INSTRUKCJA
OBSŁUGI PROGRAMU NOVAFLOWSOLID (NFS)

Opracował: dr hab. inż. Piotr Mikołajczak, ZO WIM PP **www.iFlowFePhase.info**
Instrukcja dedykowana dla studentów korzystających z programu „NovaFlow&Solid" i uczestniczących m.in. w zajęciach laboratoryjnych z przedmiotu „Metalurgia i odlewnictwo".

Celem tej instrukcji jest zaznajomienie z komendami i parametrami stosowanymi w programie NFS w celu przeprowadzenia symulacji odlewania (zalewania i krzepnięcia).

Instrukcja zawiera szczegółowe informacje na temat poszczególnych komend, operacji, parametrów i ustawień. Stanowi główną część opisu programu i jest drugim krokiem (po instrukcji „Fast-Short") pomocnym w opanowaniu obsługi NFS.
Również w Pomocy programu NFS można znaleźć szereg szczegółowych informacji.

Na rysunkach (w poszczególnych oknach komend) podano wartości parametrów, które należy wstawić aby przeprowadzić symulację.
Symulację przewidzianą w ramach laboratorium (do wykonania sprawozdania) należy prowadzić ponadto wg wytycznych przekazanych przez prowadzącego zajęcia.

Instrukcja wykonania symulacji przy podstawowych wartościach parametrów. Postępuj zgodnie z kolejnością rysunków i zgodnie z numeracją czynności.

1. Program NovaFlow&Solid

Uruchomienie programu
Przesłany katalog „**NflowSDEMO28**" zawiera oprogramowanie. Wystarczy przekopiować katalog na komputer, bez procedury instalacyjnej, w katalogu tym uruchamiamy plik NovaFlow.exe i startujemy program główny.

NFS to program do zastosowania w odlewniach dla projektowania i optymalizacji koncepcji technologicznej.
Wersja użytkowana programu „NflowSDEMO28" (w skrócie nazywany dalej **NFS**) jest wersją demonstracyjną której ograniczenie w stosunku do wersji pełnej polega na możliwości symulowania jedynie geometrii odlewów zawartych w tej wersji.

W programie NFS pracuje się w **modułach** wyznaczonych **zakładkami u góry pulpitu**, te moduły to np. Database, 3D Import, Initial settings.

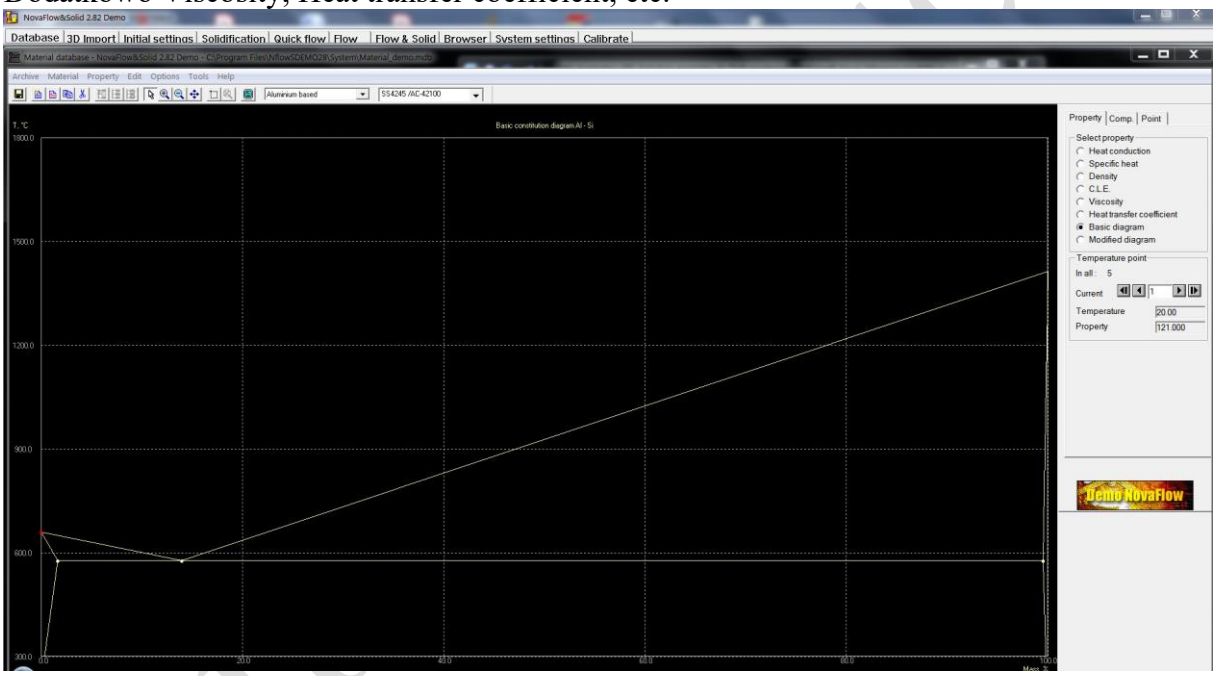
Studenci w swych symulacjach zasadniczo pracują w **modułach**: **Initial setting** (ustawienie początkowe), **FlowSolid** (Flow – przepływ/wypełnianie formy i Solidification - krzepnięcie) oraz **Browser** (przeglądarka wyników symulacji).

Piotr Mikołajczak

2. Database

Moduł Database zawiera bazę materiałów stosowanych w symulacji, baza ta odzwierciedla rzeczywiste materiały stosowane na odlewy i elementy formy. Grupa ta to tzw. warunki fizyczne.

Po uruchomieniu modułu Database pojawia się wykres (Rys. 1) przedstawiający wielkości fizyczne w funkcji temperatury. W listwie rozwijanej (początkowo ustawionej/wybranej na „Mould materials”) wybierać można grupy materiałów jak „Carbon steels” (staliwa węglowe), „Gray cast iron” (żeliwo szare), …, „Mould materials” (materiały formy). W każdej z tych grup wybrać można konkretny gatunek staliwa lub żeliwa, np. dla „Aluminium based” (stopy aluminium z krzemem AlSi) można wybrać stop oznaczony SS4245/AC-42100. Każdy z wybranych materiałów scharakteryzowany jest zestawem danych fizycznych wymaganych do przeprowadzenia obliczeń. Te dane (wylistowane po prawej stronie w zakładce Property, Rys. 1) to Heat conduction (przewodność cieplna), Specific heat (ciepło właściwe), Density. Są to dane wymagane do rozwiązania m.in. równania Fourier-Kirchhoffa. Dodatkowo Viscosity, Heat transfer coefficient, etc.



Rys. 1.

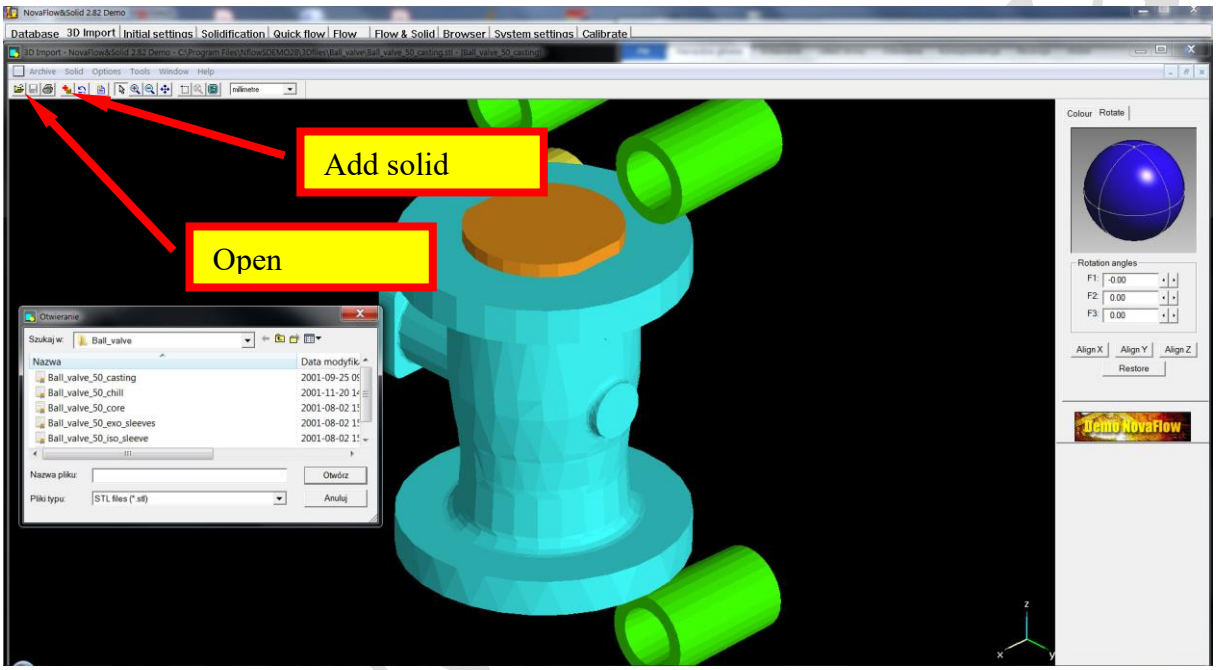
Wartości danych fizycznych (np. Density) są podane jako zmienne z temperaturą, w funkcji temperatury. Układ równowagi fazowej (np. żelazo-węgiel, aluminium-krzem) podane w funkcji składu chemicznego zawartości składników.
Zakładka „Composition” przedstawia procentowo zawartość składników w stopie.
Zakładka „Point” przedstawia opis wykresu układu równowagi fazowej z jego charakterystycznymi punktami, np. położenie punktu eutektycznego.

W „Data bases” można korzystać z istniejących w bazie materiałów, wprowadzać nowe swoje materiały lub modyfikować istniejące. Do tego wykorzystuje się ikony w górnej lewej części pulpitu: „New material”, Change material”, „Add point”, etc.

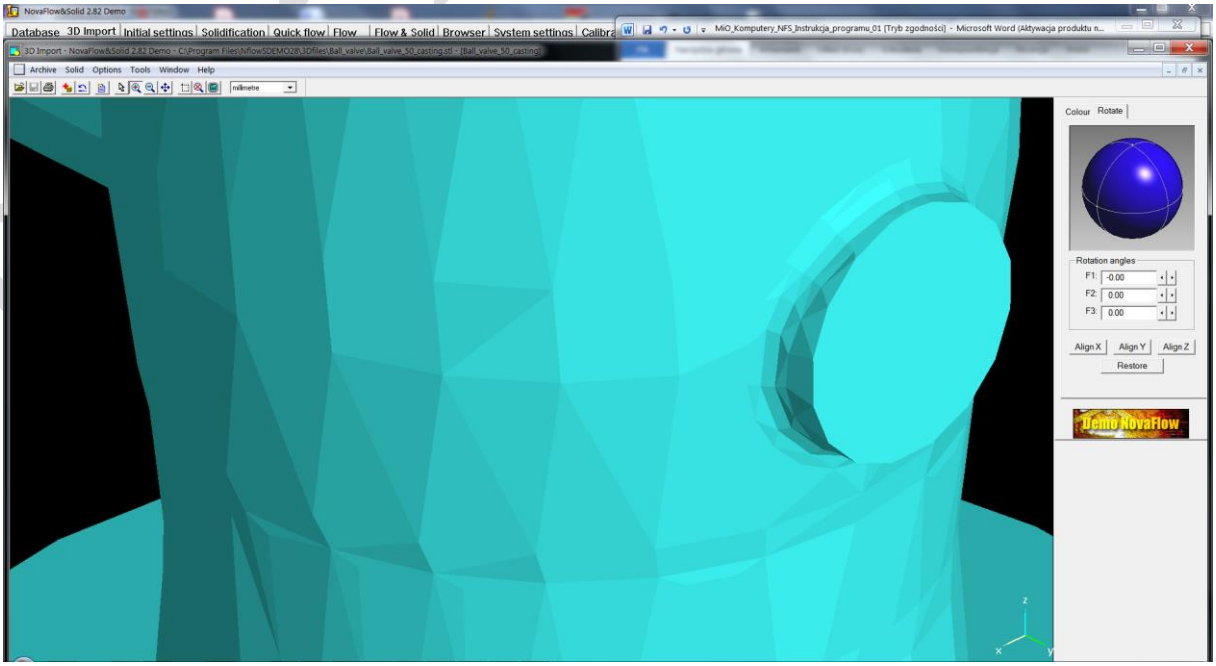
Studenci w swych symulacjach zasadniczo pracują w modułach: Initial setting (ustawienie początkowe), FlowSolid (Flow – przepływ/wypełnianie formy i Solidification - krzepnięcie) oraz Browser (przeglądarka wyników symulacji). Dodatkowo zostanie przedstawiony moduł „3D Import”.

3. 3D Import

Moduł 3D Import umożliwia import geometrii odlewu, układu wlewowego, formy, rdzenia, Grupa ta to tzw. warunki geometryczne.
Importować można geometrie w formacie STL, poprzez komendę Open, a następnie dodawanie kolejnych części geometrii, kolejnych brył komendą Add solid (Rys. 2a i b).
W module tym po imporcie dokonuje się zapisu geometrii w wewnętrznym formacie NFS. Komenda ta, Save jest nieaktywna w tej wersji Demo. Specyfikę formatu STL widać dobrze na Rys. b, opis powierzchniowy (zbiór połączonych trójkątów).
Studenci w swych symulacjach zasadniczo pracują w **modułach: Initial setting** (ustawienie początkowe), **FlowSolid** (Flow – przepływ/wypełnianie formy i Solidification - krzepnięcie) oraz **Browser** (przeglądarka wyników symulacji).



Rys. 2a.



Rys. 2b.

4. Initial setting

Moduł stanowiący zasadniczą część etapu przygotowywania symulacji, czyli tzw. pre-processingu, wskazywania danych wejściowych do symulacji. Grupa tych danych pre-processingowych ta to m.in. warunki początkowe, warunki brzegowe, warunki fizyczne.

Pierwszy krok to wybranie i **otwarcie geometrii** odlewu który ma zostać poddany symulacji. Komenda **Open** umożliwia wybór i otwarcie geometrii, np. Ball_valve_50_layout.DEM (format DEM stosowany w NFS).
Po otwarciu przystępuje się do wskazywania poszczególnych warunków początkowych i brzegowych, które ujęto w postaci różnych parametrów najczęściej odpowiadających odlewaniu w warunkach rzeczywistych. Np. warunek brzegowy ujęty jest m.in. jako Coating czyli pokrycie nakładane na powierzchni formy. Inny warunek brzegowy do Boundary conditions lub Air Gap.

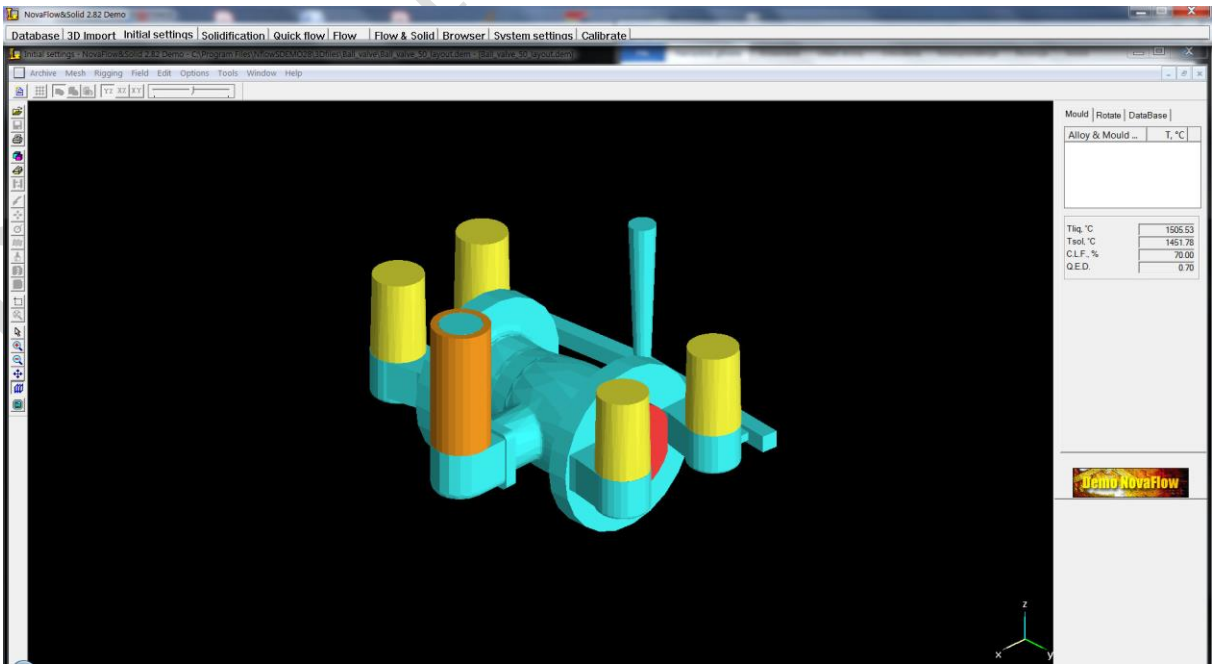
Po otwarciu geometrii wybieramy kolejne warunki/parametry i podajemy ich wartości charakterystyczne.

Buil mesh

Build mesh (ikona po lewej stronie pulpitu). W Initial setting głównie korzysta się z ikon położonych przy lewej krawędzi pulpitu, pierwsza z nich to Open, kolejna **Build mesh**.

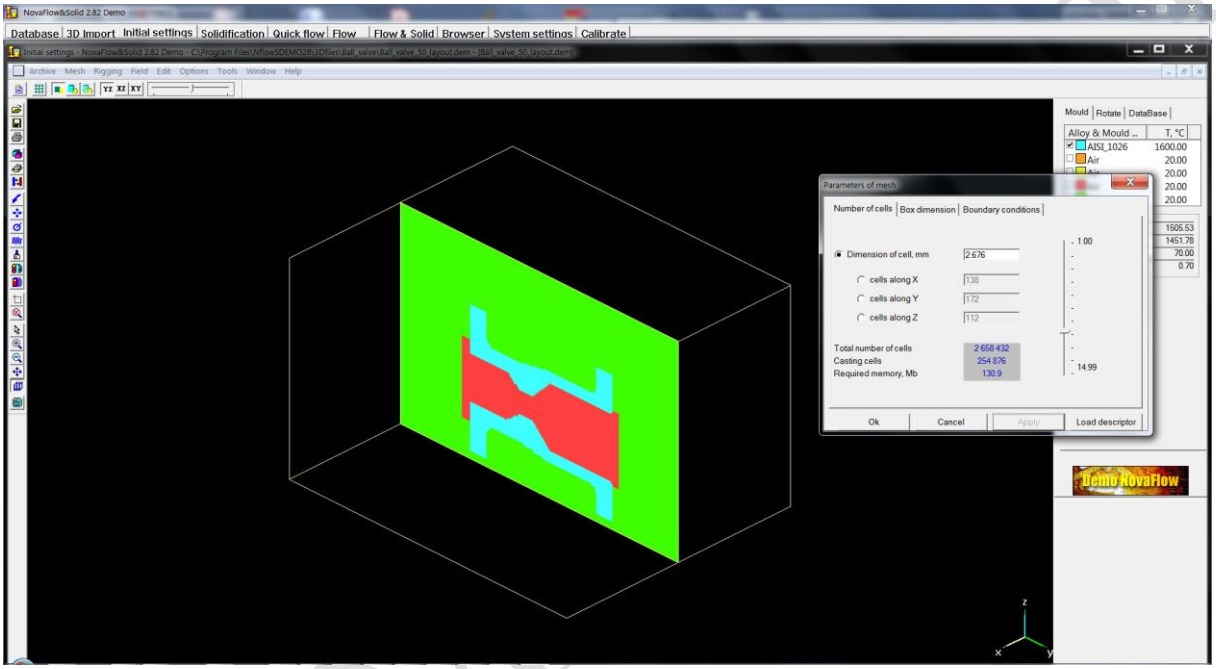
Build mesh/Number of cells

Zakładka Number of cells służy do ustalenia dyskretyzacji przestrzennej całego symulowanego obszaru czyli odlewu, formy, rdzenia, etc. Należy ustalić **suwakiem** liczbę komórek Total numer of cells na ok. 2 mln elementów (około, może być 2.2 mln lub 1.8 mln, ale nie 300 tys. i nie 20 mln). Następnie należy wcisnąć Apply dla wygenerowania komórek dyskretyzacji. Przed wciśnięciem Apply prezentowana geometria opisana jest powierzchniowo trójkątami w formacie STL (Rys. 1,2 i 3). Po wciśnięciu Apply zmienia się obserwowany widok (Rys. 4a).



Rys. 3.

Uwaga: sposoby wizualizacji w programie NFS.
Po wciśnięciu Apply widziany jest obraz jak na Rys. 4a.
Możliwe jest obserwowanie tej wygenerowanej dyskretyzacji przestrzennej jako: Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), Output transparent (ikony w lewym górnym narożniku pulpitu).
Rys. 4a przedstawia Output section, a Rys. 4b Output isometric.
Przyciski YZ plane, XZ plane i XY plane umożliwiają wybór płaszczyzny przecinania geometrii układu odlew-forma a suwak pozwala na jej przemieszczanie zarówno dla Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), jak i Output transparent.

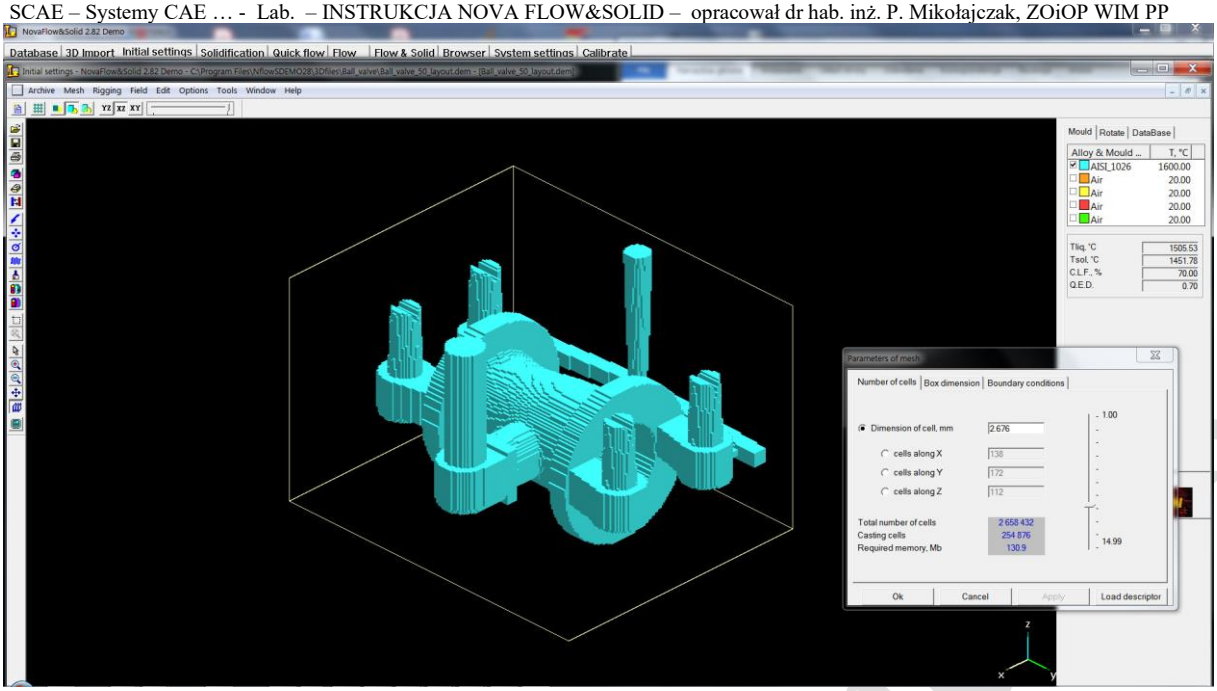


Rys. 4a.

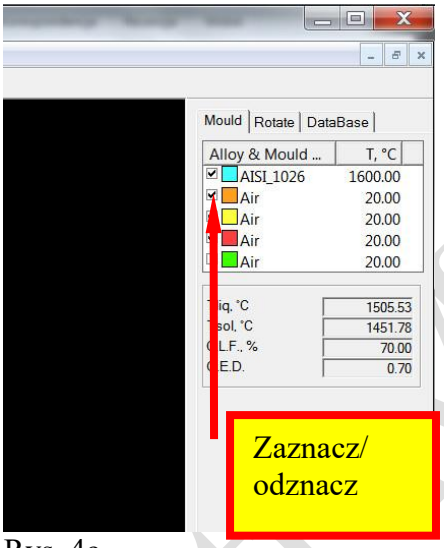
Geometria rozważana Ball_valve_50_layout zawiera odlew, rdzeń, otuliny izolacyjne (4 szt.), otulinę izolacyjną (1 szt.) i układ wlewowy. Zaznaczając lub odznaczając (Rys. 4c) poszczególne nazwy (nazwy wstępnie przyjęte np. Air jako zrobione z materiału powietrze) można ukazywać lub ukrywać poszczególne bryły (Rys. 4d). Formę przedstawia zielony sześcian (Rys. 4e). Uwaga: kolory nadawane bryłom są losowe i w poszczególnych projektach mogą być różne od Rys. 4d. Ikony Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), Output transparent (ikony w lewym górnym narożniku pulpitu) przedstawia Rys. 4f.
W przeglądaniu geometrii układu odlew-forma (odlew, forma, rdzeń, etc) pomocne są ikony po lewej stronie pulpitu (Rys. 4g). Te ikony to: Zoom window, Zoom restore, Neutral, Zoom ++, Zoom --, Move, Change section, On/Off full screen.

Build mesh/Number of cells - kontynuacja

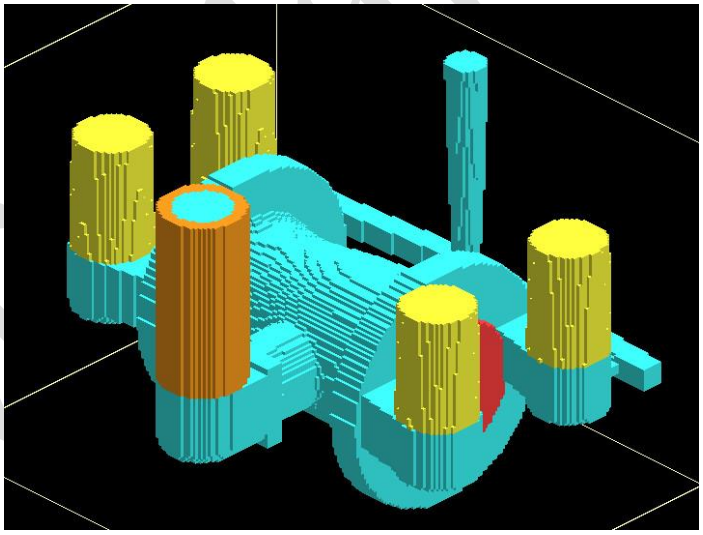
Zmiana liczby Total number of cells i jej efekt na geometrię jest dobrze widoczna w Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D). Warto dla sprawdzenia zmienić wartość Total number of cells na np. 200 tys. i na np. 5 mln.



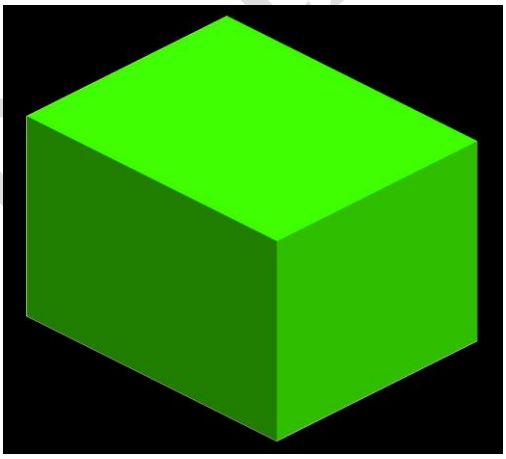
Rys. 4b.



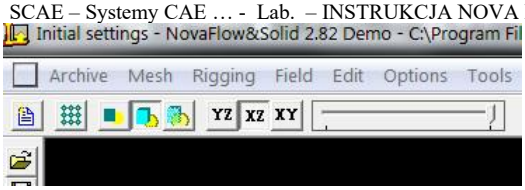
Rys. 4c.



Rys. 4d.



Rys. 4e.

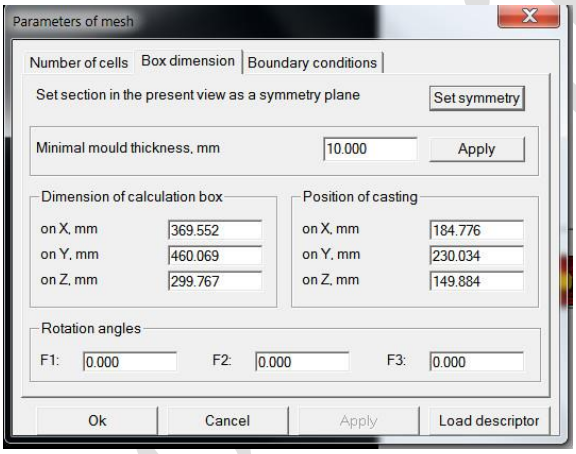


Rys. 4f.

Rys. 4g.

Build mesh/Box dimension (Rys. 5a)

Set section in the present view as a symetry plane – umożliwia symulację jednej części geometrii wykazującej symetrię względem płaszczyzny, komenda ta służy do wstawiania płaszczyzny symetrii (Rys. 5a). Odpowiednie dla odlewów symetrycznych wraz z symetrycznym całym układem odlew-forma (układem wlewowym, rdzeniem, etc).



Rys. 5a

Minimal mould thickness, mm – wskazuje się minimalną grubość formy odlewniczej (Rys. 5a), jest to odległość, która zostanie zachowana między zewnętrzną krawędzią odlewu i generowaną formą. W przykładowej geometrii Ball_valve_50_layout zawarto odlew, rdzeń, otuliny izolacyjne (4 szt.), otulinę izolacyjną (1 szt.) układ wlewowy. Nie zawarto jednak geometrii formy którą jednak można wygenerować poprzez Minimal mould thickness.
Wstawiamy wartość Minimal mould thickness np. 30 mm, wciskamy Apply po prawej i Apply na dole okna.

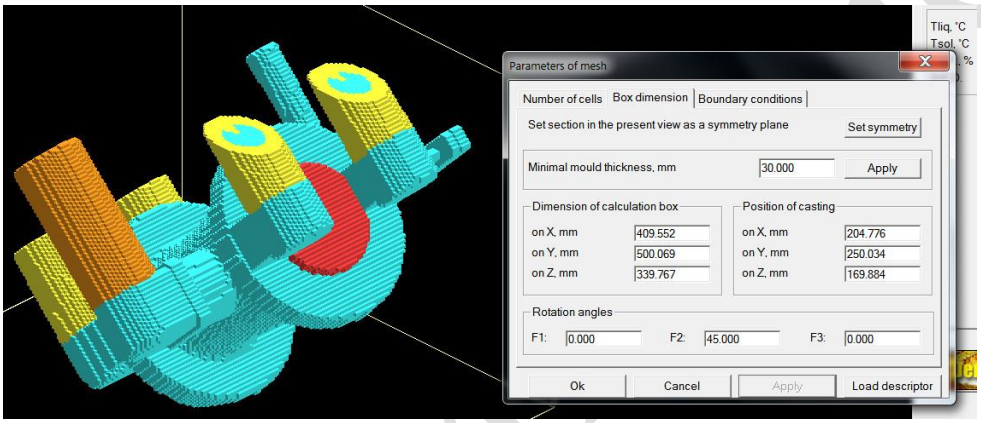
Dimension of calculation box – wymiary formy na osiach x, y, z (Rys. 5a). Formę można zobaczyć (Rys. 4e) po zaznaczeniu ostatniej pozycji (wśród nazw jak na rys. 4c). Pozostają tutaj wartości domyślne (długości krawędzi formy) wygenerowane przez program NFS.

Piotr Mikołajczak

Position of casting – pozycja odlewu w formie (Rys. 5a). Położenie odlewu (wraz z innymi elementami) w formie można zmieniać, przesuwać wzdłuż osi x, y, z. Zwiększenie wartości na osi Z (np. o 35 mm) spowoduje przesunięcie odlewu (wraz z innymi elementami jak rdzeń, etc.) o 35 mm ku górze.

W tym miejscu wartość na osi Z wygenerowaną automatycznie przez program NFS prawie zawsze zwiększamy o wartość równą („Minimal mould thickness + 5-20 mm). Czyli dla Minimal mould thickness = 30 mm, wartość Position of casting on Z mm, zwiększamy np. o 35 mm (dla 5 mm). Jeśli Position of casting on Z wynosi 169.884 mm (ok. 170 mm) to wstawiamy np. 205 mm (przy +35 mm).

Rotation angles – pozycja odlewu w formie (Rys. 5a). Położenie odlewu (wraz z innymi elementami) w formie można zmieniać, obracać wokół osi x, y, z. Stosowane czasami w technologiach przy pochylaniu form odlewniczych. Najczęściej (Rys. 5a) przyjmuje się wartości kątów 0.0 (dla płasko ułożonej formy). Przykład dla kąta F2 = 45 ° na Rys. 5b.
Uwaga: w tym miejscu (i programie NFS) ważne jest przemieszczanie kursora z okienka do okienka i wciskanie Apply dla wprowadzenia modyfikacji wartości danego parametru.



Rys. 5b.

Boundary conditions (Rys. 5c) – warunki brzegowe na powierzchni zewnętrznej formy (powierzchni formy w postaci zielonego sześcianu Fig. 4e), wskazują na intensywność przepływu ciepła pomiędzy obszarem formy a otoczeniem (a nie pomiędzy odlewem a formą) Wyróżnić można:
- Normal conditions - przedłużenie formy (Rys. 5c), założenie za geometrycznie wskazaną powierzchnią formy (zielona bryła na Rys. 4e) znajduje się dalej forma w której następuje przepływ ciepła tak jak w formie czyli przez przewodzenie), stosowane najczęściej, najodpowiedniejsze dla form klasycznych piaskowych, nie zalecane dla form cienkościennych skorupowych lub metodzie wytapianych modeli,
- Constant temperature - stała wartość temperatury (Rys. 5c) powierzchni zewnętrznej formy, zalecane dla powierzchni formy w kontakcie z innym obiektem o dużej pojemności cieplnej zapewniającej stałą wartość jego temperatury, np. podłoże w hali fabrycznej,
- Symmetry plane - założenie, że dana powierzchnia stanowi płaszczyznę symetrii i przez tę powierzchnię nie przepływa ciepło),
- Heat radiation - promieniowanie cieplne (Rys. 5c), założenie, że odpływ ciepła z powierzchni zewnętrznej formy przebiega na drodze promieniowania (stosowane dla mocno rozgrzanej powierzchni np. powierzchni formy).

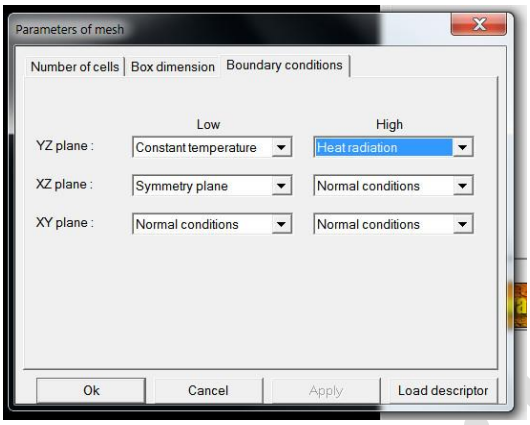
Piotr Mikołajczak

Materiały

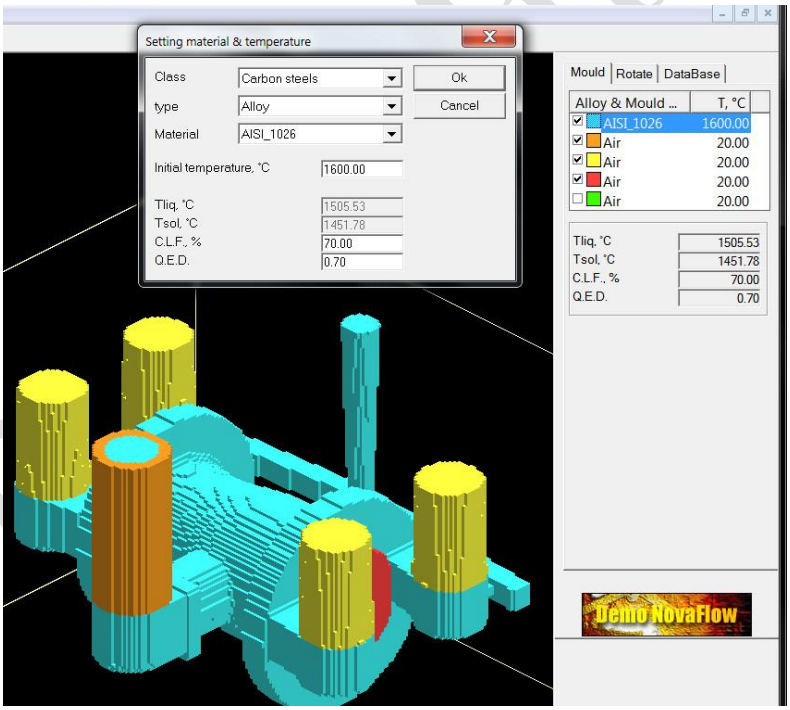
Wybór materiałów do wykonania odlewu odbywa się przy pomocy komendy Set material (ikony po lewej stronie pulpitu) oraz zakładki Mould (po prawej stronie pulpitu, Rys. 5d) Zakładka „Mould" pozwala na wybranie i nadawanie poszczególnym bryłom (odlewowi, rdzeniowi, etc.) materiału z którego zostanie wykonany. Najlepiej kliknąć dwukrotnie na wybranym jednokolorowym kwadracie w zakładce Mould i w ten sposób otworzyć okno Setting material & temperature.

Setting material & temperature (Fig. 5d i e)

Okno umożliwia nadawanie określonej bryle (np. odlewowi lub formie) materiału z którego zostanie wykonany. Należy dokonać przyporządkowania odpowiedniego materiału do każdej części układu odlew-forma (odlew, forma, rdzeń, otulina, etc.)



Rys. 5c.

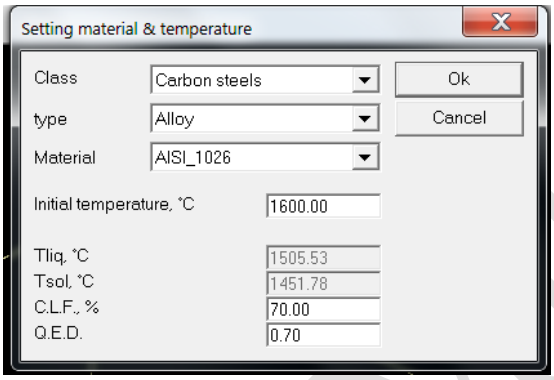


Rys. 5d.

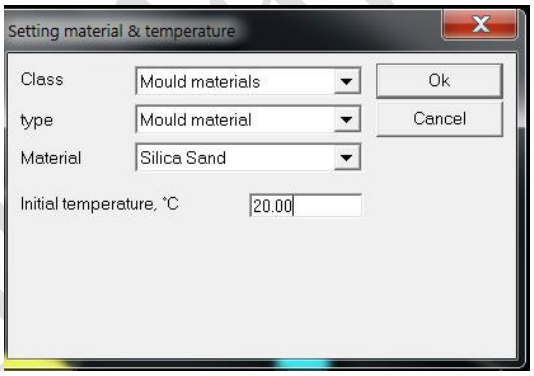
Class – wybór grupy materiałów spośród np. Mould materials, Carbon steels, Ductile cast iron, etc. Ponieważ w przykładzie wybrano obszar niebieski czyli odlew, to dla tej bryły

P. Mikołajczak

stosowane jest wybranie stopu odlewniczego a więc jednego spośród wszystkich dostępnych (oprócz Mould materials materiałów formy).
Type – rodzaj materiału w danej grupie Class, dla stopów np. Carbon steels (i innych stopów) to „alloys" (stop), dla „Mould materials" to „Mould materials", „Exothermic", „Heating media".
Material – wybór materiału, dla stopów np. Class/Carbon steels, Type/alloy, Material może być np. AISI_1008, czyli w przykładzie wybrano staliwo węglowe gatunku AISI_1008.
Dla materiałów formy np. Class/Mould materials, Type/Mould material, wybrany Material może być np. Silica sand, czyli w przykładzie wybrano formę wykonaną z masy na bazie piasku kwarcowego „Silica sand".
Initial temperature, °C – wskazanie wartości temperatury początkowej danej bryły/obszaru, dla wybranego odlewu oznacza to temperaturę zalewania czyli temperaturę ciekłego stopu wlewanego do formy odlewniczej dla symulacji zalewania i krzepnięcia (FlowSolid), natomiast dla symulacji jedynie krzepnięcia (przy założonym już wypełnieniu stopem formy) oznacza początkową wartość temperatury odlewu. Np. dla wskazanego staliwa AISI_1008 możliwa temperatura to np. 1620 °C. Dla materiału formy np. Silica sand (Rys. 5f) temperatura formy jest zgodna z temperaturą otoczenia, np. 20 °C. Initial temperature to tzw. warunek początkowy od którego następuje obliczanie zmiany temperatury w czasie i przestrzeni w całym układzie odlew-forma (czyli odlewu, formy, rdzenia, otulin, etc).



Rys. 5e.



Rys. 5f.

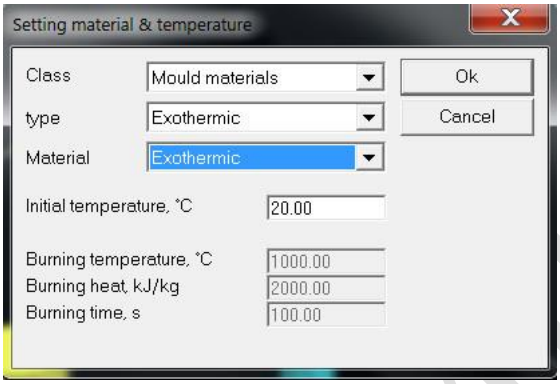
Tliq, °C, Tsol °C, - temperatury likwidus (początku krzepnięcia) i solidus (końca krzepnięcia), charakterystyczne dla danego stopu i ustalone w bazie danych (w module Data base).
C.L.F. – Crtical Liquid Fraction – krytyczny ułamek fazy ciekłej w zakresie 0 do 100%, wskazuje wartość graniczną przy której następuje zatrzymanie płynności stopu, np. wartość 50% wskazuje że jeśli w danej komórce dyskretyzacji przestrzennej (generowanej w Build mesh) ilość fazy ciekłej (ciekłego stopu) spadnie poniżej 50% (a wzrośnie ilość fazy stałej) to taki obszar utraci cechy płynu i będzie traktowany jako ciało stałe. Wartość charakterystyczna dla poszczególnych stopów odlewniczych.
Q.E.D – Degree of Quasi-Equilibrium – charakteryzuje stopień równowagi procesu wydzielania fazy stałej. Q.E.D=1.0 – proces krystalizacji przyjęty jako równowagowy, krystalizacja jest zakończona w temperaturze solidusu równowagowego, Q.E.D=0.0 – krystalizacja następuje w temperaturze eutektycznej, Q.E.D=0.0-1.0 – krystalizacja kończy się w temperaturze powyżej eutektyki ale poniżej równowagowej temperatury solidus.

Exothermic - Cześć formy można wykonać z materiału o cieplnych właściwościach izolacyjnych dla spowolnienia krzepnięcia nadlewu lub określonej części odlewu. Jednym z takich rodzajów materiałów w NFS jest materiał Exothermic. W Set material zamiast np. Silica sand wybiera się wówczas (Rys. 5g) Class/Mould materials, Type/Exothermic, Material /Exothermic. Materiał Exothermic scharakteryzowany jest wielkościami: Burning temperature

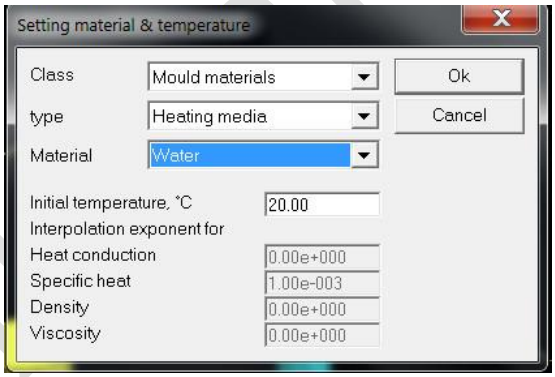
Piotr Mikołajczak

(temperatura zapłonu), Burning heat (ilość wydzielanego ciepła podczas spalania tego materiału, nie przekracza wartości 2000-2200 kl/kg), Burning time (czas spalania materiału, w różnych materiałach firmowych 70-150 s lub 120-600 s).
Heating media - Cześć formy (obszar kanałów chłodzących lub nagrzewających) można wykonać z materiału o dobry właściwościach przewodzenia dla skorygowania lokalnej temperatury formy lub odlewu (Rys. 5h). Stosowane do modelowania kanałów chłodzących (wodą, powietrzem, chłodziwem) lub elementów grzejnych montowanych w formach (grzałki elektryczne lub gazowe). Dla zdefiniowania należy określić temperaturę początkową (Initial temperature) czynnika (Air, Water_Mineral_oil) oraz wykładniki interpolacyjne dla przewodności cieplnej (Heat conduction), ciepła właściwego (Specific heat), gęstości (Density) i lepkości (Viscosity). Wykładniki definiuje się w bazie materiałowej (moduł Data base).

Okno (**Setting material & temperaturę)** umożliwia nadawanie określonej bryle (np. odlewowi lub formie) materiału z którego zostanie wykonany. Należy dokonać **przyporządkowania odpowiedniego materiału do każdej części układu odlew-forma (odlew, forma, rdzeń, otulina, etc.)**
Po nadaniu materiałów następują kolejne komendy.



Rys. 5g.



Rys. 5h.

Gating points

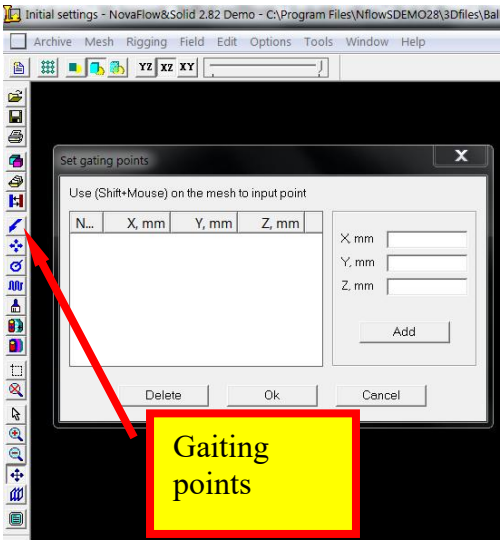
Gating points (Rys. 6a) – Miejsca wlewania ciekłego stopu do układu wlewowego formy, najczęściej tym miejscem jest zbiornik wlewowy. Komenda znajduje się po lewej stronie, ikona ze strzałką niebieską. Dla wprowadzania Gating points należy zmienić sposób wizualizacji układu odlew-forma, zmienić z widoku trójwymiarowe Output isometric na dwuwymiarowy Output section przy pomocy ikon na Rys. 6b (Sposoby wizualizacji omówiono powyżej m.in. Rys. 4f i 4g). Należy wcisnąć ikonę Output section, wcisnąć płaszczyznę cięcia XY i suwakiem przesunąć tę płaszczyznę jak najwyżej do ostatniego możliwego przekroju, tak by uzyskać efekt jak na Rys. 6c. Następnie przytrzymując przycisk Shift (Use Shift+Mouse on the mesh to input point) wstawić kursorem myszki strzałkę w zbiorniku lub układzie wlewowym. W miejscu strzałki program będzie wprowadzał strugę stopu odlewniczego. Strzałkę należy w miarę możliwości wstawiać zgodnie z rzeczywistymi warunkami odlewania. Najlepiej ustawiać strzałkę na środku zbiornika lub wlewu (Rys. 6d). Najczęściej stosuje się jeden wlew (Gating points), a tylko w szczególnych przypadkach wielkich odlewów przy zalewaniu form z dwóch kadzi można zastosować dwa wlewy.

Feeding point

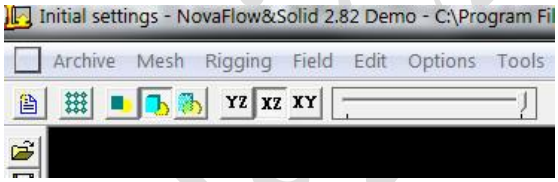
Feeding point (Rys. 7) - Miejsca wstawienia zasilania/dolewania ciekłego stopu do odlewu lub nadlewu. Komenda polega na wskazaniu punktu wlewania analogicznie jak w Gaiting points (Use Shift+Mouse on the mesh to input point). Parametry tej komendy to zasilanie stałe (Continal feeding), czasowe zasilanie (Limited time of feeding) i zasilanie określoną

Piotr Mikołajczak

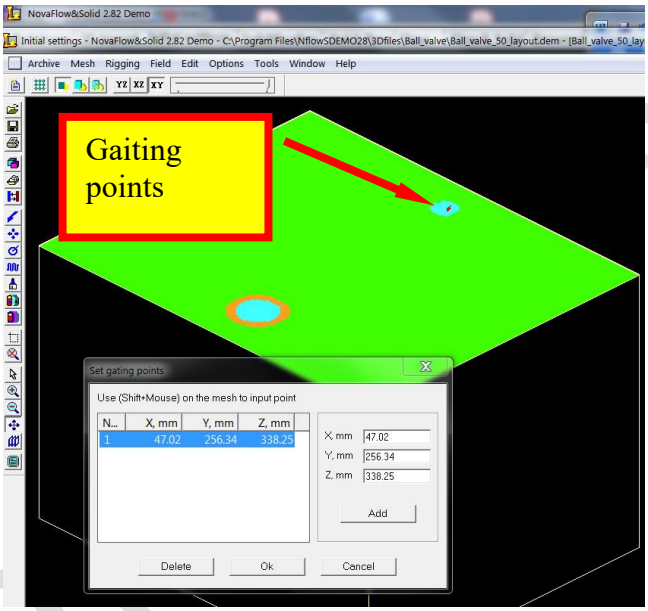
porcją stopu (Limited mass of feeding). Klasycznie dla zasilania odlewów rzeczywistych stosuje się nadlewy co również znajduje odwzorowanie w symulacji. Jednak ta komenda przewiduje zasilanie bez geometrycznego modelowania nadlewu (jego wrysowania) a jedynie polega na wskazaniu punktu do którego będzie podawany ciekły stop, np. w określonym czasie (Limited time of feeding). W przykładzie na Rys. 7 Feeding point wstawiono w środku nadlewu w postaci czerwonego punktu o współrzędnych jak na rys 7.



Rys. 6a.

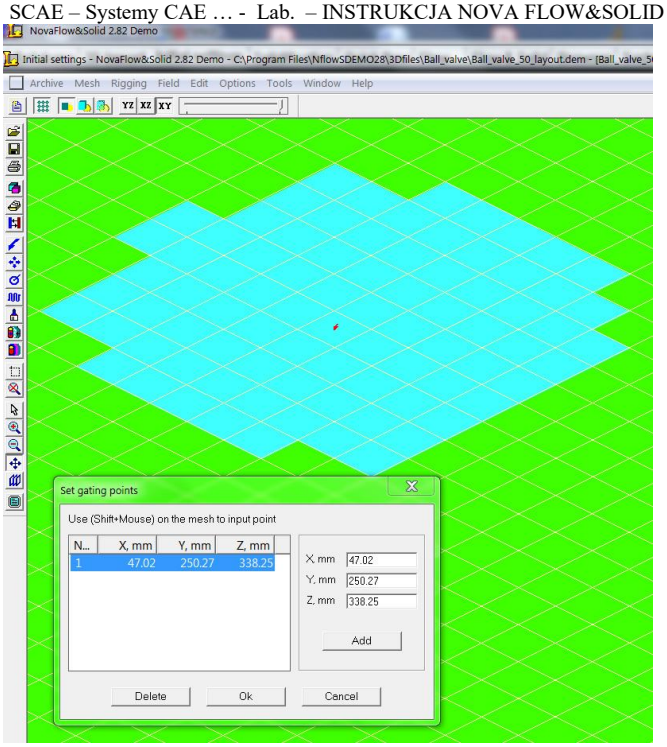


Rys. 6b

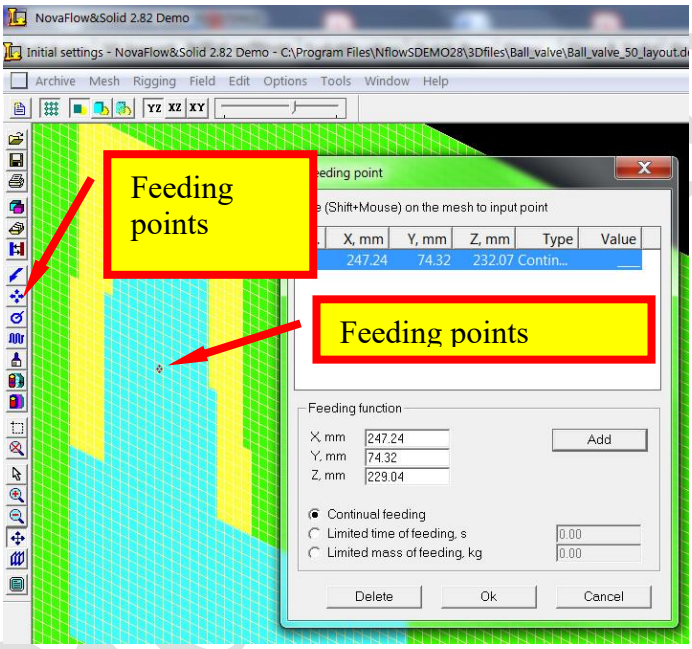


Rys. 6c.

Prof. Mikołajczak



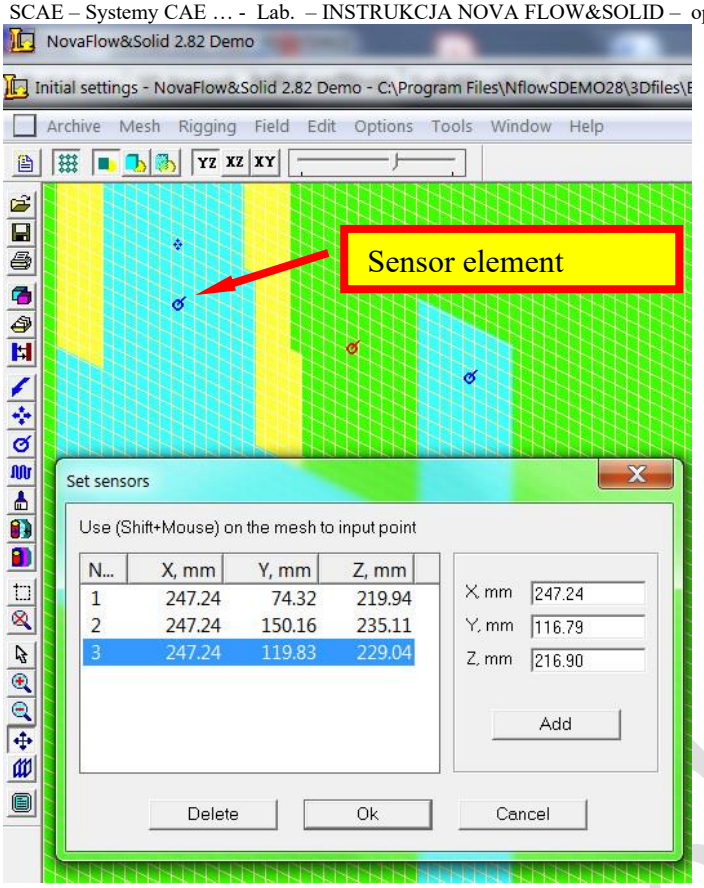
Rys. 6d.



Rys. 7.

Sensor element

Sensor element (Rys. 8) – Komenda wstawiania czujników temperatury (termoelementów) oraz czujników prędkości. Wstawianie miejsca czujników polega na wskazaniu punktu punktu analogicznie jak w Gating points i Feeding points. W wskazanych miejscach/punktach program dokonuje pomiaru i rejestracji m.in. temperatury. Częstotliwość pomiaru wskazuje się poniżej opisanych komendach ( ), a z danych program wyrysowuje wykres (Diagrams) w module Browser (opisane poniżej). Termoelementy i inne czujniki m(Use Shift+Mouse on the mesh to input point)ontuje się w odlewach i formach dla pomiaru np. temperatury i oceny warunków krzepnięcia odlewu (czas krzepnięcia) lub nagrzewania poszczególnych części formy. Analogicznie z innymi parametrami, np. prędkość. Na Rys. 8 wstawiono 3 punkty, 2 w odlewie (obszar niebieski) i 1 w formie (obszar zielony).



Rys. 8.

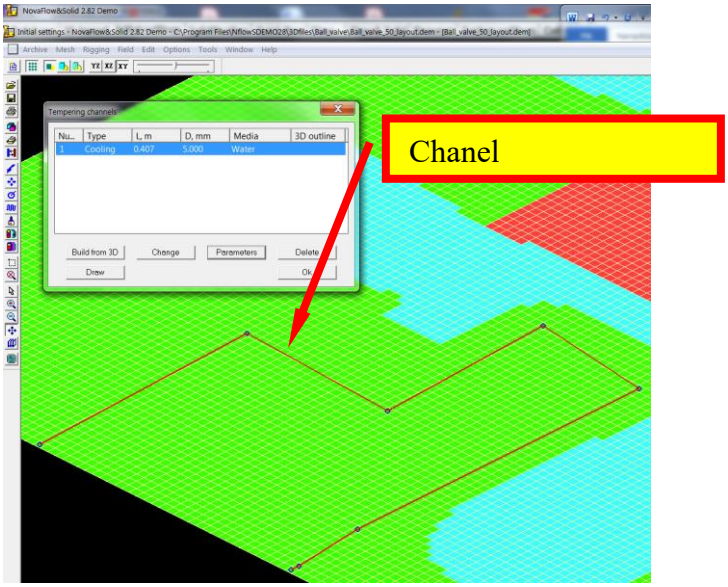
Channel

Channel (Rys. 9a) – Komenda wstawiania kanałów chłodzących lub elementów grzejnych. „Draw" pozwala na narysowanie przebiegu kanałów (Rys. 9b). Rysowanie analogicznie jak Gating points (Use Shift+Mouse on the mesh to input point), z tym że wskazywane początek i koniec kanału muszą być położone na krawędzi formy. Change (Rys. 9c) pozwala na zmianę przebiegu narysowanego kanału. Parameters pozwala na wskazanie parametrów chłodzenia: Type (Cooling/Heating), D Diameter (średnica kanału), Media (medium chłodzące/nagrzewające). Channel stosowane do modelowania chłodzenia/nagrzewania w odlewnictwie najczęściej stosuje się w formach trwałych, np. w odlewaniu kokilowym i odlewaniu ciśnieniowym. W przedstawianym tutaj symulacji odlewania rozważana jest forma piaskowa (Silica sand) w której takiego systemu nie powinno się stosować, jednak uczyniono to dla przedstawienia możliwości modelowania oprogramowania NFS.

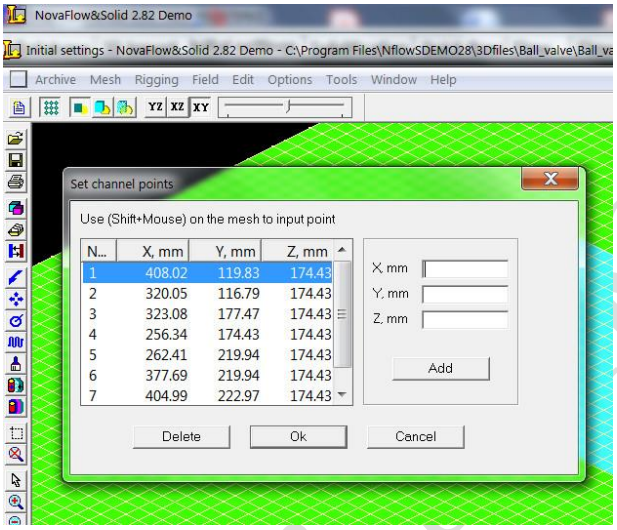
Coating

Coating (Rys. 10) – Komenda modelowania pokrycie formy. Stosowane do modelowania efektu oporu cieplnego wynikającego z nanoszenia na formę pokrycia mającego różne funkcje (ochrona formy, wygładzenie powierzchni, smarowanie, kontrola przepływu ciepła). W programie NFS i symulacji uwzględniany jest efekt powstającego oporu cieplnego. Wstawiane pokrycie jest na powierzchni pomiędzy częścią metaliczną (w Rys. 10 kolor niebieski) a elementem całej formy (np. zieloną formą lub czerwonym rdzeniem). Modelowanie pokrycie na formie wymaga wskazania kwadratu „zielonego Silica sand" i podanie grubości pokrycia (Thickness, mm) oraz przewodności cieplnej matriału zastosowanego pokrycia (Heat conduction W/mK). W projektach o innej liczbie elementów formy kolorystyka poszczególnych części (formy, rdzenia) może odbiegać od tutaj prezentowanej. W projekcie przyjęto grubość pokrycia 0.5 mm z materiału o przewodności 0.4 W/mK. Coating należy do grupy tzw. warunków brzegowych.

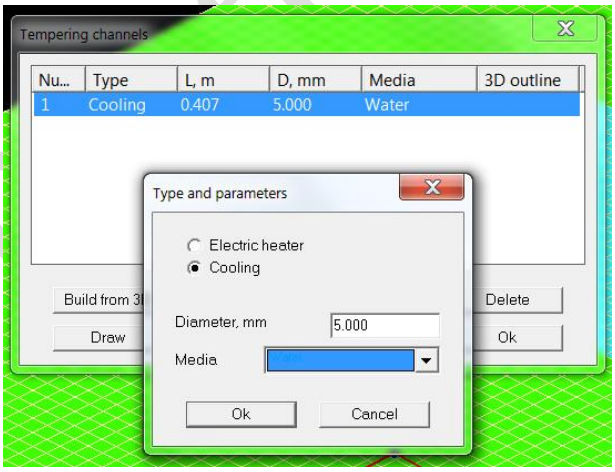
Piotr Mikołajczak



Rys. 9a.



Rys. 9b.



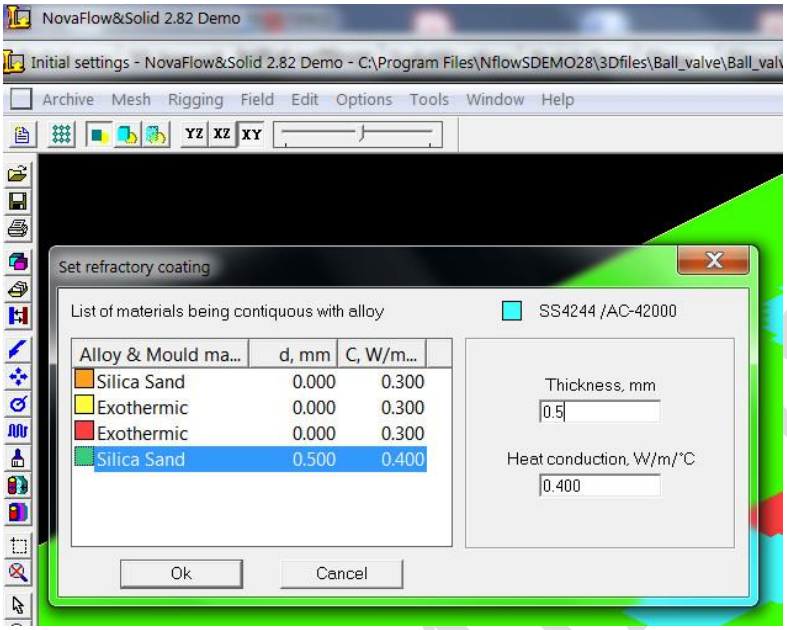
Rys. 9c.

Air gap

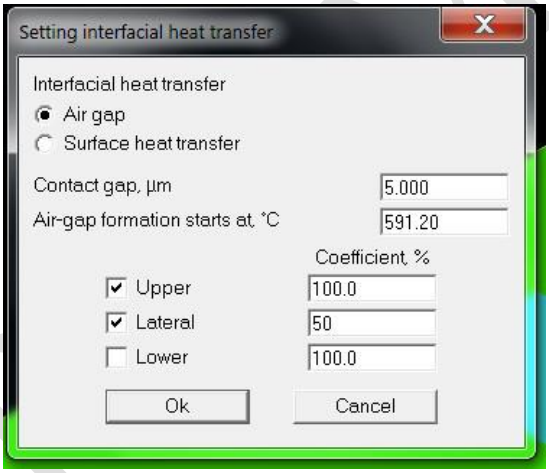
Air gap (Rys. 11) – Komenda modelowania szczeliny powietrznej. Stosowana jest do modelowania szczeliny powstającej podczas krzepnięcia a następnie kurczenia się odlewu

Dr hab. P. Mikołajczak

oraz nagrzewania się i ewentualnie rozszerzania formy metalowej. W tak powstałą szczelinę wpływa powietrze, które ma mniejszą przewodność niż metaliczny odlew i metaliczna forma, a więc powoduje powstanie oporu cieplnego. Parametry szczeliny to grubość (Contact gap µm), rozpoczęcie działania szczeliny po osiągnięciu określonej temperatury (Air-gap formation starts at °C) oraz współczynniki (Coeffcient %). Współczynniki rozdzielono pomiędzy poszczególne powierzchnie górne, dolne i boczne ponieważ wielkość szczeliny i jej efekt na opór cieplny różni się w zależności od położenia powierzchni odlewu (górna, boczna lub dolna powierzchnia). Wartość np. 50% oznacza uwzględnienie jedynie połowy oporu cieplnego. W projekcie (Rys. 11) uwzględniono pełną szczelinę na górnej powierzchni, połowę na powierzchniach bocznych i brak na dolnej.



Rys. 10.

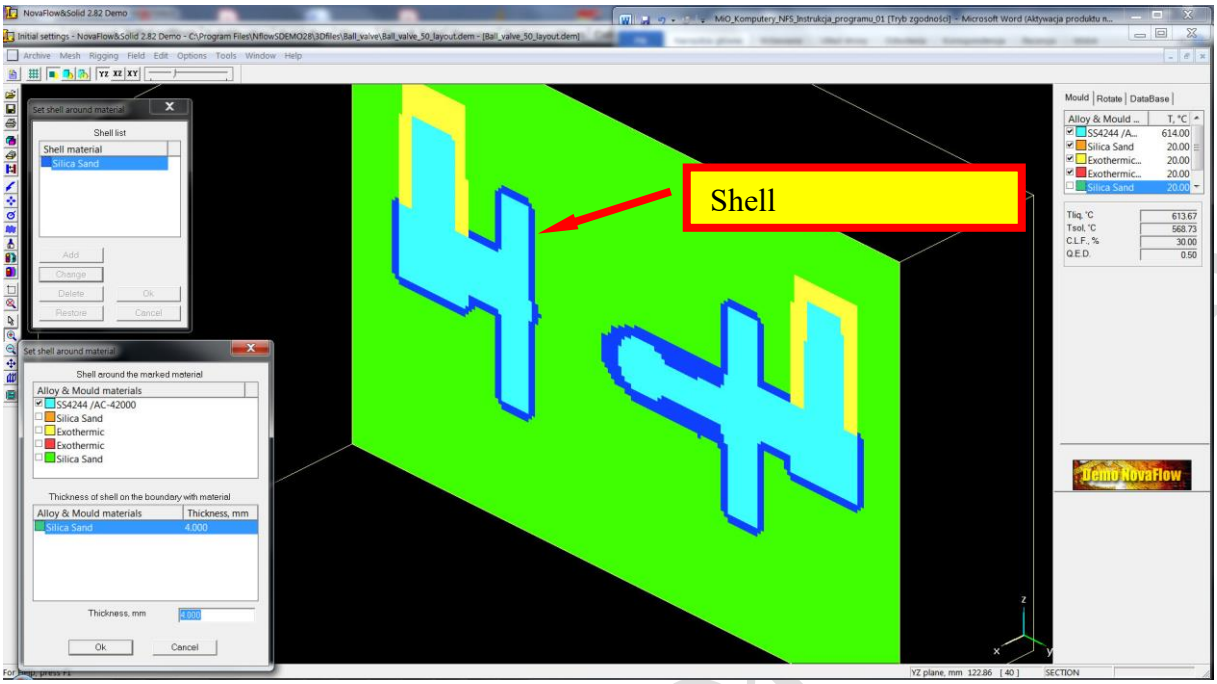


Rys. 11.

Shell

Shell (Rys. 12) – Komenda stosowana do modelowania formy w postaci cienkiej powłoki/skorupy. Można zastosować w przypadku cienkiej formy bez jej rysowania w programie CAD i importu geometrią w pliku. Szczególnie nadaje się do technologii odlewniczych o cienkiej formie np. w metodzie wytapianych modeli lub formowaniu skorupowym. Można również zastosować do klasycznych form w których zastosowano cienkie otuliny izolacyjne odlewu. Przy zastosowaniu komendy należy wskazać powierzchnie

na której ma powstać powłoka poprzez wskazanie obszarów pomiędzy którymi ona powstaje, czyli np. wokół odlewu (Rys. 12) w kontakcie z formą (zielona Silica sand) o grubości 4 mm. W przedstawianym projekcie zrezygnowano z modelowania Shell.



Rys. 12.

Save

Save – Zapisanie (i nadanie nazwy) projektu symulacji w pliku o rozszerzeniu DIM w folderze SimFiles oprogramowania NFS. Descriptor number przyjąć zgodnie z propozycją oprogramowania NFS.

Po zapisaniu **Save** projektu można zamknąć **Close** moduł Initial setting.
Kolejny krok to **uruchomienie** modułu **Flow&Solid** i otwarcie projektu.

5. Flow&Solid

Sposoby wizualizacji układu odlew-forma są identyczne jak Initial settings. Wykorzystuje się Sposoby wizualizacji wygenerowanej dyskretyzacji przestrzennej: Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), Output transparent (ikony w lewym górnym narożniku pulpitu). Rys. 4a przedstawia Output section a Rys. 4b Output isometric.

W **Flow&Solid kontynuuje się wskazywanie warunków początkowych, brzegowych i fizycznych**, a więc Flow&Solid jest również etapem pre-processingu. Kilka ostatnich komend związanych jest z algorytmem obliczeniowym i zalicza się do main-processingu.

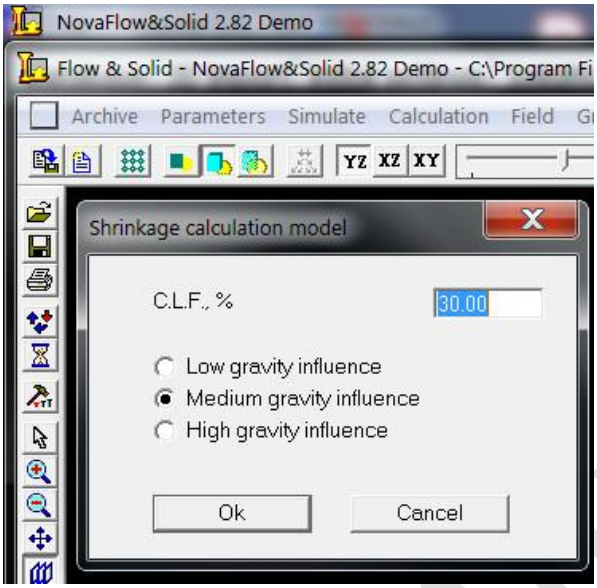
Kontynuacja wskazywania komend i wstawiania parametrów dla symulacji.

Shrinkage model

Shrinkage model (Rys. 13) – w Parameters/Shrinkage model – umożliwia wskazanie modelu obliczania wad skurczowych. Model High gravity influence – dominujące znaczenie ma energia potencjalna ciekłego stopu (w polu grawitacji), co prowadzi do lokalizacji

Piotr Mikołajczak

(spływania) ciekłego stopu w dół pod wpływem grawitacji. Model Low gravity influence – dominujące znaczenie ma energia napięcia powierzchniowego obliczanej z współczynnika napięcia powierzchniowego na określonej powierzchni, co prowadzi do lokalizacji wad w obszarze o wyższej temperaturze i wyższej wartości ułamka fazy ciekłej. Model medium gravity influnce jest wypadkowym modelem pomiędzy powyższymi. Praktycznie można wskazać że model Model High gravity influence stosujemy do wielkich odlewów o długim czasie krzepnięcia i dużej możliwości migracji powstających porowatości (pustek w odlewie) ku górze pod wpływem grawitacji a ciekłego stopu ku dołowi. Model Low gravity influence można wskazać do zastosowania w małych odlewach szybko krzepnących i małej możliwości migracji porowatości. Wartość C.L.F została zdefiniowana wcześniej w module Initial setting (na etapie wyboru stopu odlewniczego, temperatury początkowej, etc).



Rys. 13.

Gating boundary conditions

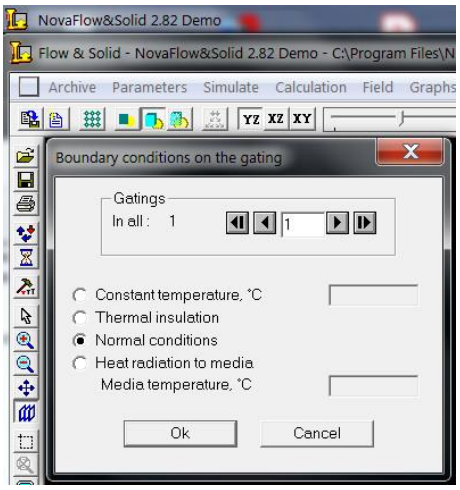
Gating boundary conditions (Rys. 14) – w Parameters/ Gating boundary conditions – wskazanie warunków brzegowych dla miejsca wlewania ciekłego stopu (Gating points). Constant temperature (stała temperatura) oznacza ustawienie nad wlewem (Gaiting points) materiału o wskazanej stałej temperaturze, który w zależności od wartości temperatury może go podgrzewać (przy temperaturze wyższej od temperatury zalewania Initial temperature zdefiniowanej Initial settings) lub chłodzić. Thermal insulation oznacza brak przepływu ciepła czyli pokrycie wlewu (Gaiting points) materiałem doskonale izolującym cieplnie. Normal conditions oznacza pokrycie wlewu (Gaiting points) tym samym materiałem, czyli jakby przedłużanie tego miejsca takim samym materiałem o tej samej temperaturze. Heat radiation to media oznacza że wlew (Gaiting points) graniczy z obszarem próżni i przepływ ciepła następuje przez promieniowanie cieplne lub graniczy z obszarem gazowym do którego ciepło odpływa przez promieniowanie i na drodze konwekcji w gazie.

Cycling

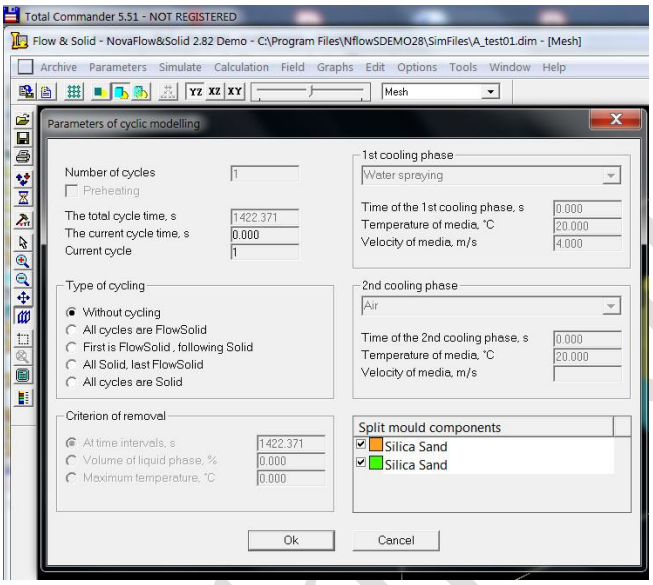
Cycling (Rys. 15) – w Parameters/Cycling – wskazanie warunków wielokrotnego cyklicznego odlewania do tej samej formy odlewniczej, czyli dla odlewania np. kokilowego lub ciśnieniowego. Number of cycles to liczba cykli (odlewów) wykonywanych w formie (np. kokili), Total cycle Times to całkowity czas cyklu odlewania. Type of cycling – rodzaj cyklu symulacji odlewania, ponieważ poszczególne cykle mogą być obliczane z lub bez symulacji wypełniania formy i jedynie z symulacja krzepnięcia odlewu. Criterion of removal to kryterium wybijania (usuwania) odlewu z formy dla następnie zamknięcia formy i kolejnego

Piotr Mikołajczak

odlewania. 1st cooling phase i 2nd cooling phase oznaczają warunki chłodzenia formy. Split mould components wskazuje na powierzchnię podziału poprzez wskazanie dwóch obszarów których powierzchnia kontaktu stanowi powierzchnię pomiędzy dwoma częściami formy.



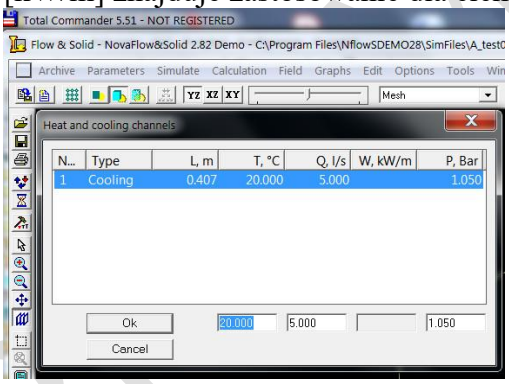
Rys. 14.



Rys. 15.

Channel parameters

Channel parameters (Rys. 16) – w Parameters/Channel parameters – wskazanie warunków pracy kanałów chłodzących (lub elementów grzewczych). Type Cooling lub Heating, L [m] długość kanałów obliczona przez program po wyrysowaniu kanałów w module Initial setting (komenda Channel). T oznacza temperaturę początkową chłodziwa której wartość powinna zostać przebiegać w założonym zakresie pracy danego chłodziwa, Q wydatek przepływającego chłodziwa w litrach na sekundę oraz P ciśnienie podczas przepływu. W [kW/m] znajduje zastosowanie dla elementów grzewczych elektrycznych.



Rys. 16.

Filling parameters

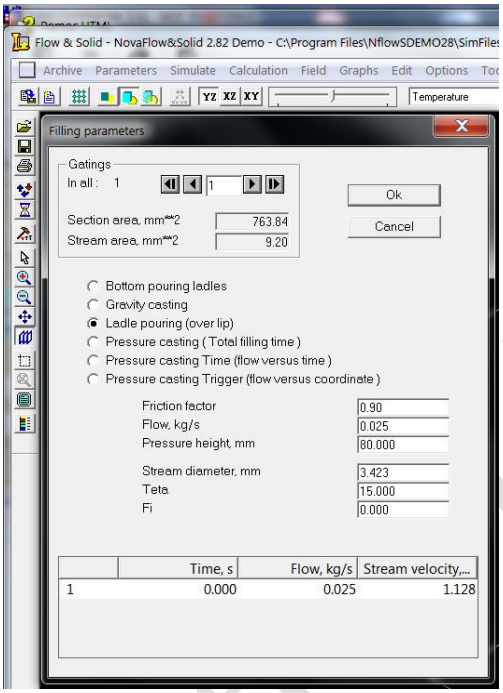
Filling parameters (Rys. 17a) - w Parameters/Filling parameters – wskazanie warunków zalewania (wypełniania formy). Gaitings wskazuje którego z wlewów (Gating points) dotyczy wskazywany warunek, zazwyczaj stosuje się jeden Gaiting point (definiowany w module Initial settings).

Bottom puring ladles (Rys. 17b) dotyczy odlewania grawitacyjnego przy pomocy kadzi zatyczkowych. Parametry do podania to: pojemność kadzi (Capacity of ladle kg), stożkowatość kadzi (Conicity of ladle), średnica wylotu (Outlet diameter mm), wysokość lustra metalu w kadzi (Melt hight in ladle mm), współczynnik oporu przy wypływie z kadzi

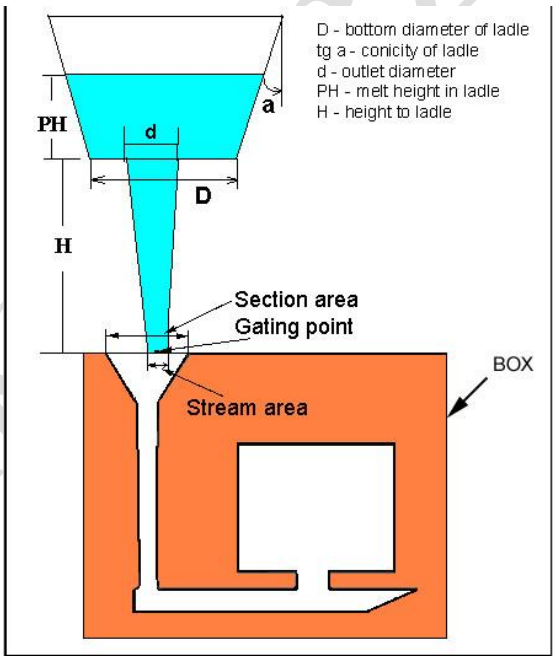
(Friction factor), wydatek (Flow kg/s), wysokość kadzi nad formą (Pressure height to ladle mm).

Gravity casting (Rys. 17c) dotyczy odlewania grawitacyjnego jednak bez geometrycznego modelowania części układu wlewowego, gdzie można np. pominąć zbiornik i wlew główny (niebieskie obszary na Rys. 17c). Parametry do podania to: współczynnik oporu przy wypływie z kadzi (Friction factor), wysokość zbiornika (Pressure height mm) nad wlewem (Gaiting points).

Gravity casting (Lip casting) / Ladle pouring (over lip) (Rys.17 d) dotyczy klasycznego najczęściej stosowanego odlewania przy pomocy kadzi przechylnej. Parametry do podania to: współczynnik oporu przy wypływie z kadzi (Friction factor), wydatek (Flow kg/s), wysokość zbiornika (Pressure height mm) nad wlewem (Gaiting points) względnie nad formą, średnica strugi odlewanego stopu (Stream diameter mm), Kąt Teta (Teta) czyli odchylenie wlewanej strugi od pionu, Kąt Fi (Fi) kąt wskazujący kierunek dolotu strugi metalu (Ważny tylko gdy Teta ≠ 0). Jeśli Teta ≠ 0 to struga metalu można nadpływać z kierunku osi x, osi y lub pomiędzy nimi (inaczej mówiąc może nadpływać z północy N, zachodu W lub …).



Rys. 17a.



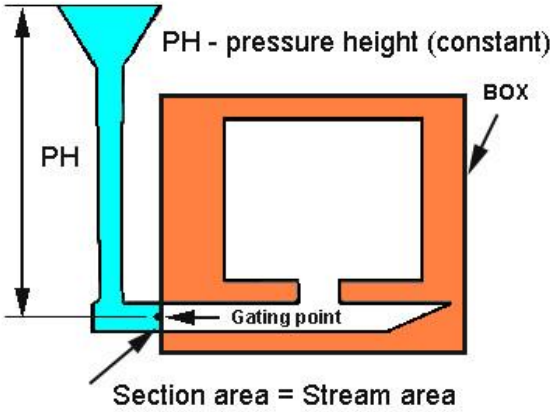
Rys. 17b. Filling parameters – Bottom puring ladles (rysunek pochodzi z Pomocy oprogramowania Nova Flow&Solid).

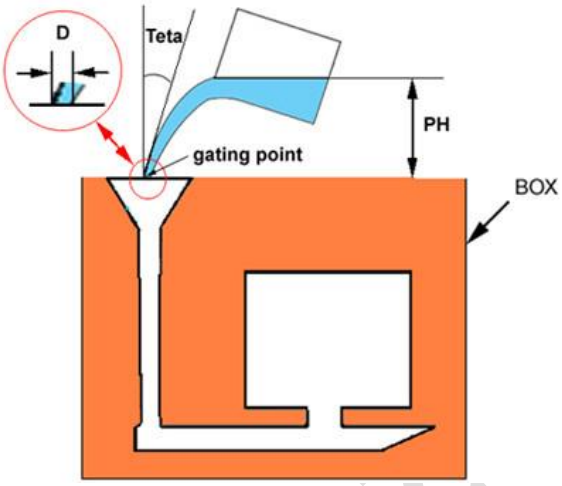
Filters

Filters (Rys. 18) - w Parameters/Filters – wskazanie warunków zastosowania filtrów ciekłego stopu. Filtry (w postaci pianki ceramicznej lub stalowej siatki) stosuje się dla oczyszczenia stopu odlewniczego z zanieczyszczeń (np. żużla) i montuje się w układzie wlewowym. Dla wprowadzania filtrów (Filters) należy zmienić sposób wizualizacji układu odlew-forma, zmienić z widoku trójwymiarowego Output isometric na dwuwymiarowy Output section przy pomocy ikon na Rys. 6b (Sposoby wizualizacji omówiono powyżej m.in. Rys. 4f i 4g). Wybrać odpowiednią płaszczyznę ukazującą przekrój z miejscem wstawienia filtra.

Następnie przytrzymując przycisk Shift (Use Shift+Mouse on the mesh to input point) wstawić kursorem myszki „niebieskie krzyżyki" (Rys. 18) w zbiorniku lub układzie wlewowym (miejscu montowania filtra). W miejscu „niebieskich krzyżyków" program wprowadzi filtr. Zastosowanie filtra wymaga podania współczynnika oporu (Friction factor)

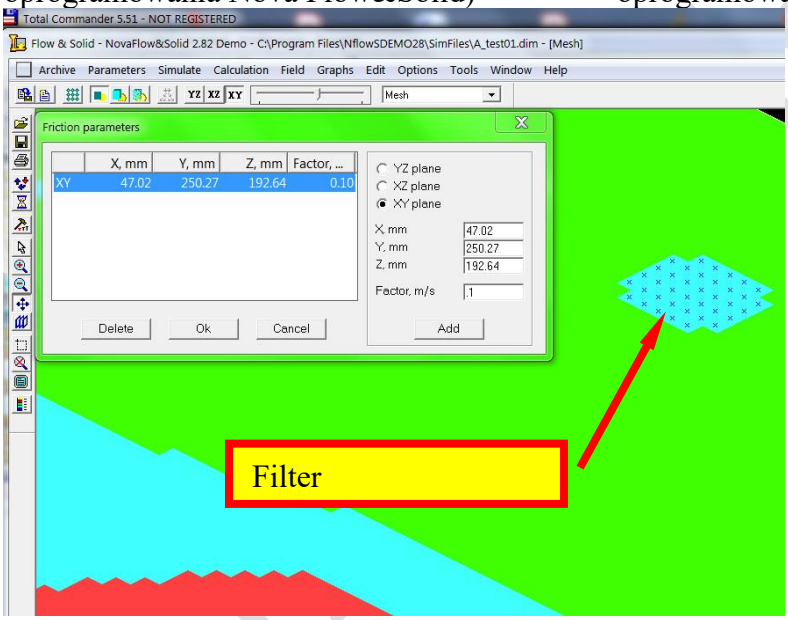
ponieważ filtry powodują spowolnienie przepływu stopu i ten efekt jest uwzględniany w obliczeniach hydraulicznych wypełniania formy.





Rys. 17c. Filling parameters – Bottom puring ladles (rysunek pochodzi z Pomocy oprogramowania Nova Flow&Solid)

Rys. 17d. Filling parameters – Bottom puring ladles (rysunek pochodzi z Pomocy oprogramowania Nova Flow&Solid).



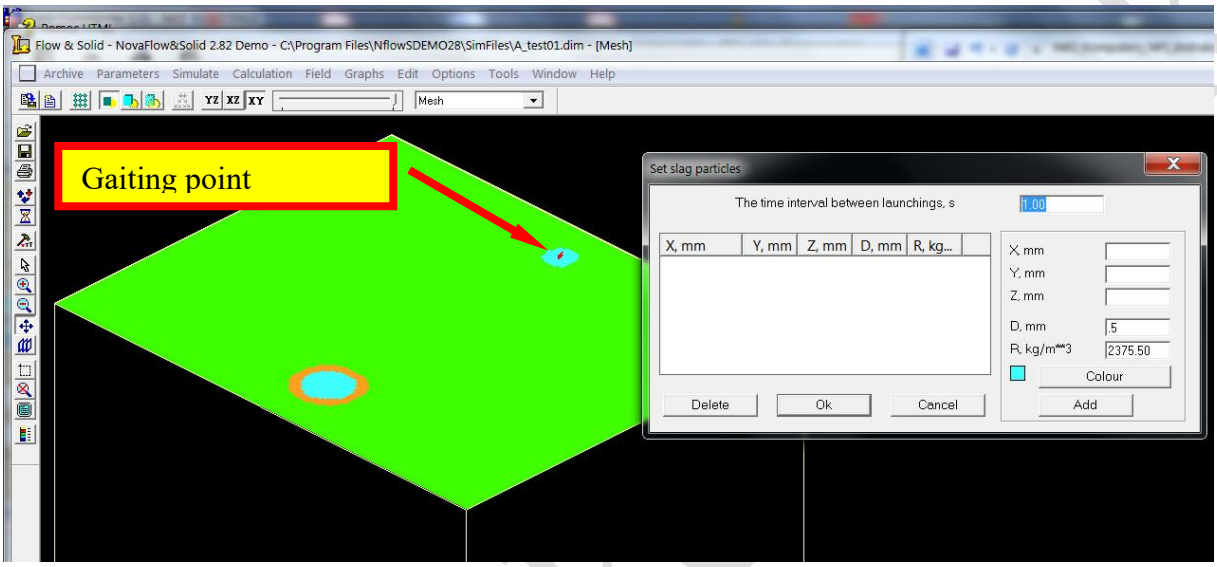
Rys. 18.

Set slag particles

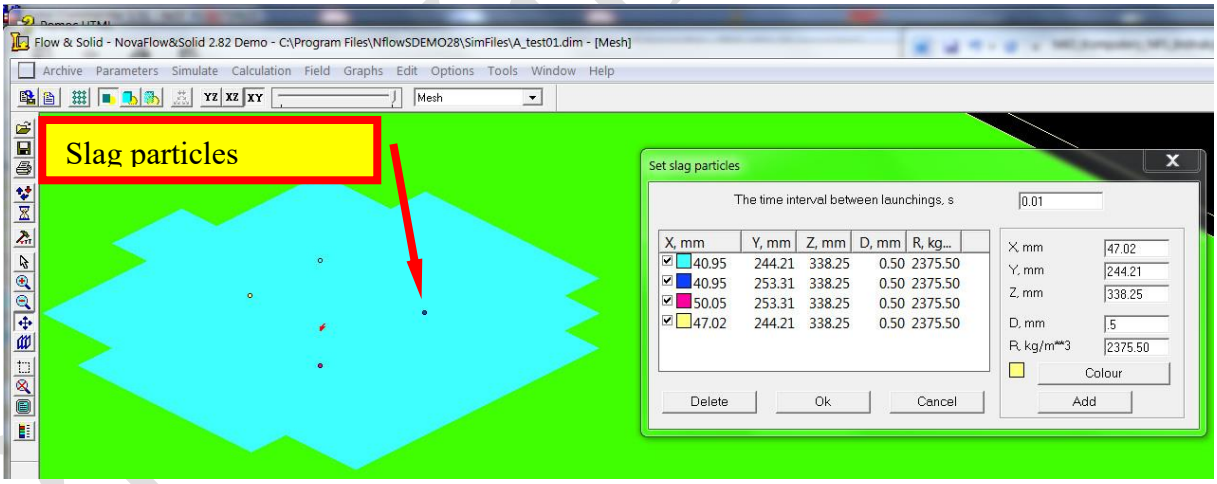
Set slag particles (Rys. 19 a i b) - w Parameters/Set slag particles – wstawianie zażużleń. Dla wprowadzania zażużleń (Slag particles) należy zmienić sposób wizualizacji układu odlew-forma, zmienić z widoku trójwymiarowe Output isometric na dwuwymiarowy Output section przy pomocy ikon na Rys. 6b (Sposoby wizualizacji omówiono powyżej m.in. Rys. 4f i 4g). Wybrać odpowiednią płaszczyznę ukazującą przekrój z miejscem wstawienia filtra.

Następnie przytrzymując przycisk Shift (Use Shift+Mouse on the mesh to input point) wstawić kursorem punkt. Zaleca się wstawić kilka takich punktów ale o różnych kolorach które zmieniać należy komendą Colour. Wskazać przedział czasowy (częstotliwość) uwalniania kolejnych cząsteczek żużla (Time interval between launchings s), wielkość średnicę cząstek żużla (D Diameter mm) oraz gęstości materiałów, które je tworzą (R density kg/m3). Sens stosowania takiej komendy jest przy śledzeniu przepływu zażużleń w odlewie podczas zalewania formy, tutaj należy odpowiednio dobrać gęstość cząstek zdecydowanie różną od gęstości stopu. Wartości gęstości cząstek różnych rodzajów żużla podano w Pomocy

NFS (Setting the slag particles). Wstępnie gęstość przyjmowana jest zgodna z gęstością stopu stosowanego w symulacji. Komenda Set slag particles świetnie nadaje się do śledzenia cząstek rozpatrywanego stopu (oprócz zażużleń), a więc przepływu poszczególnych kropli metalu. W miejscu „czerwonej strzałki" (Rys. 19b) przykładana jest struga stopu o określonej średnicy (zdefiniowanej w Filling parameters) i jeśli ta struga obejmuje wstawione „kolorowe punkty" Slag particles" (Rys. 19b) to krople stopu przepływające przez te „kolorowe punkty" są przez program oznaczane (z określoną częstotliwością Time interval between launchings), następnie rejestrowane i śledzone, co pozwala na przeanalizowanie kierunkowości przepływu, przemieszczania i mieszania się poszczególnych porcji wlewanego do formy stopu.



Rys. 19a.



Rys. 19b.

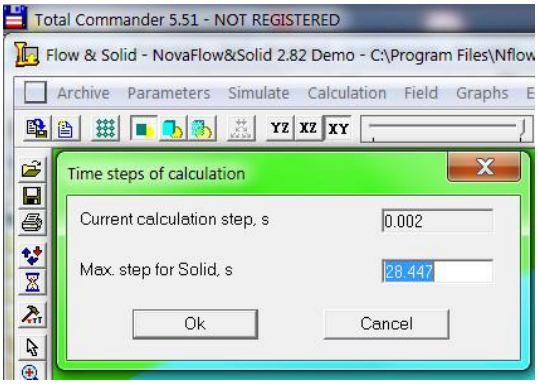
Time step

Time step … (Rys. 20) - w Simulate/Time steps… – wskazanie kroków czasowych w obliczeniach numerycznych, ważne dla rozwiązania numerycznego. Nie wstawiać, pozostawić wartości domyślne programu NFS.

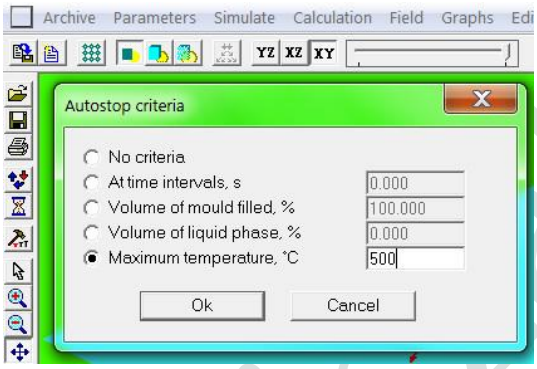
Auto stop

Auto stop (Rys. 21) - w Simulate/Auto stop – wskazanie kryterium zatrzymania obliczeń. Brak kryterium (No criteria), zatrzymanie obliczeń po określanym czasie (At time intervals s), określonym stopniu wypełnienia formy (Volume of mould filled %), określonym stopniu zakrzepnięcia odlewu wskazanym pozostającą ilością fazy ciekłej (Volume of liquid phase),

określonej wartości temperatury maksymalnej w odlewie (Maximum temperature °C). Jeśli prowadzona jest symulacja wypełniania (Flow) oraz symulacja krzepnięcia (Solid) to najbardziej polecany jest ostatni warunek, wskazania występującej w odlewie temperatury maksymalnej, której wartość powinna być poniżej temperatury końca krzepnięcie. Z dużym zapasem dla większości stopów będzie to np. temperatura 500 °C).



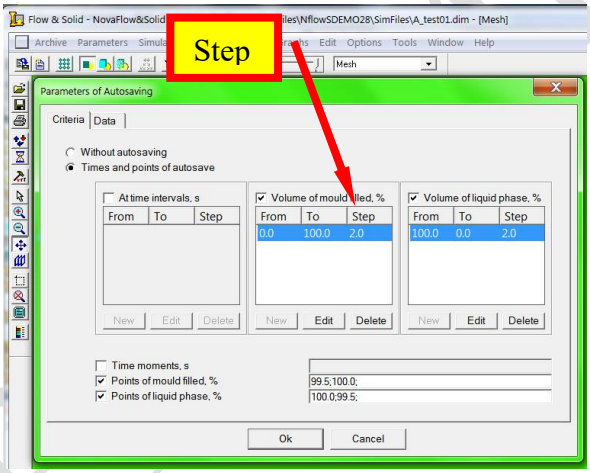
Rys. 20.



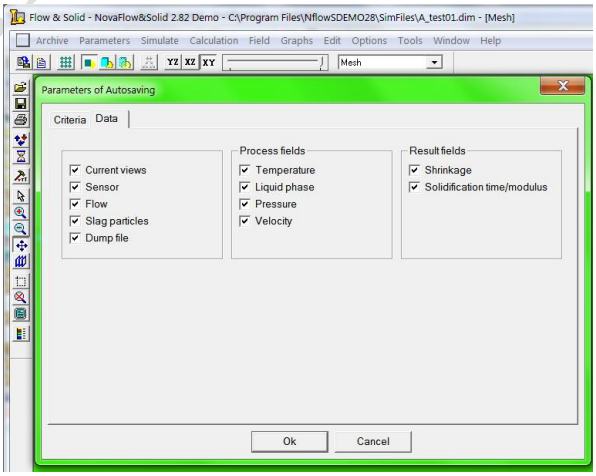
Rys. 21.

Auto save

Auto save (Rys. 22 a i b) - w Simulate/Autosave – wstawianie kryterium zapisu wyników symulacji. Zakładka Criteria (Rys. 22a) pozwala na wskazanie częstotliwości zapisu wyników symulacji. Należy podać częstotliwość np. co 2% (Step) dokonanego postępu procesu wypełniania (Volume of mould filled %) i co 2% (Step) dokonanego postępu procesu krzepnięcia (Volume of liquid phase %). Możliwe również wskazanie określonego momentu lub kilku momentów czasu dla zapisu wyników (Time moments c). Zakładka Data (Rys. 22b) pozwala na wskazanie rodzaju wyników do zapisywania, domyślnie należy zaznaczyć wszystkie rodzaje wyników



Rys. 22a.



Rys. 22b.

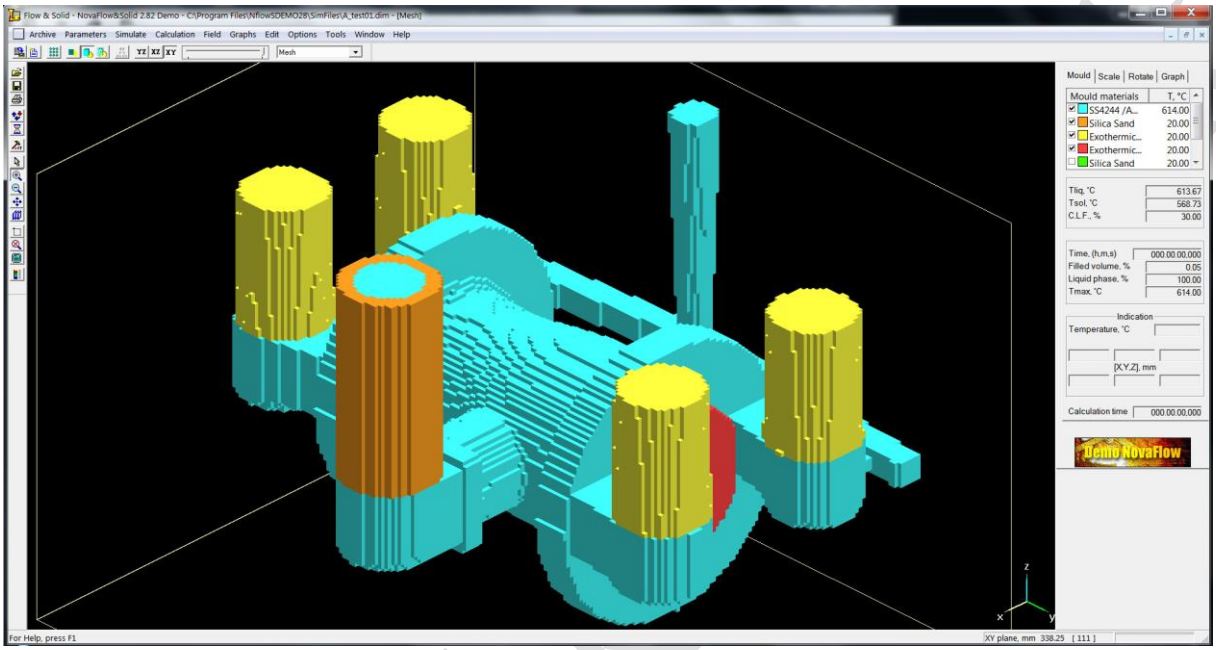
Start simulation

Start simulation – w Simulate/Start simulation – uruchomienie obliczeń symulacyjnych zdefiniowanych w wcześniejszych krokach (w modułach Initial settings i w Flow&Solid). Tę samą funkcję uruchomienia obliczeń spełnia ikona „klepsydry” po lewej stronie pulpitu. Przed uruchomieniem obliczeń (Rys. 23a), aby móc obserwować efekty dokonywanych obliczeń należy w listwie rozwijanej zamienić „Mesh” (Rys. 23a) na „Temperature” (lub któryś z innych parametrów, Rys. 23b). Następnie ustawić odpowiedni dobry widok, zaznaczyć („kolorowe kwadraty” po prawej stronie pulpitu) odpowiednie bryły (najlepiej tylko „niebieski” odlew).

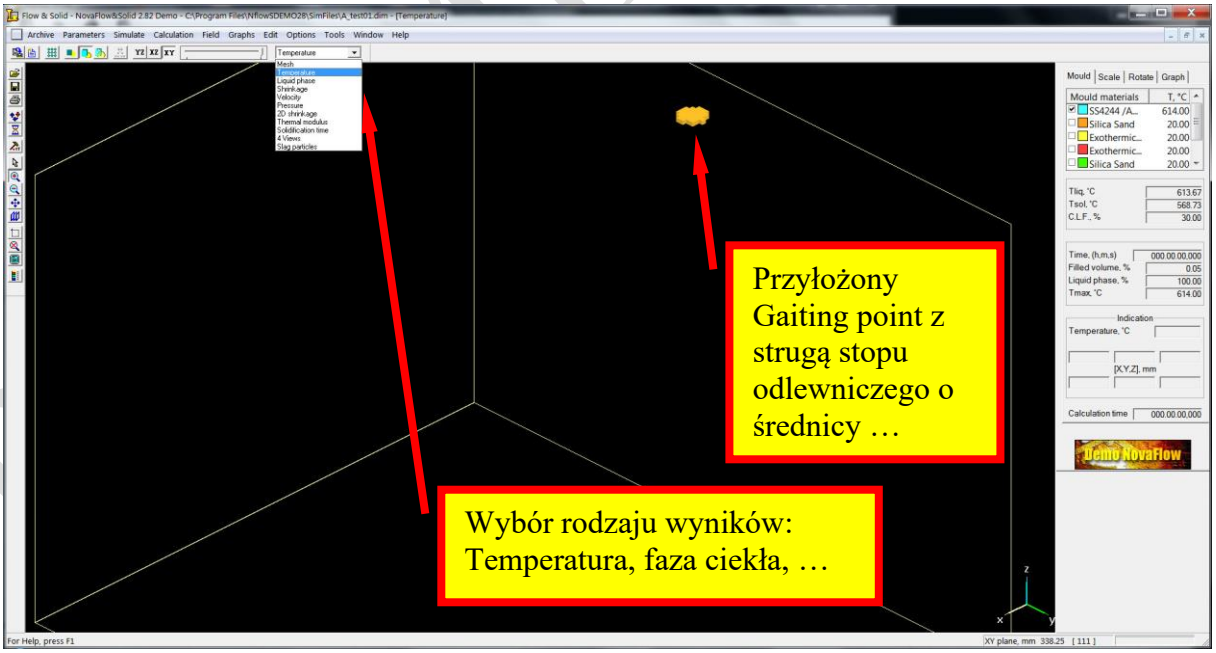
P. Mikołajczak

Warto odpowiednio dobrać kolorową skalę (Rys. 23c) temperatury (lub innego z obserwowanych parametrów, np. Liquid phase). Modyfikacja skali w Edit/Scale value … lub ikoną „Change scale values: po prawej stronie pulpitu. Najlepiej przyjmować wartości skali w zakresie temperatur krzepnięcia odlewu, czyli dla rozpatrywanego stopu AlSi (SS4244/A ….) to Tliq = 613.67 i Tsol = 568.73, lub w zakresie od temperatury zalewania (Initial temperature) do temperatury początku Tliq lub końca krzepnięcia Tsol.

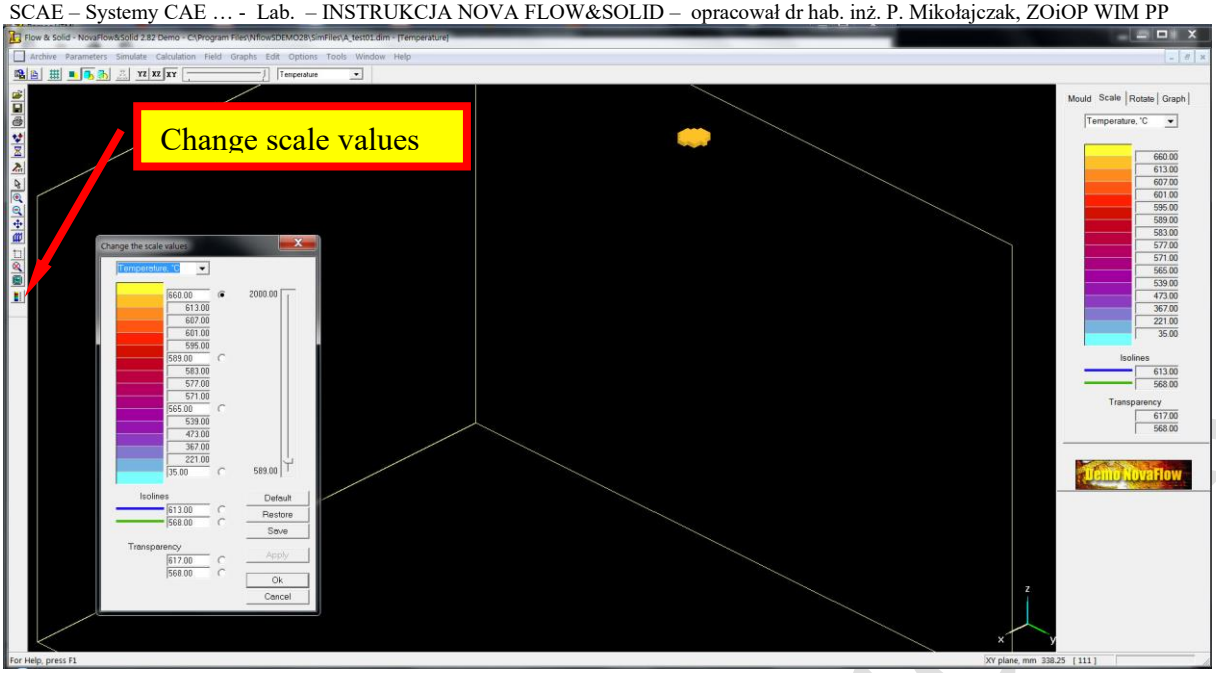
Rys. 23d pokazuje pewien etap zaawansowania wypełniania formy odlewniczej po 3.6 s i formie wypełnionej dopiero w 27 %.



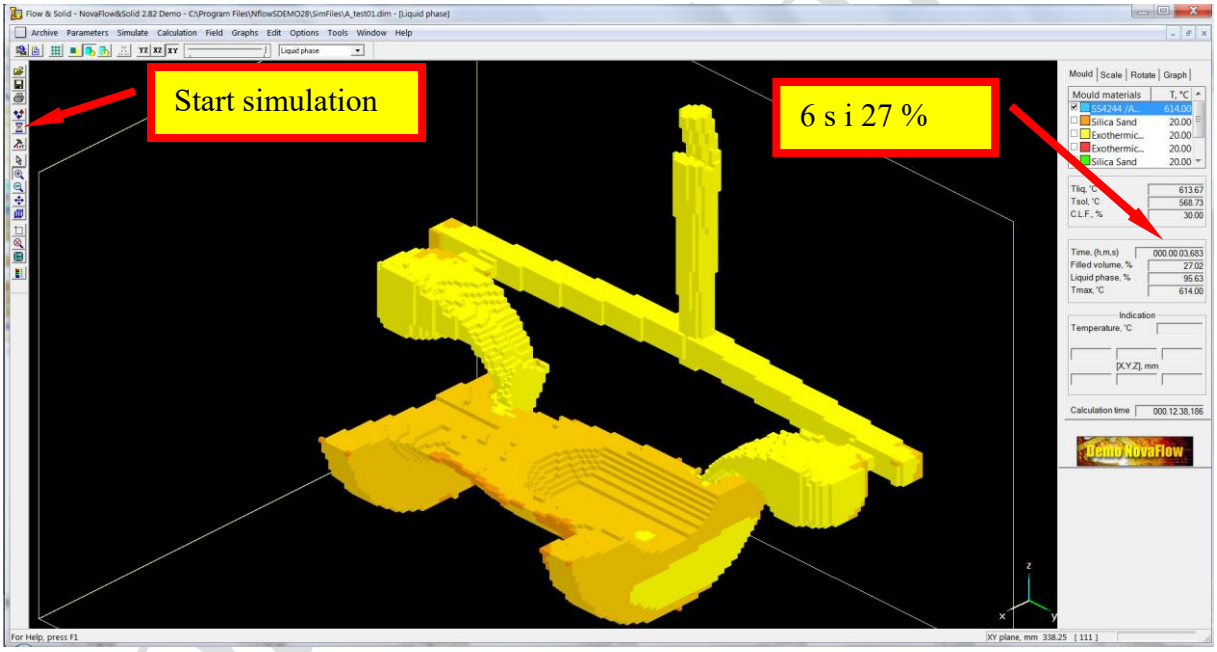
Rys. 23a.



Rys. 23b.



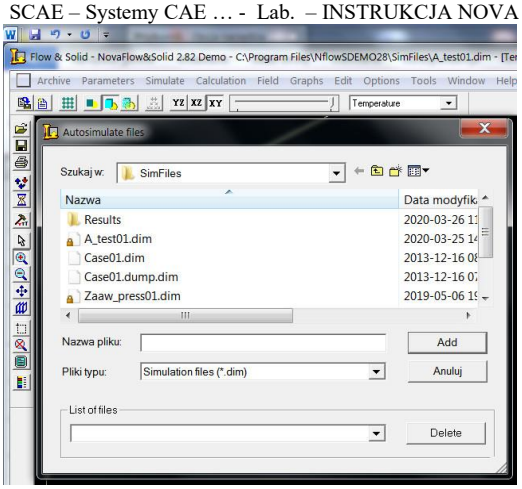
Rys. 23c.



Rys. 23d.

AutoSimulate

AutoSimulate (Rys. 24) – w Simulate/AutoSimulate – uruchomienie kolejki kilku obliczeń symulacyjnych. Można najpierw (dla kilku różnych odlewów lub różnych wersji symulacji) dokonać wszelkich ustawień obliczeń (w modułach Initial setting i Flow&Solid), aż do momentu uruchomienia obliczeń (Start simulation), a następnie ustawić serię symulacji (kolejkę plików DIM tworzymy poprzez dodawanie „Add”) i uruchomić taką serię (AutoSimulate). Rozwiązanie wygodne przy konieczności przeprowadzenia kilku różnych i długotrwałych symulacji.



Rys. 24.

Wygląd pulpitu Flow&Solid

Wygląd pulpitu Flow&Solid (Rys. 25) – komendy po prawej stronie pulpitu.

Mould – zakładka wskazywania poszczególnych brył (odlew, forma, etc), temperatur charakterystycznych stopu Tliq i Tsol, czas przebiegu procesu zalewania Time (a nie czas trwania symulacji), procent wypełnienia formy (Filled volume), procent nadal ciekłej części odlewu podczas krzepnięcia (Liquid phase), temperatura maksymalna w odlewie (Tmax). Wskazanie wartości prezentowanego parametru w wizualizacji dwuwymiarowej (Output section) pozwala na odczytanie wartości np. temperatury w określonym czasie i miejscu w odlewie. Calculation time to czas przeprowadzania obliczeń.

Scale – zakładka kolorowej skali poszczególnych parametrów (np. Temperature) oraz izolinii. Transparency wskazuje że wartości poza podanym zakresem są niewidoczne.

Rotate – umożliwia obrót obserwowanego układu odlew-forma (widocznych brył) i zmianę widoku.

Graph – dotyczy wykresów tworzonych przez program NFS dla prezentacji wyników rejestrowanych we wskazanych czujnikach Sensors (Sensor element w module Initial settings). Na wykresie można obserwować przebieg w czasie m.in. temperatury, cieśnienia, etc. Gatings wskazuje pozycję miejsca zalewania (wlewania stopu) zdefiniowanego w Gaiting points (moduł Initial settings).

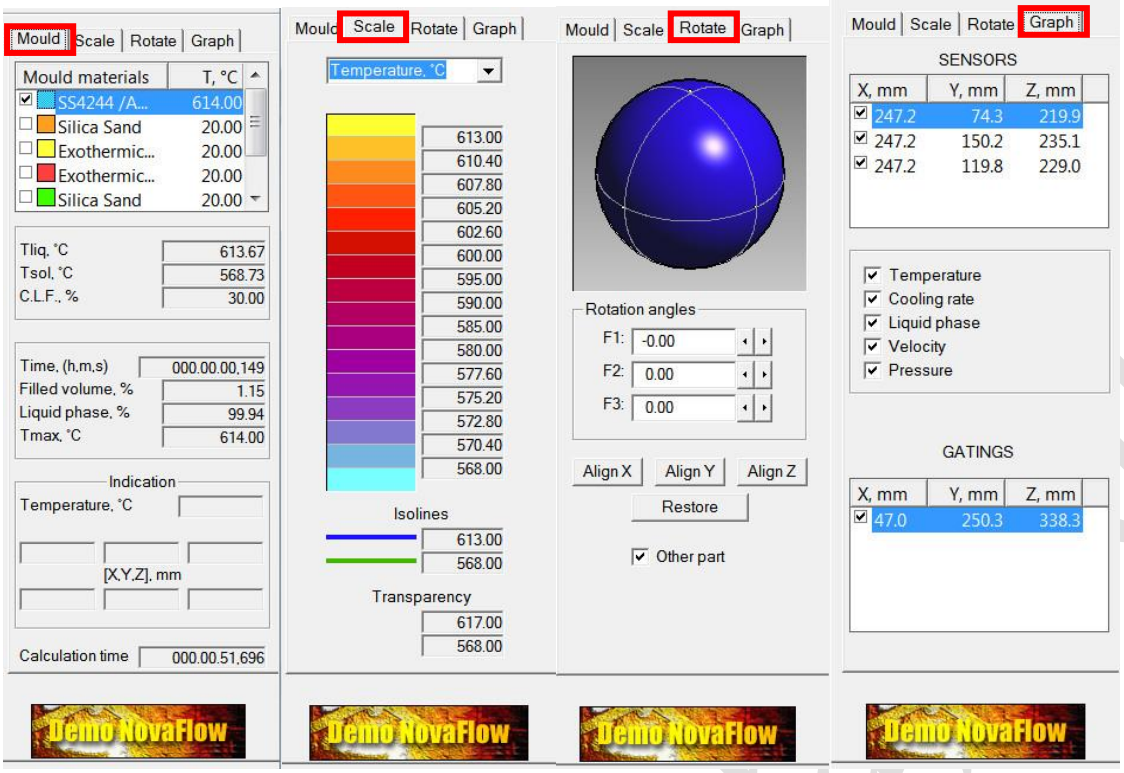
Po uruchomieniu obliczeń „Start simulation" następuje ich rozwiązywanie prze model/modele (np. równanie Fourier-Kirchhoff'a, Navier-Sockes'a) zjawisk zachodzących w odlewie. W zależności od skomplikowania modeli, sprawności algorytmów numerycznych, ilości elementów dyskretyzacji (Mesh np. 2 mln), warunków początkowych, brzegowych i fizycznych, **obliczenia mogą trwać od kilku minut do kilku godzin**, dni, tygodni, …

Podczas obliczeń i po zakończeniu obliczeń program NFS zapisuje wyniki obliczeń.

Poza kończeniu obliczeń należy zamknąć moduł Flow&Solid i otworzyć moduł Browser.

Do przeglądania wyników służy moduł Browser (a nie Flow&Solid).

Piotr Mikołajczak



Rys. 25.

6. BROWSER

Moduł Browser służy do przeglądania wyników. W programie NFS Browser jest etapem tzw. post-processingu, czyli przeglądania, walidowania, analizowania i wnioskowania na temat wyników symulacji.

Uwaga: sposoby wizualizacji w NFS w module Browser (podobnie jak w modułach Initial setting i Flow&Solid).
Widok pulpitu w Browser przedstawiono na Rys. 26.
Możliwe jest obserwowanie geometrii układu odlew-forma (odlew, forma, rdzeń, etc.): Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), Output transparent (ikony w lewym górnym narożniku pulpitu) jak pokazano na Rys. 27.
Rys. 4a przedstawia Output section a Rys. 4b Output isometric.
Przyciski YZ plane, XZ plane i XY plane umożliwiają wybór płaszczyzny przecinania geometrii układu odlew-forma a suwak pozwala na jej przemieszczanie zarówno dla Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), jak i Output transparent.

Geometria rozważana Ball_valve_50_layout zawiera odlew, rdzeń, otuliny izolacyjne (4 szt.), otulinę izolacyjną (1 szt.) układ wlewowy. Zaznaczając lub odznaczając (Rys. 4c) poszczególne nazwy (nazwy wstępnie przyjęte np. Air jako zrobione z materiału powietrze) można ukazywać lub ukrywać poszczególne bryły (Rys. 4d). Formę przedstawia zielony sześcian (Rys. 4e). Uwaga: kolory nadawane bryłom są losowe z poszczególnych projektach mogą być różne. Ikony Output section (widok dwuwymiarowy2D), Output isometric (widok trójwymiarowy 3D), Output transparent (ikony w lewym górnym narożniku pulpitu) przedstawia Rys. 4f.

Piotr Mikołajczak

W przeglądaniu geometrii układu odlew-forma (odlew, forma, rdzeń, etc) pomocne są ikony po lewej stronie pulpitu (Rys. 28, Rys. 4g). Te ikony to: Zoom window, Zoom restore, Neutral, Zoom ++, Zoom --, Move, Change section, On/Off full screen.

Na Rys. 28 przedstawiono ikony służące do przeglądania wyników.

W celu obejrzenia określonego rodzaju wyników symulacji należy wybrać go listwy rozwijanej (Rys. 27), np. Temperature, Liquid phase. Wyniki takie pokazują pole temperatury w przestrzeni odlewu (w widoku dwu lub trójwymiarowym) w wybranym momencie czasu. Określony etap powstawania odlewu czyli czas procesu można wybierać przy pomocy przycisków Forward/Backward (Play forward, etc.) lub wskazują określony rekord zapisu na liście po prawe stronie pulpitu (Rys. 30). Rekordy te przedstawiono na Rys. 29. Zakładka Mould (Rys. 29) pozwala na wskazywanie rekordów (czasu) przebiegu symulacji oraz na wskazywanie lub ukrywanie poszczególnych brył (zaznacz/odznacz np. materiał o nazwie SS4244). Dokładną wartość danego parametru (np. temperatury) można uzyskać w polu Indication, ale jedynie w widoku dwuwymiarowym (Output section, Rys. 27).

Uwaga: problemy z wskazaniem płaszczyzny cięcia i przekroju.
Jeśli na którymś z etapów przeglądania wyników (np. Temperature) lub dyskretyzacji przestrzennej (Mesh) pojawi się obraz jak na Rys. 31 a i b, wówczas należy wcisnąć **PRAWY** przycisk myszy. Ponadto należy **wyłączyć** funkcję **„Change section"** (przełączyć ją na np. Neutral, Rys. 31a).

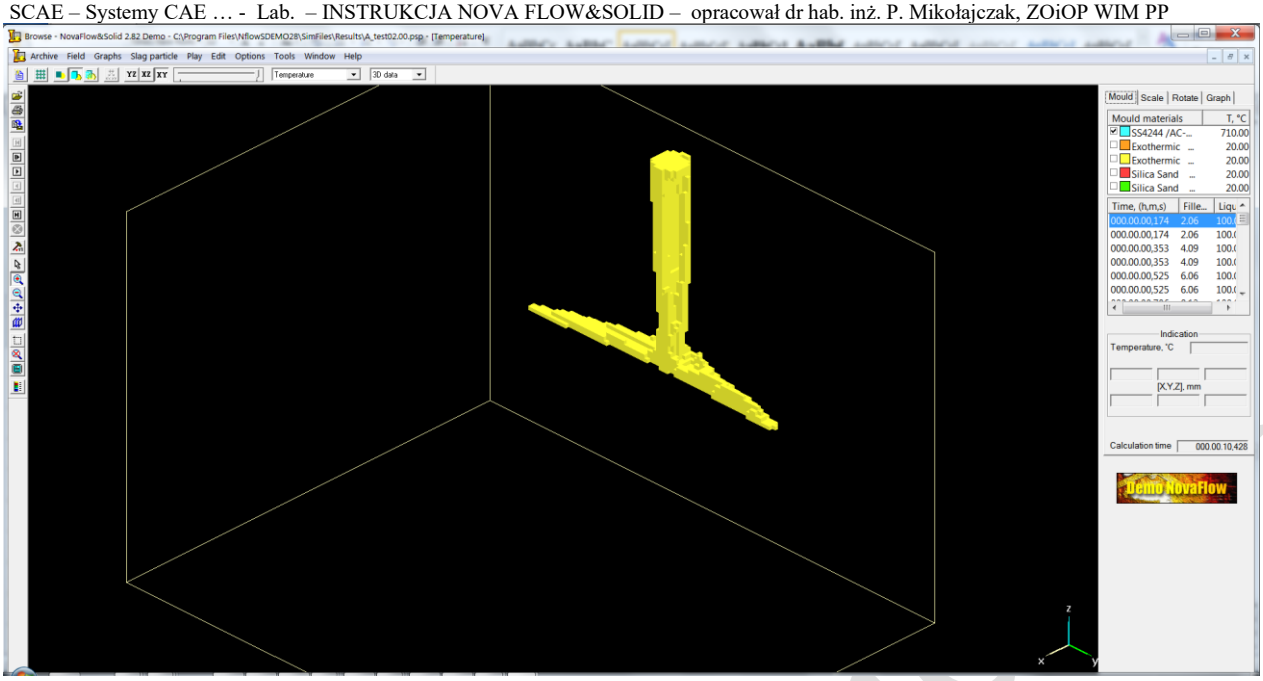
Wyniki symulacji

Wyniki symulacji w NFS:
- Temperature – temperatura [°C],
- Liquid phase – faza ciekła – przedstawia procentowy (%) udział ciekłej fazy stopu odlewniczego a więc prezentuje stopień zaawansowania procu krzepnięcia),
- Shrinkage – wada skurczowa – bardziej ogólnie przedstawia wady nieciągłości odlewów czyli brak materiału odlewu we wskazanym miejscu, skala procentowa (%) udziału pustki we wskazanej komórce dyskretyzacji przestrzennej,
- Shrinkage 2D – wada skurczowa w wizualizacji 2D,
- Pressure – ciśnienie w ciekłym stopie na etapie wypełniania [bar],
- Velocity – prędkość ciekłego stopu na etapie wypełniania [m/s],
- Thermal modulus – moduł cieplny [cm] – obliczany na podstawie pierwiastka kwadratowego lokalnego czasu krzepnięcia (w danym węźle dyskretyzacji przestrzennej) i współczynnika proporcjonalności, celem wprowadzenia Thermal modulus było uzyskanie w symulacji parametru zbliżonego do tzw. modułu (geometrycznego jako ilorazu objętości do powierzchni chłodzącej) stosowanego powszechnie przez technologów odlewnictwa,
- Solidification time – czas krzepnięcia [s], czas osiągnięcia temperatury solidus w danym miejscu (w danym węźle dyskretyzacji przestrzennej mesh)
- Slag particles – wskaźniki przemieszczania zażużleń (stosowane również do analizy przemieszczania porcji/kropel metalu

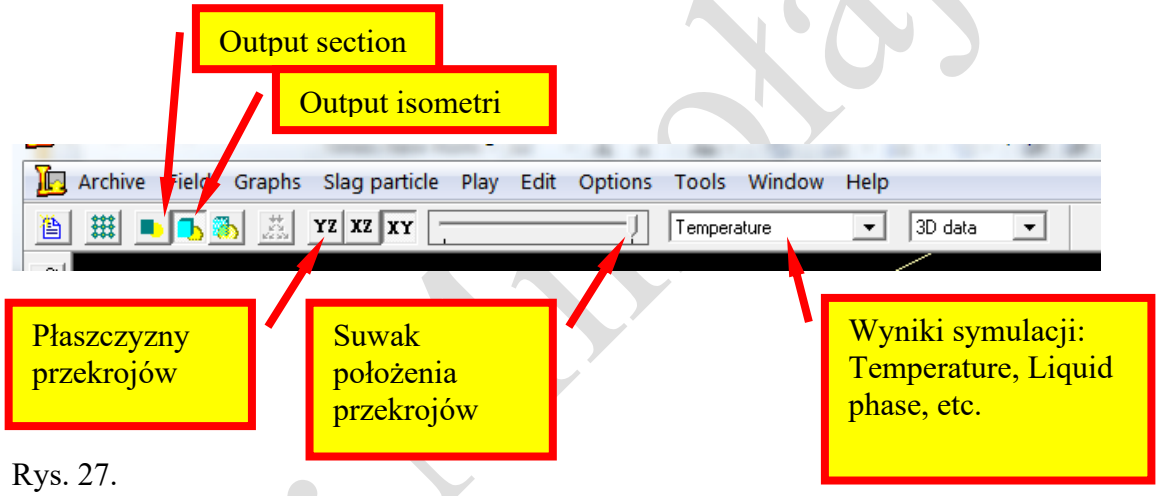
Graphs

Wykresy (Graphs) przywołuje się komendą Graphs/Sensor (Rys. 27). Wskazanie danych do zaprezentowania na wykresie odbywa się w zakładce Graph (Rys. 29), co pozwala na wskazanie czujników (Sensor element) i parametru (np. Temperature).

Piotr Mikołajczak

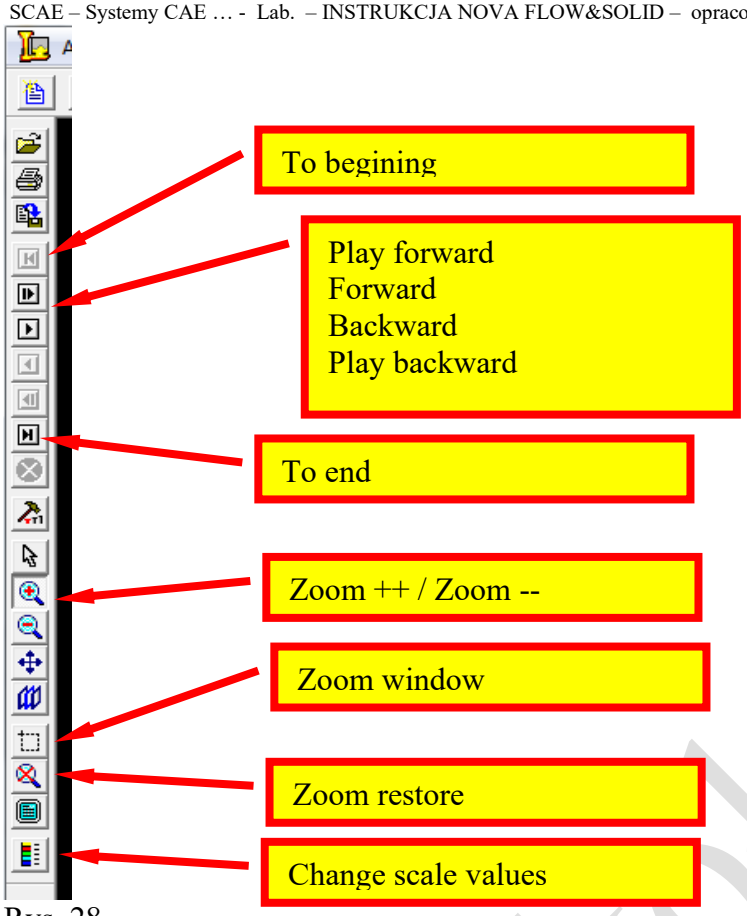


Rys. 26



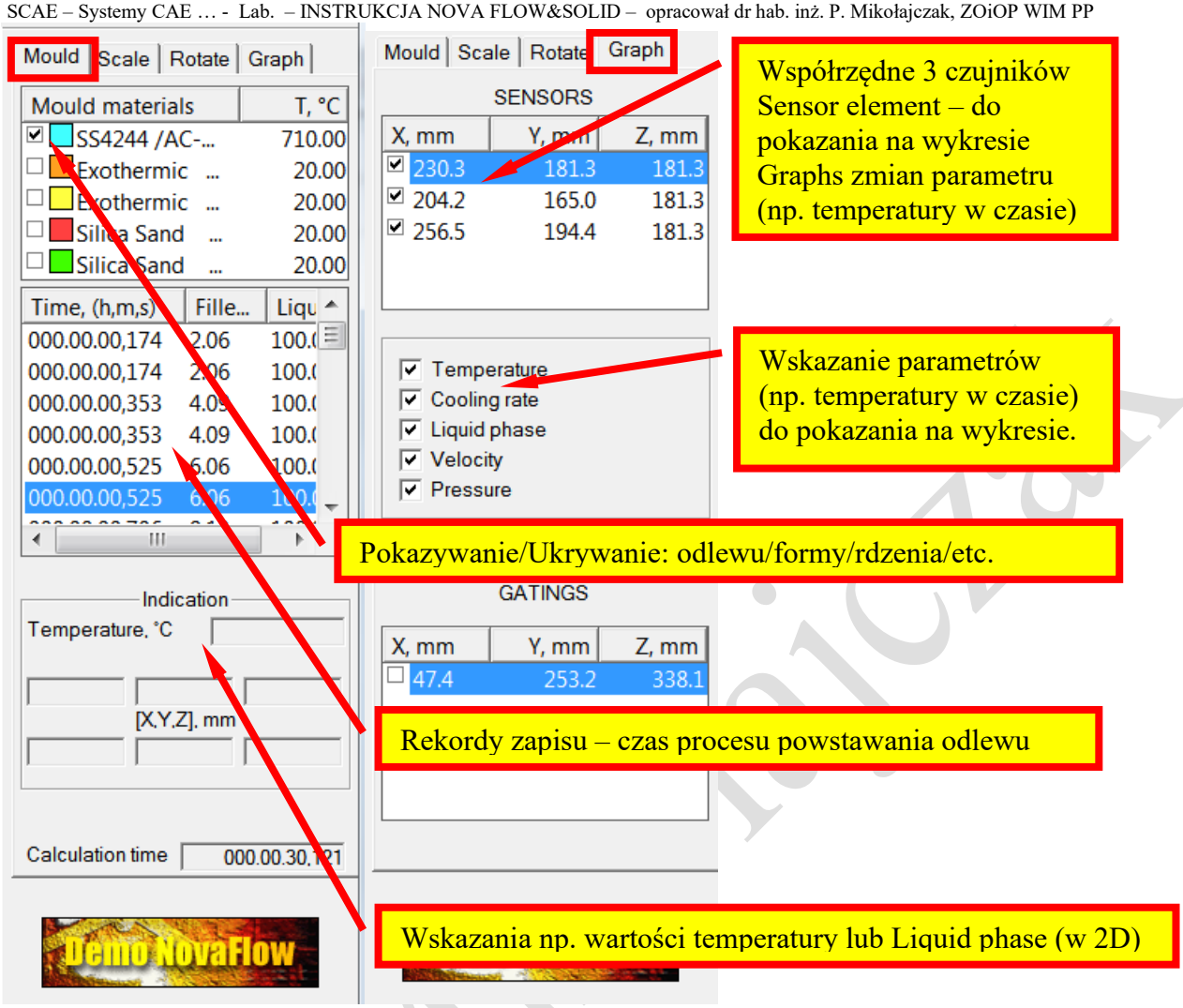
Rys. 27.

Piotr Mikołajczak

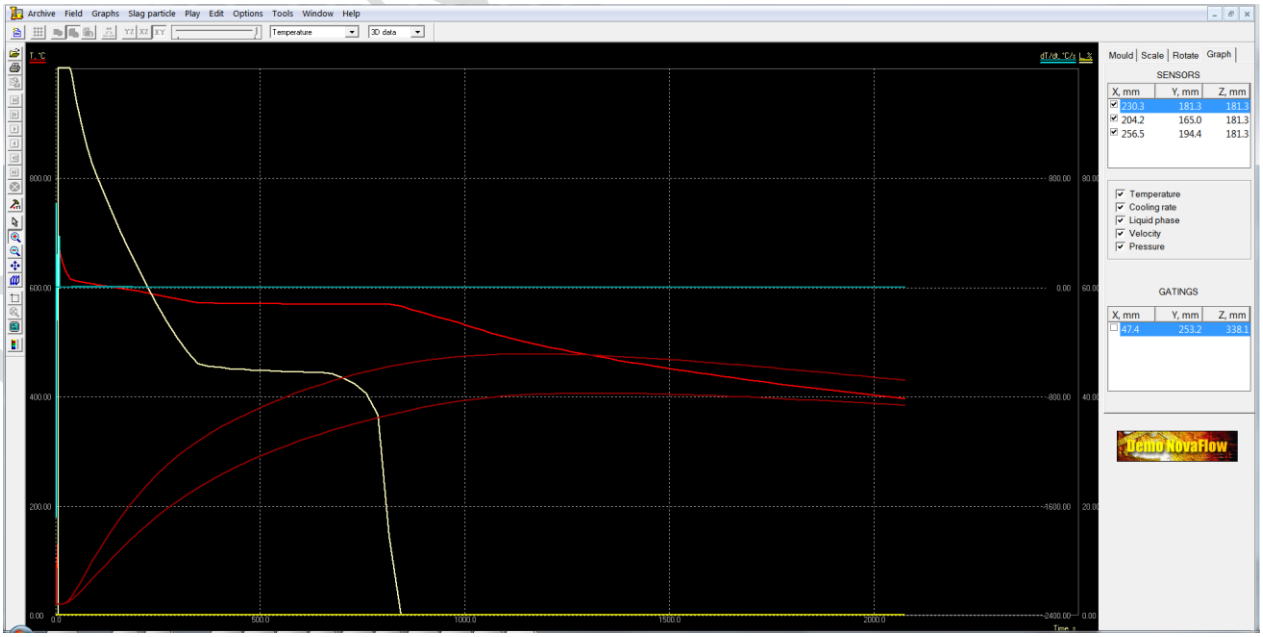


Rys. 28.

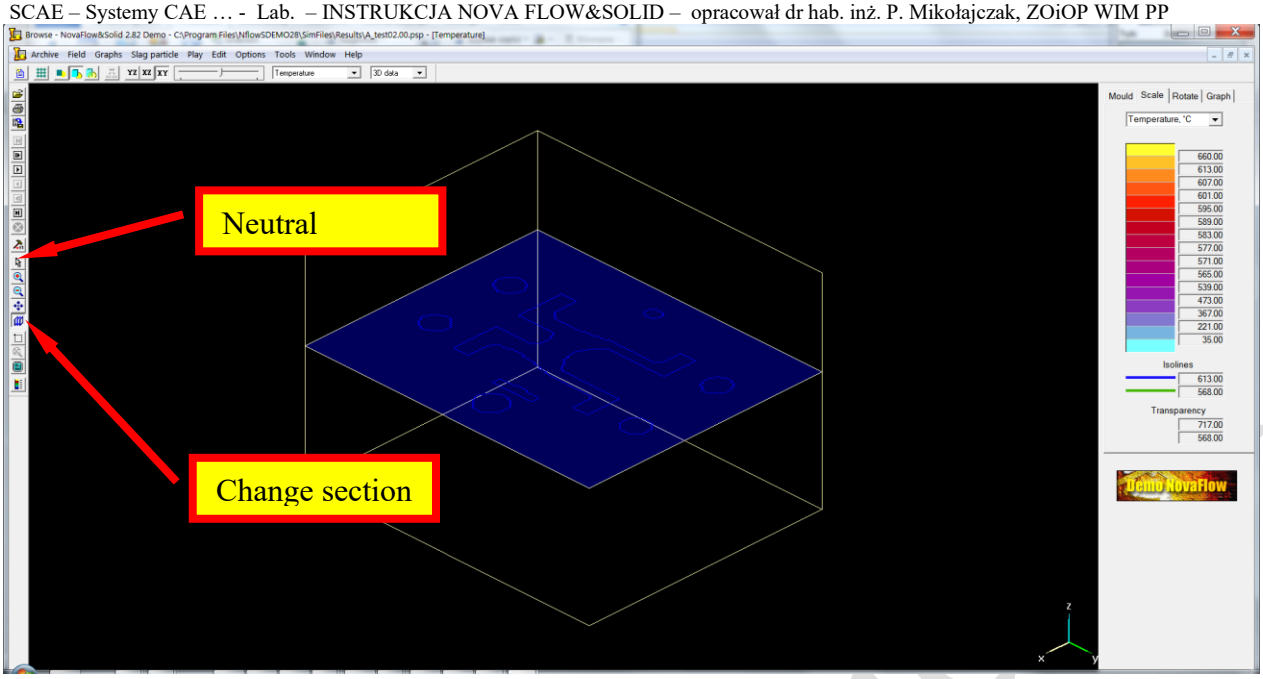
Piotr Mikołajczak


Mould
Scale
Rotate
Graph
Mould materials
T, °C
SS4244 /AC-...
710.00
Exothermic ...
20.00
Exothermic ...
20.00
Silica Sand ...
20.00
Silica Sand ...
20.00
Time, (h,m,s)
Fille...
Liqu
000.00.00,174
000.00.00,174
000.00.00,353
000.00.00,353
000.00.00,525
000.00.00,525
Indication
Temperature, °C
[X,Y,Z], mm
Calculation time
000.00.30,
Demo NovaFlow
SENSORS
X, mm
Y, mm
Z, mm
230.3
181.3
181.3
204.2
165.0
181.3
256.5
194.4
181.3
Temperature
Cooling rate
Liquid phase
Velocity
Pressure
GATINGS
X, mm
Y, mm
Z, mm
47.4
253.2
338.1
Współrzędne 3 czujników Sensor element – do pokazania na wykresie Graphs zmian parametru (np. temperatury w czasie)
Wskazanie parametrów (np. temperatury w czasie) do pokazania na wykresie.
Pokazywanie/Ukrywanie: odlewu/formy/rdzenia/etc.
Rekordy zapisu – czas procesu powstawania odlewu
Wskazania np. wartości temperatury lub Liquid phase (w 2D)

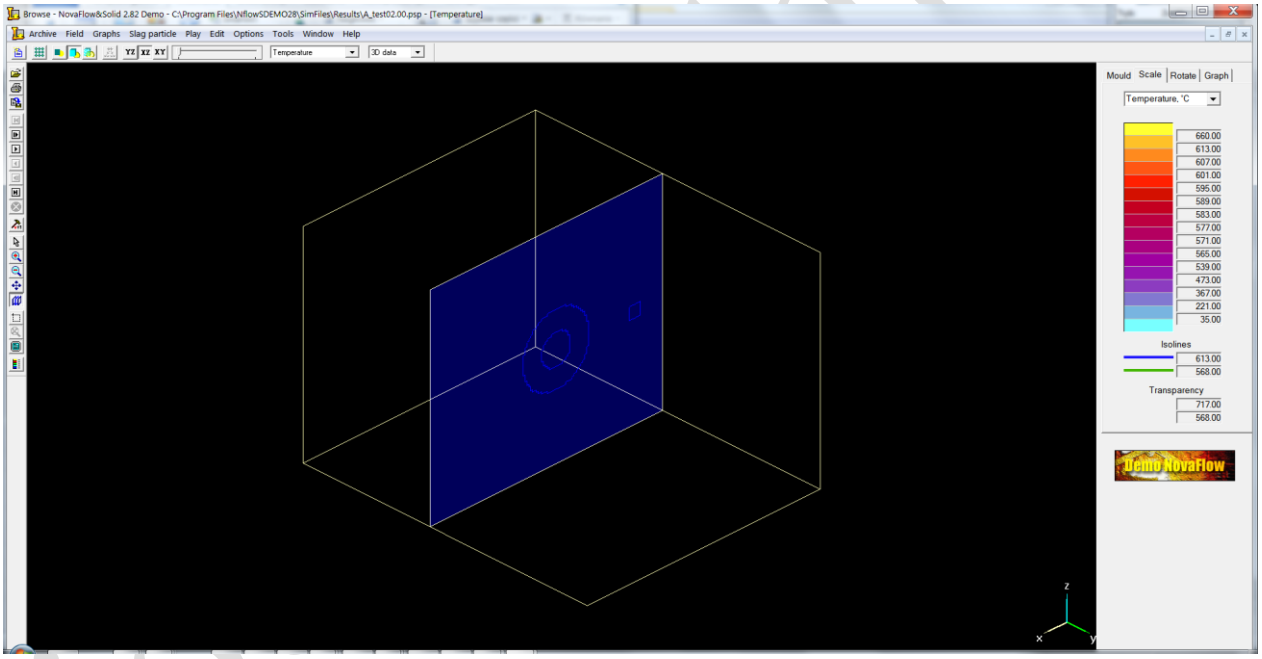
Rys. 29.


Archive
Field
Graphs
Slag particle
Play
Edit
Options
Tools
Window
Help
Temperature
3D data
T, °C
Mould
Scale
Rotate
Graph
SENSORS
X, mm
Y, mm
Z, mm
230.3
181.3
181.3
204.2
165.0
181.3
256.5
194.4
181.3
Temperature
Cooling rate
Liquid phase
Velocity
Pressure
GATINGS
X, mm
Y, mm
Z, mm
47.4
253.2
338.1
Demo NovaFlow

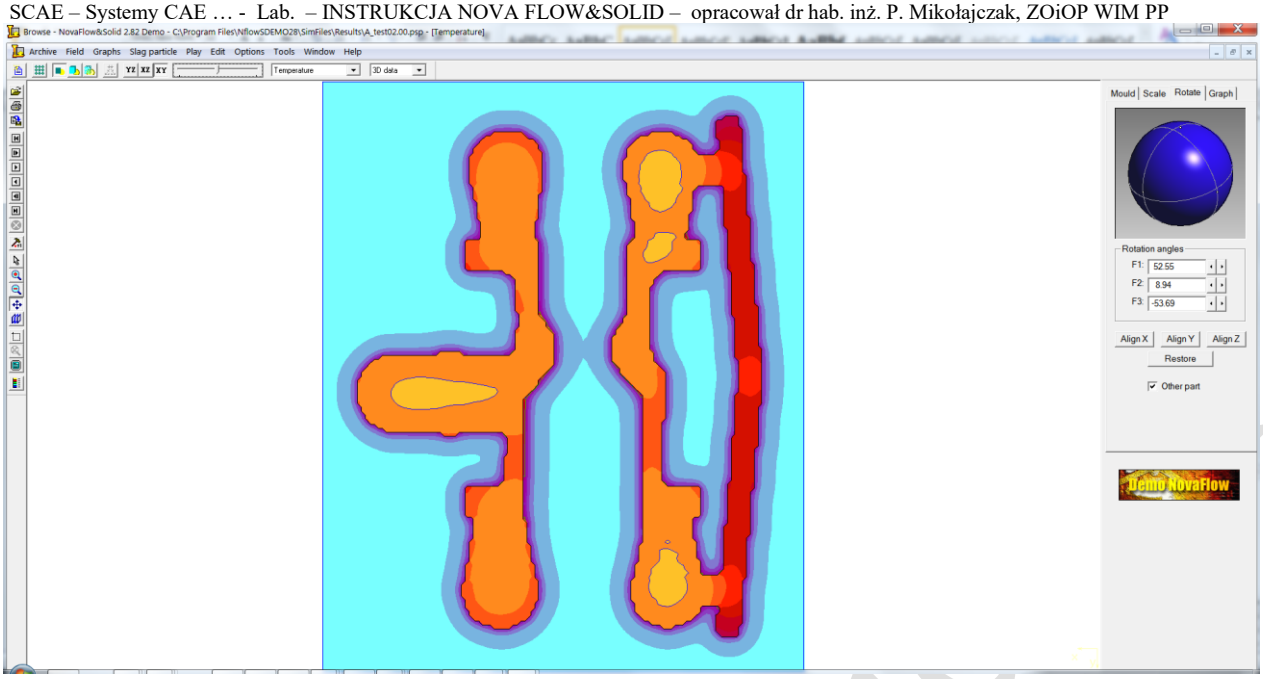
Rys. 30.



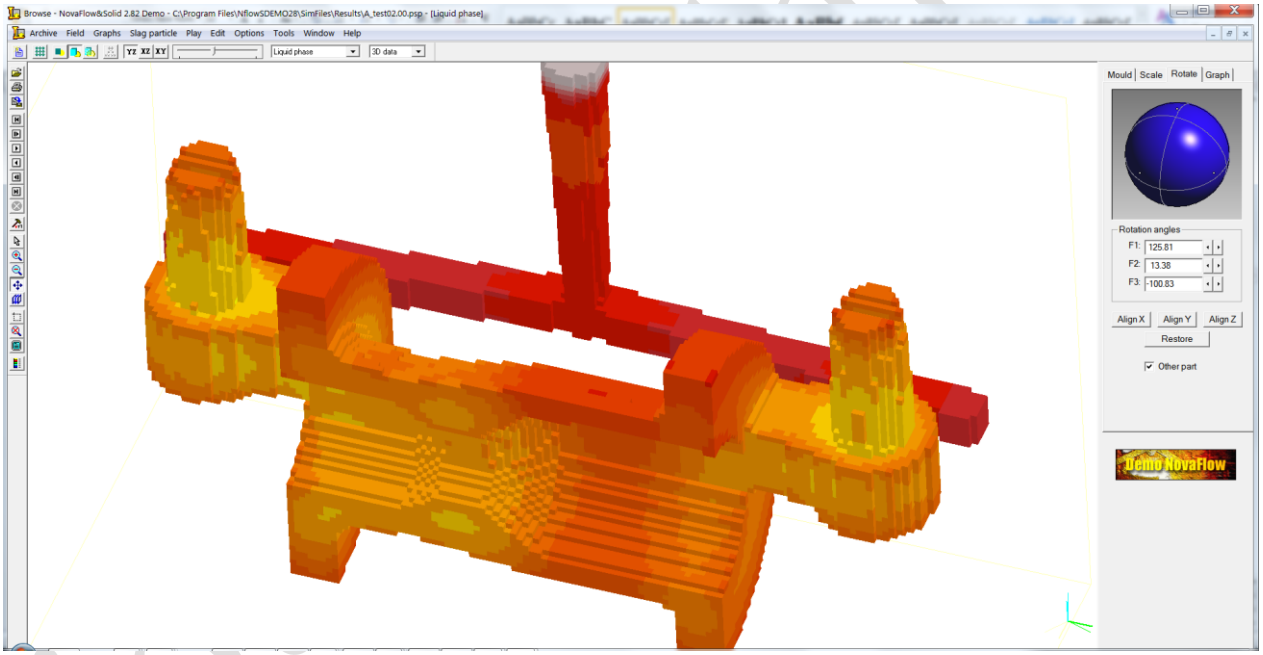
Rys. 31a.



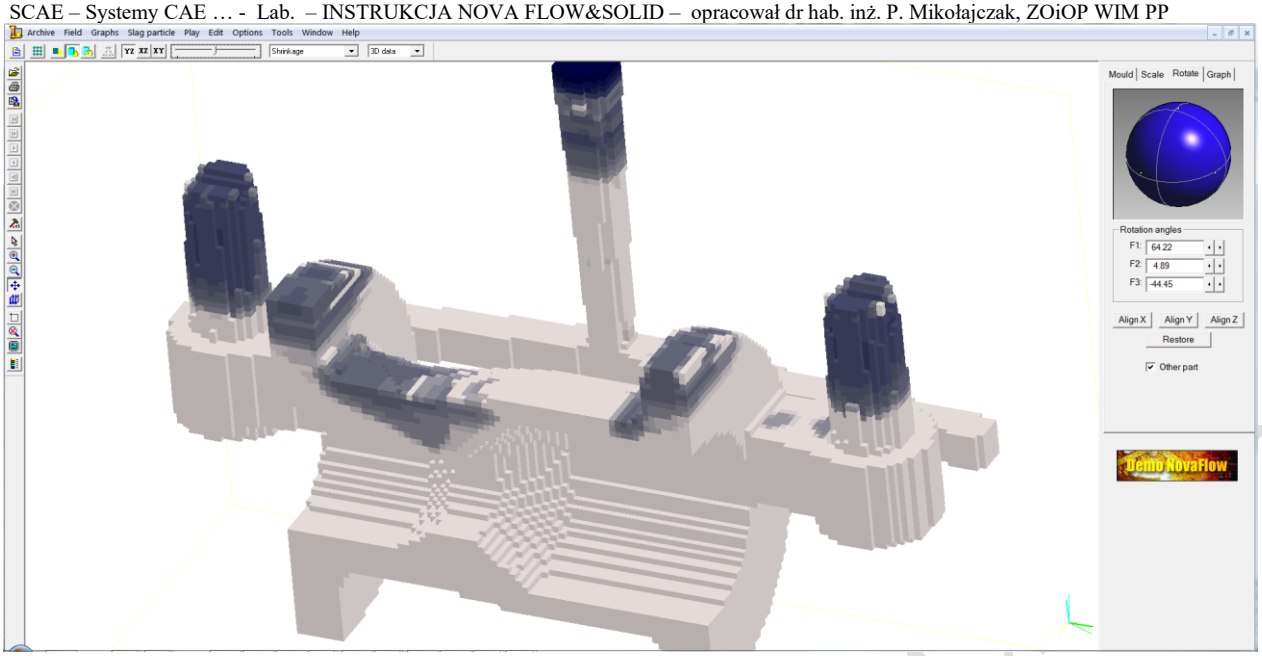
Rys. 31b.


Archive Field Graphs Slag particle Play Edit Options Tools Window Help
Temperature
3D data
Mould Scale Rotate Graph
Rotation angles
F1: 52.55
F2: 8.94
F3: -53.69
Align X Align Y Align Z
Restore
Other part
Demo NovaFlow

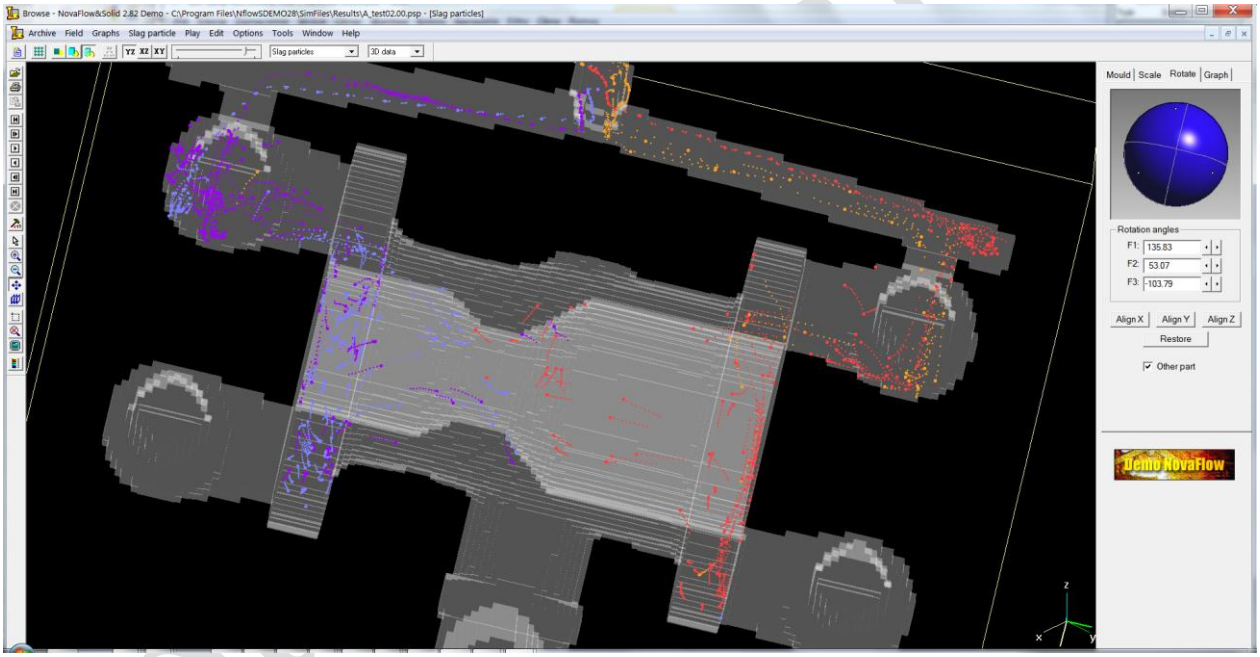
Rys. 32.


Archive Field Graphs Slag particle Play Edit Options Tools Window Help
Liquid phase
3D data
Mould Scale Rotate Graph
Rotation angles
F1: 125.81
F2: 13.38
F3: -100.83
Align X Align Y Align Z
Restore
Other part
Demo NovaFlow

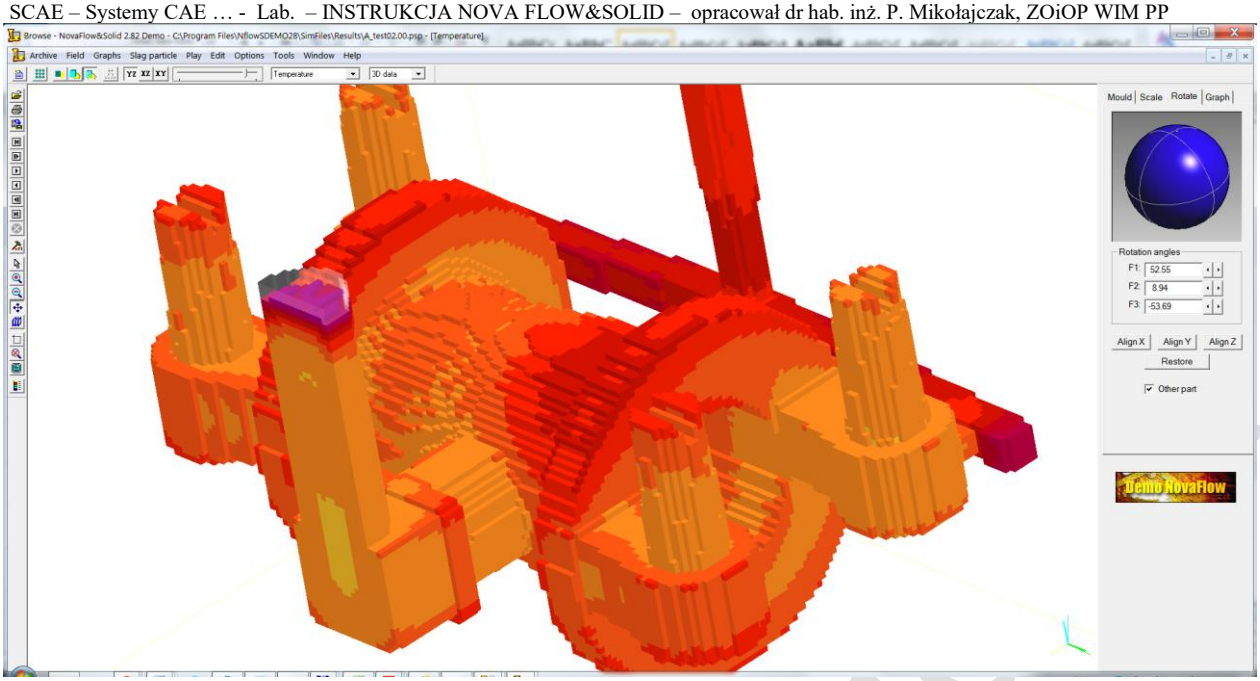
Rys. 33.


Archive Field Graphs Slag particle Play Edit Options Tools Window Help
Shrinkage
3D data
Mould Scale Rotate Graph
Rotation angles
F1: 64.22
F2: 4.89
F3: -44.45
Align X Align Y Align Z
Restore
Other part
Demo NovaFlow

Rys. 34.


Archive Field Graphs Slag particle Play Edit Options Tools Window Help
Slag particles
3D data
Mould Scale Rotate Graph
Rotation angles
F1: 135.83
F2: 53.07
F3: -103.79
Align X Align Y Align Z
Restore
Other part
Demo NovaFlow

Rys. 35.



Rys. 36.

Celem tej instrukcji jest zaznajomienie z komendami i parametrami stosowanymi w programie NFS w celu przeprowadzenia symulacji odlewania (zalewania i krzepnięcia).

Instrukcja zawiera szczegółowe informacje na temat poszczególnych komend, operacji, parametrów i ustawień. Stanowi główną część opisu programu, i jest drugim krokiem (po instrukcji „Fast-Short") pomocnym w opanowaniu obsługi NFS. W instrukcji przedstawiono niemal wszystkie komendy/parametry, jednak nie wszystkie. Uzupełnienie, rozszerzenie i uszczegółowienie można znaleźć w Pomocy programu NFS

Po zaznajomieniu się z instrukcją „Fast-Short" i następnie z tą pełną instrukcją należy zapoznać się z:
- wytycznymi do symulacji: wskazaną geometrią odlewu, dokładnymi wartościami poszczególnych parametrów.

Kolejność korzystania z dostępnych instrukcji:
- instrukcja „Fast-Short" -
- instrukcją pełna, szczegółowo opisującą poszczególne komendy i parametry
- wytyczne do symulacji: wskazana geometria odlewu, dokładne wartości poszczególnych parametrów, wyniki do zaprezentowania, analizy do przeprowadzenia.

dr hab. inż. Piotr Mikołajczak
www.iFlowFePhase.info
Zakład Odlewnictwa i Obróbki Plastycznej
Wydział Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej

Piotr Mikołajczak