemické složení, termofyzikální vlastnosti, napět'ové charakteristiky**
 - b) Typ materiálu, chemické složení, okrajové podmínky
 - c) Typ materiálu, chemické složení, teplota, objem

9. Vlastní numerické řešení ukončené dosažením konvergence

Klíčová slova

start simulace, simulační parametry, předdefinované parametry, stress analýza, mikro analýza, kontrola dat simulace, spuštění simulace

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je dokončit přípravy na spuštění vlastní simulace zadané úlohy.

Kontrolní otázky

1. Vysvětlete pojem stop kritérium.
2. Definujte parametr TSTOP.
3. Definujte parametr DTMAX.
4. Jaké parametry lze nastavit na kartě THERMAL?
5. Pomocí kterého parametru se definuje velikost časového kroku pro zápis výsledků rychlosti odlévání?
6. Kterými dalšími typy výpočtů lze navázat na výpočet plnění a tuhnutí odlitku?
7. Jakým způsobem se provádí aktivace modulu pro výpočet napětí?

Otázky a řešení kap. 9

1. Vysvětlete pojem stop kritérium.
 - a) **Kritérium definující automatické ukončení simulace.**
 - b) *Kritérium definující automatické ukončení výpočtu proudění.*
 - c) *Kritérium definující automatické ukončení výpočtu tuhnutí.*
2. Definujte parametr TSTOP.
 - a) **Automatické ukončení simulace při dosažení požadované teploty.**
 - b) *Automatické ukončení simulace při dosažení definovaného času.*
 - c) *Automatické ukončení simulace při dosažení definovaného počtu časových kroků.*
3. Definujte parametr DTMAX.
 - a) **Určuje maximální velikost časového kroku.**
 - b) *Určuje maximální změnu teploty mezi dvěma časovými kroky.*
 - c) *Určuje maximální dobu, po kterou může běžet výpočet.*
4. Jaké parametry lze nastavit na kartě THERMAL?
 - a) **Parametry ovlivňující průběh výpočtu tuhnutí.**
 - b) *Parametry ovlivňující průběh výpočtu plnění.*
 - c) *Obecné parametry simulace.*
5. Pomocí kterého parametru se definuje velikost časového kroku pro zápis výsledků rychlosti odlévání?
 - a) **VFREQ**
 - b) *TFREQ*
 - c) *DT*
6. Kterými dalšími typy výpočtů lze navázat na výpočet plnění a tuhnutí odlitku?
 - a) **Výpočtem napětí a mikrostruktury**
 - b) *Výpočtem turbulence*
 - c) *Výpočtem radiace*
7. Jakým způsobem se provádí aktivace výpočtu napětí?
 - a) **Aktivací Stress modulu na kartě Simulation Parameters**
 - b) *Aktivací Stress modulu na kartě Process Condition Manager*
 - c) *Aktivací Stress modulu na kartě Volume Manager*

10. Vizualizace výstupu 3D simulování vybrané úlohy

Klíčová slova

VISUAL-VIEWER, panel nástrojů, kategorie výsledků, nástroj animace, ukládání výstupů vizualizace, úprava škály, řezy, CUT OFF

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je studenty seznámit se základy práce s prostředím VISUAL-VIEWER, které slouží k analýze výsledků realizovaných simulací programu ProCAST.

Kontrolní otázky

1. Jaký formát souboru je možné načíst do programu Visual-Viewer.
2. K čemu slouží funkce Slice
3. K čemu slouží funkce Cut Off?
4. Jmenujte hlavní tři způsoby zobrazení výsledků.
5. Jaké výsledky obsahuje kategorie „THERMAL“?
6. Jakým způsobem lze zobrazit tepelné uzly v odlitku?

Otázky a řešení kap. 10

1. Jaký formát souboru je možné načíst do programu Visual-Viewer?
 - a) ***g.unf***
 - b) *.vdb*
 - c) *.igs*

2. K čemu slouží funkce Slice?
 - a) ***Zobrazení výsledků na řezu v definované rovině***
 - b) *Zobrazení výsledků na řezu v ose geometrie*
 - c) *Omezení zobrazených hodnot*

3. K čemu slouží funkce Cut Off?
 - a) ***„omezení“ zobrazených hodnot***
 - b) *Ořezání geometrie*
 - c) *Vymazání části výsledků*

4. Jmenujte hlavní tři způsoby zobrazení výsledků.
 - a) ***Snapshot, Slice, Cut Off***

5. Jaké výsledky obsahuje kategorie „THERMAL“?
 - a) ***Výsledky týkající se tuhnutí a přestupu tepla***
 - b) *Výsledky plnění*
 - c) *Výsledky výpočtu napětí*

6. Jakým způsobem lze zobrazit tepelné uzly v odlitku?
 - a. ***Pomocí Fraction Solid a Solidification Time***
 - b. *Pomocí Fraction Solid a Niyama Criterion*
 - c. *Pomocí Time to Solidus a Total Shrinkage Porosity*

11. Vyhodnocování výstupů, tvorba technologické výstupní sestavy, kvantifikace

Klíčová slova

snapshot, slice, teplotní pole, fluid velocity, fraction solid, solidification time, shrinkage porosity

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je, na základě v předcházející kapitole prezentovanému způsobu práce v prostředí Visual-Viewer s konkrétními příklady vytvořené technologické výstupní sestavy, realizovat vlastní hodnocení výstupů simulace slévárenských procesů.

Kontrolní otázky

1. Popište, co vyjadřuje výsledek „Shrinkage porosity“.
2. Jak zobrazit místa odlitku, kde má proud při plnění formy největší rychlost?
3. Popište způsob vytvoření křivky závislosti teploty na čase pro vybraný bod odlitku.

Otázky a řešení kap. 11

1. Popište, co vyjadřuje výsledek „Shrinkage porosity“.
 - a) **Zobrazí vady v materiálu vzniklé v důsledku jeho smršťování (staženina, porezita)**
 - b) Zobrazí procentuální zmenšení objemu materiálu v důsledku jeho smrštění.
 - c) Zobrazí celkový úbytek materiálu v procentech

2. Jak zobrazit místa odlitku, kde má proud při plnění formy největší rychlost?
 - a) **Přes výsledky *Fluid Velocity* omezením hodnot, úpravou stupnice, případně pomocí rychlostních vektorů.**
 - a) Přes výsledky *Velocity Magnitude* omezením hodnot, úpravou stupnice, pomocí rychlostních vektorů.
 - b) Přes výsledky *Filling* omezením hodnot, úpravou stupnice, pomocí rychlostních vektorů.

3. Je možné kombinovat zobrazení *Slice* s vektory rychlosti?
 - a) **Ano**
 - b) Ne

12. Grafická interpretace výsledků numerické simulace

Klíčová slova

Visual-Viewer, hodnocení výsledků simulací, PowerPoint

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je samostatná práce studentů nad dokončením zadaných úloh numerických simulací s možností konzultace kritických míst hodnocení s vyučujícím.

Kontrolní otázky

Nejsou relevantní

13. Prezentace výsledků 3D simulace vybrané úlohy z oblasti lití kovů a slitin a finální implementační doporučení

Klíčová slova

ProCast, Visual-Viewer, PowerPoint, prezentace výsledků, návrh implementace

Cíle kapitoly

Cílem kapitoly je umožnit studentům prezentovat výsledky zadaných úloh z oblasti numerických simulací slévárenských procesů a doporučit implementaci výsledků do provozní praxe.

Kontrolní otázky

Nejsou relevantní