

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Инжењерски алати

Број индекса: 79/2016

Дејан Љ. Николић

**Моделирање заварених конструкција од
стандардних профила у CAD софтверима
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Ненад Марјановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Објасни начин моделирања и разради једну конструкцију од стандардних профила у предвиђеном CAD софтверу. Конструкција се формира на основу постојећих стандардних профила и након спајања врши се заваривање. Пре почетка рада у софтверу потребно је дефинисати стандардне профиле који ће се користити као и технологију којом ће се вршити спајање. Кандидат треба да разради процес моделирања у CAD софтверу CATIA и детаљно опише поступак рада. Након израде конструкције и описа процеса моделирања описати предности моделирања конструкција стандардним профилима.

Препоручена литература:

- [1] Светислав Јовичић, Ненад Марјановић, Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2011.
- [2] Ружица Николић, Весна Марјановић, Металне конструкције, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1998.
- [3] Горан Деведић, CAD/CAM технологије, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2009.

Крагујевац, 08. 10. 2019

ментор: др Ненад
Марјановић, редовни
професор

Садржај

Резиме	5
1. Уводна разматрања	6
2. Металне конструкције стандардних профила	9
3. Технологија израде металних конструкција	13
4. Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у софтверском пакету CATIA V5R21	19
4.1 Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у модулу <i>Structure Design</i>	19
4. 2 Заваривање у CATIA-и	40
5. Закључак	47
Литература	48

Резиме

У оквиру завршног рада на задату тему разradio сам поступак моделирања заварене конструкције у CAD софтверу CATIA. У поступку моделирања сам користио стандардне профиле за израду металне конструкције која се у пракси користи као складиште, односно магацин за плоче и лимове у фабрикама. У првом делу рада су описани стандардни профили и њихове карактеристике. Након тога сам описао поступак спајања, односно технологију заваривања која је коришћења за спајање стандардних профила. У главном делу рада сам детаљно описао разрађену конструкцију и процес моделирања. На крају је описана предност моделирања металних конструкција од стандардних профила у CAD софтверима.

Кључне речи: заварене конструкције, CAD софтвер, моделирање, стандардни профили

Summary

As part of my final thesis on the given topic, I developed a welding modeling procedure for CATIA CAD software. In the modeling process, I used standard profiles to create a metal structure that is used in practise as a warehouse for boards and sheets in factories. The first part describes the standard profiles and their characteristics. After that, I described the joining process, that is, the welding technology used to connect the standard profiles. In the main part of the paper I have described in detail construction and modeling process. At the end, the advantages of modeling metal structures from standard profiles in CAD software are described.

Key words: welded structures, CAD software, modeling, standard profiles

1. Уводна разматрања

Тенденције развоја индустрије и тржишта на који се врши пласман производа у великој мери одређује и диктира начин рада и приступ развоју и производњи машинских система. Ова чињеница првенствено се односи на убрзан развој софтвера који омогућавају моделирање, конструисање, прорачуне и симулације у 3D форми. На овај начин, време израде машинских конструкција, од саме идеје као основе до коначног производа вишеструко се смањује.

Кад су у питању софтверска решења за моделирање, конструисање и развој машинских конструкција, неки од најзаступљенијих програма су:

- *CATIA*,
- *Inventor Autodesk*,
- *AutoCad Autodesk*,
- *SolidWorks*,
- *Pro Engineer* и други.

Претходно наведени софтвери су тренутно најзаступљенији на тржишту, међутим и они сами се непрестано унапређују и усавршавају. Примери напредних софтверских решења је платформа *3D Experience* која обухвата више програма истовремено.

Поред пратеће подршке софтверима, значајну улогу у процесу конструисања представља инжењер, његово искуство и литература којом располаже. У зависности од основне намене машинске конструкције или производа користе се посебни модули и приступи приликом развоја конструкције. Првенствено се мисли на могућност унификације производа и свих његових склопова и подсклопова. Већи ниво унификације доноси велики број предности у даљем процесу експлоатације и одржавања током животног циклуса самог производа, а инжењеру олакшава конструисање и развој.

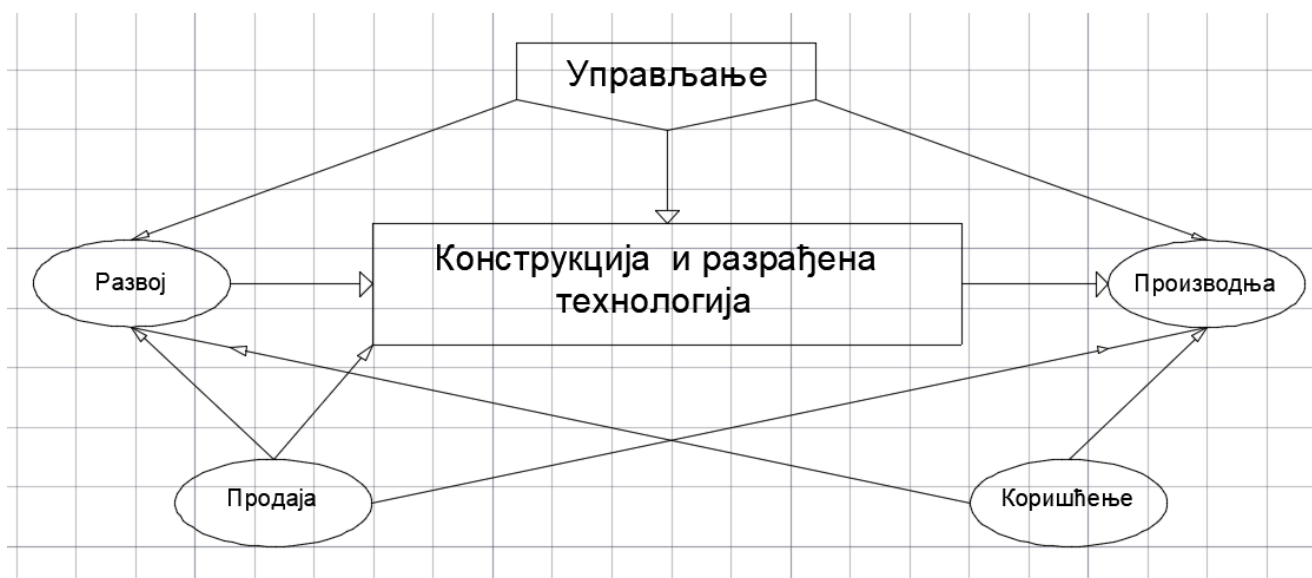
Приликом конструисања машинских система и његових делова, треба се тежити

- Скраћењу времена развоја машинских система од идеје до прототипа и серијске производње,
- Повећању обима научнотехничких информација које се користе у процесу развоја конструкције,

- Специјализација и даље продубљивање и освајање специфичних знања од стране конструктора,
- Развој нових праваца у савременој машиноградњи.

Применом напредних софтверских решења, коришћењем стандардизованих и унифицираних делова знатно се подиже могућност брже, квалитетних и економичнијег производа.

Процес развоја машинског система започиње разматрањем предлога потреба за тим системом, како би се преко конципирања, разраде, конструкционог решења и технолошке разраде стигло до коначне израде. Овај процес има све одлике једног сложеног, креативног и динамичког процеса који се одвоја у реалном времену, по развојним етапама усмереним на формирање пројекта конструкције и технологије. Шематски приказ развоја једног машинског система приказан је на слици 1.1. –



Слика 1.1 Управљање развојем и производњом машинског система

Савремени начини пројектовања конструкција помоћу рачунара подразумевају да се у старту полази од раванске, односно дводимензионалне (2D) пројекције, на основу којег се у даљој фази конструисања прелази у тродимензионалну (3D) форму. У тродимензионално радном простору формира се модел, којем се додају основне геометријско-технолошке карактеристике којима се постиже крајња форма производа.

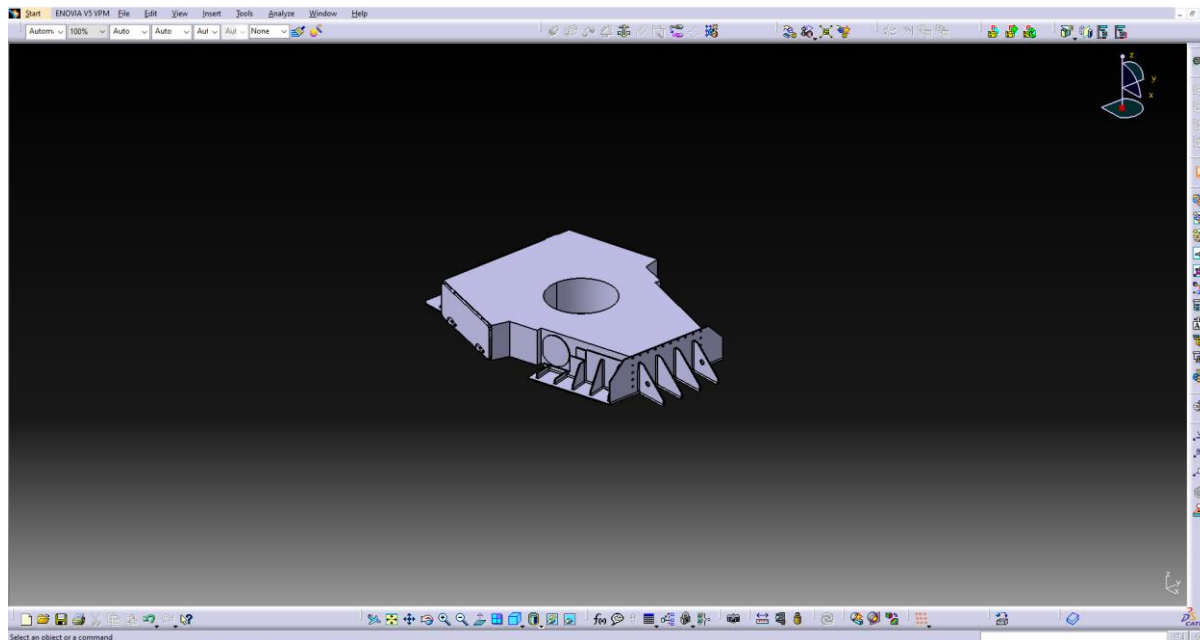
Основна предност примене софтвера за моделирање се огледа:

- Олакшано генерисање стварног модела производа,
- Великој флексибилности у раду,
- Високом нивоу креативности конструктора,
- Високом нову ефикасности конструктора,
- Смањење трошкова развоја производа,
- У великој мери скраћује време израде производа.

Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у CAD софтверима

Суштина примене софтвера за моделирање огледа се у олакшаном и убрзаном развоју машинских система и производа кроз стварање модела.

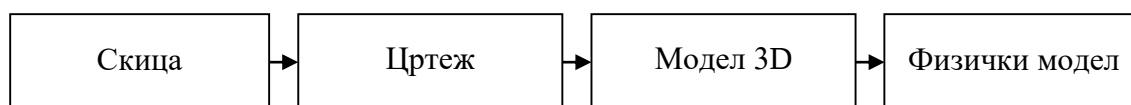
Модел представља рачунарску репрезентацију реалног машинског система, производа или процеса.



Слика 1.2 Приказ радног окружења у софтверу CATIA и модела у тродимензионалној форми

Стварањем модела обезбеђују се услови за низ анализа и провера конструкције. Поред најшире примене која подразумева конструкцију и визуелизацију производа, може се спроводити читав низ анализа и симулација експлоатационих карактеристика производа кроз задавање ограничења.

Основна шема процеса конструисања у софтверима за моделирање приказана је на слици 1.3.



Слика 1.3 Основна шема креирања машинског система, производа или процеса

Развој софтвера спрегнут је са системом стандаризације, што омогућава примену стандардних елемената (стандардни U, I... профили, стандардни завртњи, навртке...) током самог процеса моделирања. Ови стандардни елементи назале се у такозваној библиотеци софтвера из које се они повлаче.

2. Металне конструкције од стандардних профила

Металне конструкције које се израђују од профила који су дефинисани стандардом омогућавају употребу профила и прорачуна по већ дефинисаним и уређеним правилима. Основни конструктивни елементи који се примењују у области металних конструкција углавном се добијају ваљањем. Челик као основни материјал се излива у калупе, који се даљим процесом преносе у ваљаоницу.

Основни конструктивни елементи су подељени на следећи начин:

- штапови,
- лимови и
- профилисани носачи.



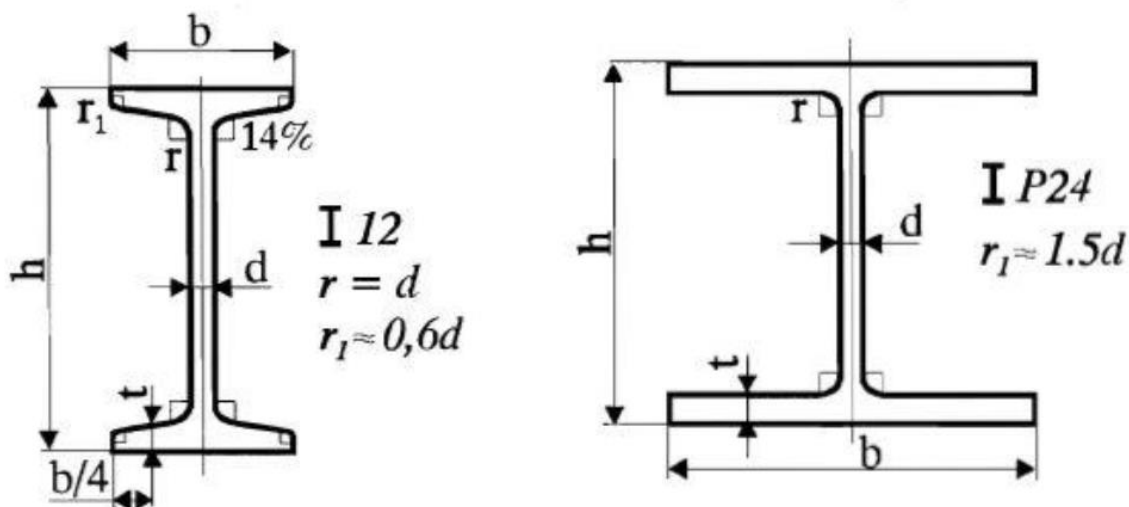
Слика 2.1 Приказ профилисаних носача

На слици 2.1 приказани су профилисани носачи (L профил, I профил, U профил, T профил..).

Основна предност ових конструктивних елемената је веома мала потреба за додатном дорадом и машинском обрадом. Овако добијени профили се могу одмах међусобно позиционирати и поступком заваривања спајати.

Први профилисани носачи јављају се крајем IX века, које је увео француски инжењер Зоре. Данас, овако профилисани носачи представљају основни елемен уградње при конструисању гредних носача и стубова. Техника ваљања условљава унутрашњи набих ножице, а полупречник заобљења r једнак је дебљини ребра. Када је потребан профил са већом крутошћу при савијању користи се I профил са широком паралелном ножицом. До профила 30, ножица је једнака висини профила, а преко те мере она остаје 300 mm. Највећи I профил је димензије 1000 mm. У циљу повећања економичности, у

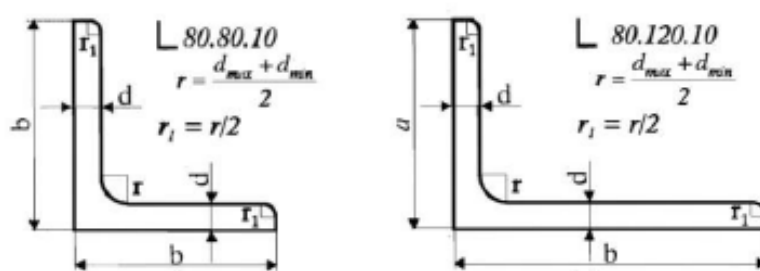
новије време се израђују профили са различитом дебелином ножице, што одређује област примене ових профила.



Слика 2.2 Пример стандардног I профила (лево) и профила са паралелним ножицама (десно)

I профили са уским ножицама се деле на IPN и IPE, док се профили са широким ножицама дела на HEA, HEB, HEM и HD.

L профили се добијају поступком ваљања, између калибрисаних ваљака. Код L профила краци стоје под правим углом и они могу бити истих или различитих дужина. Однос кракова профила може бити 1:1,5 или 1:2. Такође, могу бити кракови истих дужина, односно 1:1. У првом случају, профили се зову разнокраки, док су у другом случају равнокраки профили. Свака од ових врста се израђује у три или четири варијације различитих дебелина. Полупречник r_1 је једнак половини полупречника r заокружено на 0,5 mm.



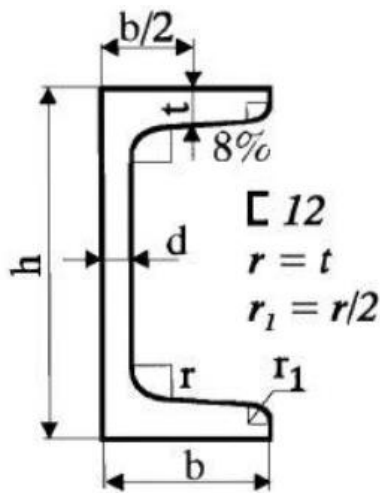
Слика 2.3 Пример стандардног L профила, равнокраки профили (лево), разнокраки профили (десно)

U профили се такође веома често користе. Погодни су за међусобно комбиновање и комбиновање са лимовима. Сви геометријски и статички подаци, као и код осталих стандардних профила дају се таблицама.

Стандардних U профила има све до висине 300 mm. Ширина ножице U профила рачуна се према следећем обрасцу:

$$b = \frac{h + 100}{4}$$

За U профиле преко 300 mm овај однос не важи. Полупречник је једнак дебљини ножице.



Слика 2.3 Пример стандардног U профила

Приликом конструкције, веома је важно придржавати се прописаних вредности, како би се обезбедила сигурна и безбедна конструкција. Приликом конструисања у прорачун се увек морају узимати у обзир степени сигурности, како не би дошло до нежељених последица (слика 2.4).



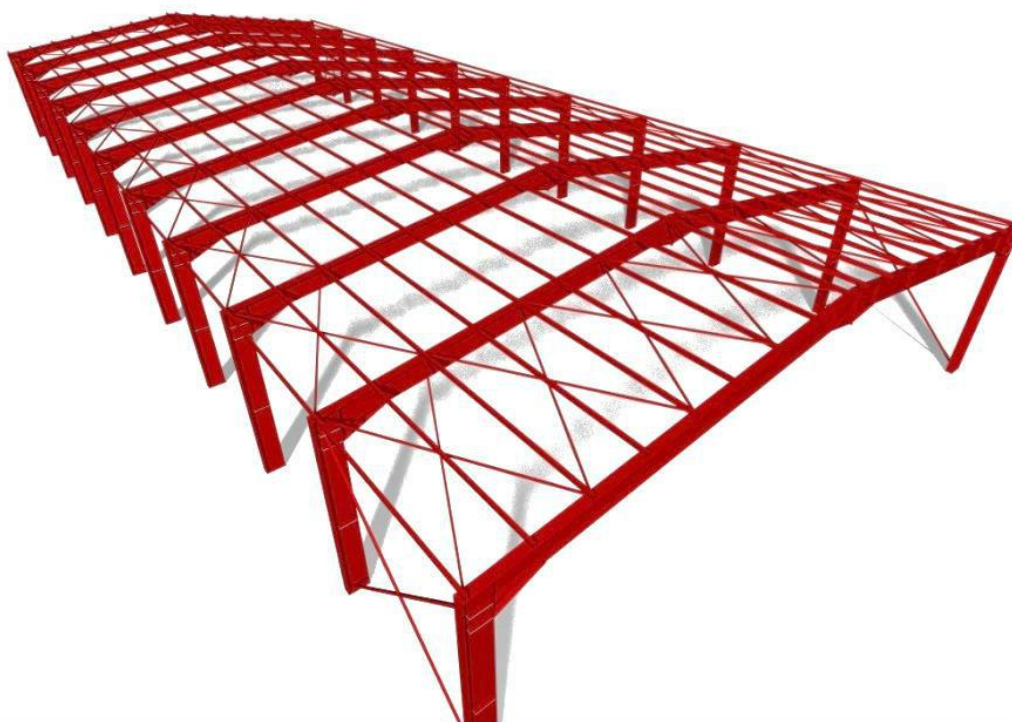
Слика 2.4 Пример лоше конструкције израђене од стандардних профила

На сликама 2.5 и 2.6 су приказане металне конструкције израђене од стандардних профила.



Слика 2.5 Приказ монтажне хале израђене од стандардних профила

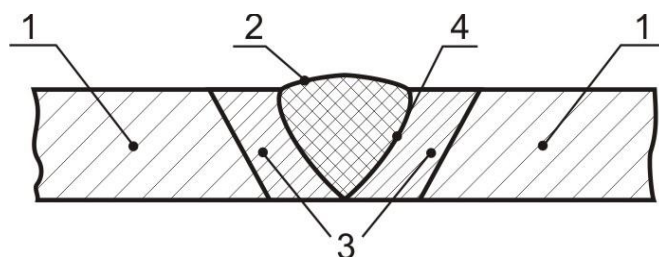
На слици 2.6 је приказана метална конструкција од стандардних профила, моделирана у софтверима за 3D моделирање и пројектовање.



Слика 2.6 Приказ металне конструкције у софтверу за 3D моделирање у пројектовање

3. Технологија израде металних конструкција заваривањем

Технологија која се највише примењује за израду металних конструкција од стандардних профила јесте заваривање. Претходно је поменуто, да се стандардни профили у основи добијају поступком ваљања. Заваривање се широко примењује за обликовање конструкција од полуфабриката (стандардни профили) који служе за израду решеткастих носача, рамних конструкција, стубова, подупирача и слично. Попречни пресек и основни елементи завареног споја, приказани су на слици 3.1.



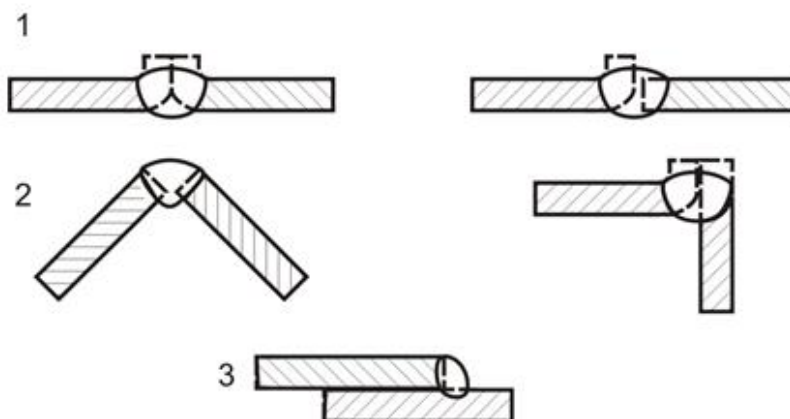
Слика 3.1 Пресек завареног споја

На слици 3.1, означене позиције представљају следеће:

- позиција 1 – основни материјал,
- позиција 2 – шав завареног споја,
- позиција 3 – зона утицаја топлоте (ЗУТ)

- позиција 4 – зона стапања.

Заварене конструкције имају највећу примену у појединачној и малосеријској производњи, јер су тада економски разлози оправдани. Постоје четири основне класе квалитета заварених спојева остварених топљењем, при чему је класа I најфинија, док је класа IV најгрубља. Овим стандардима се прописују услови остваривања и контроле заварених спојева, као и дозвољена одступања унутрашњости, лица и наличја шавова. Код заваривања топљењем, основна подела заварених спојева је на сучеоне, угаоне и преклопне (слика 3.2).



Слика 3.2 Позиција 1 – сучеони спој, позиција 2 – угаони спој,
позиција 3 – преклопни спој.

Стандардни профили се у заварен склоп спајају у радионицама и просторијама предвиђеним за ове операције. Битан фактор код конструкција су њихови габарити, што знатно ограничава могућности транспорта и премештања. С тога се спајање конструкције у коначан склоп постиже елементима за везу, као што су:

- закивци,
- завртњевеи,
- чепови и
- шавови добијени заваривањем.

У том случају, спојеви могу бити раздвојиви и нераздвојиви. Заваривање као поступак спајања спада у нераздвојиве спојеве (слика 3.3). Економичније је и смањује укупну тежину конструкција за 10 до 20%. Заваривањем се избегава слабљење елемената отворима. Основни недостатак код заваривања је зависност квалитета везе од квалификације заваривача и квалитета његовог завареног споја. То се може елиминисати увођењем поступка аутоматског (роботског) заваривања, али то у великој мери значајно поскупљује поступак.



Слика 3.3 Приказ завареног склопа од стандардних I профила

Заваривање као поступак подразумева топљење материјала, а у зависности од поступка користе се додаци за побољшање завареног споја (жице, топителји и др.). У поступку заваривања топлота има веома важну улогу у целом процесу. Појам заварљивост конструкције подразумева комплексно својство везано истовремено за материјал, технологију и конструкцију која омогућава извођење завареног споја тражених особина. Које се особине траже зависи од врсте и намене завареног споја.

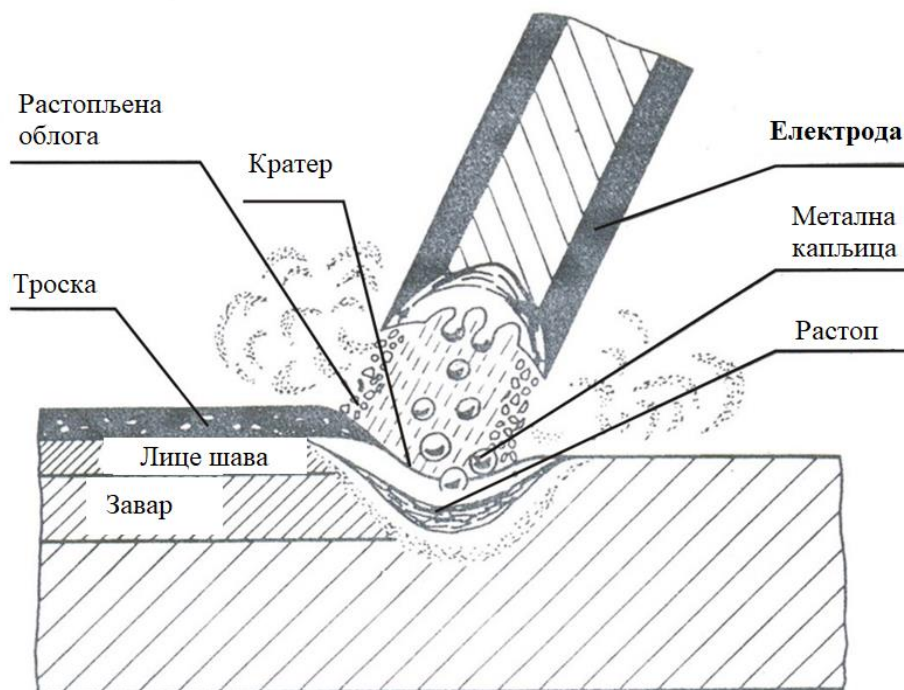
Конструкциона заварљивост подразумева поузданост завареног споја, склопова и подсклопова, а материјал се сматра заварљивим ако су испуњени следећи услови:

- 1.** да је могуће остварити материјални континуитет завареног споја између делова које треба спојити, без грешака које се јављају приликом израде шавова,
- 2.** ако је испуњен први услов, онда шав и његова околина треба да имају тражене особине, што се зове металуршка заварљивост,
- 3.** ако шавови задовољавају тражене особине, онда је заварена конструкција као целина одговара добром понашању у условима експлоатације, а то се сматра конструктивном заварљивошћу.

Због специфичности услова образовања завареног споја (слика 3.4), брзих металуршких реакција деловања сопствених напона и деформација, у шавовима и зони утицаја топлоте (ЗУТ) могу настати различите грешке. Типови грешака у поступку заваривања су следећи:

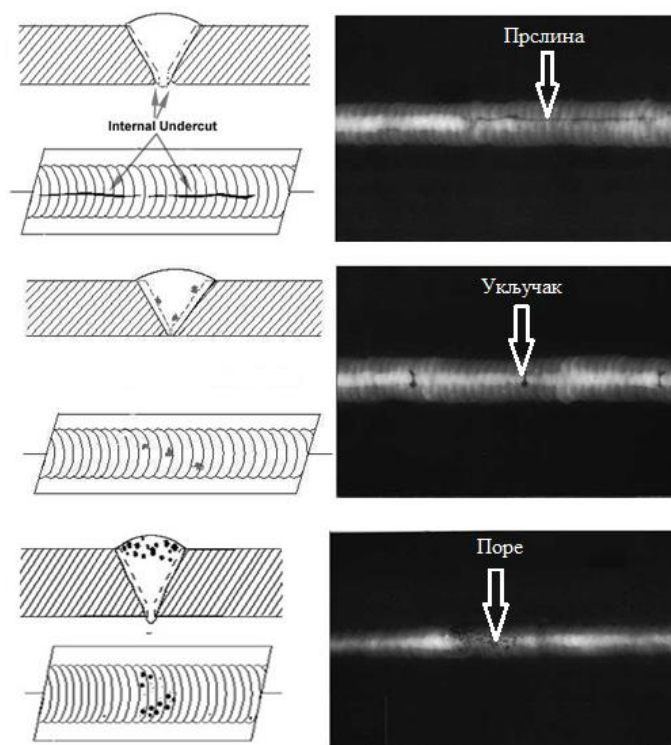
- напрслине,
- порозност,

- укључци троске,
- непроваривање и
- заједи.



Слика 3.4 Начин формирања завареног споја

Штетни утицаји наведених грешака оцењују се према концентрацији напона. При оцени заварљивости конструкције у целини користи се више метода истовремено, јер је коришћење само једне методе за оцenu заварљивости у већини случајева недовољно поуздано. На слици 3.5 је приказано одређивање грешака заварених спојева применом методе рендгенографија.



Слика 3.5 Грешке заварених спојева откривене поступком рендгенографије

Неке од предности металних конструкција које се добијају поступком заваривања су следеће:

- заварене конструкције су лакше од ливених за око 30% док су од закованих лакше за око 15%. Ова разлика настаје због разлика у чврстоћи материјала. Сиви лив, који се користи за ливење, има затезну чврстоћу од 220 до 280 МПа, док челици који се користе за заваривање имају затезну чврстоћу у распону од 400 до 500 МПа.
- заварени делови су једноставног облика јер су полазни материјали најчешће лимови или стандардни профили.
- поступак заваривања је јефтин, због мање потрошње материјала, јефтинијих сировина и израде.
- настала оштећења и ломови се код заварених конструкција лако отклањају накнадним заваривањем.

Поред предности, заварене конструкције имају и одређене недостатке:

- постоје одређене потешкоће у заваривању метала као што су високо-угљенични челици, затим средње и високо легирани челици као и обојени метали,
- у процесу заваривања долази до снижавања чврстоће и жилавости спојева због стварања шљаке, пора и гасних мехурића. Такође, долази и до снижења чврстоће суседног основног материјала,

- успед неравномерног загревања и хлађења настаје опасност од појаве унутрашњих напона и деформација,
- постоји зависност квалитета од технологије и режима заваривања, а при ручном заваривању и од самог заваривача

Приликом конструисања, постоје одређене напомене које се морају имати у виду:

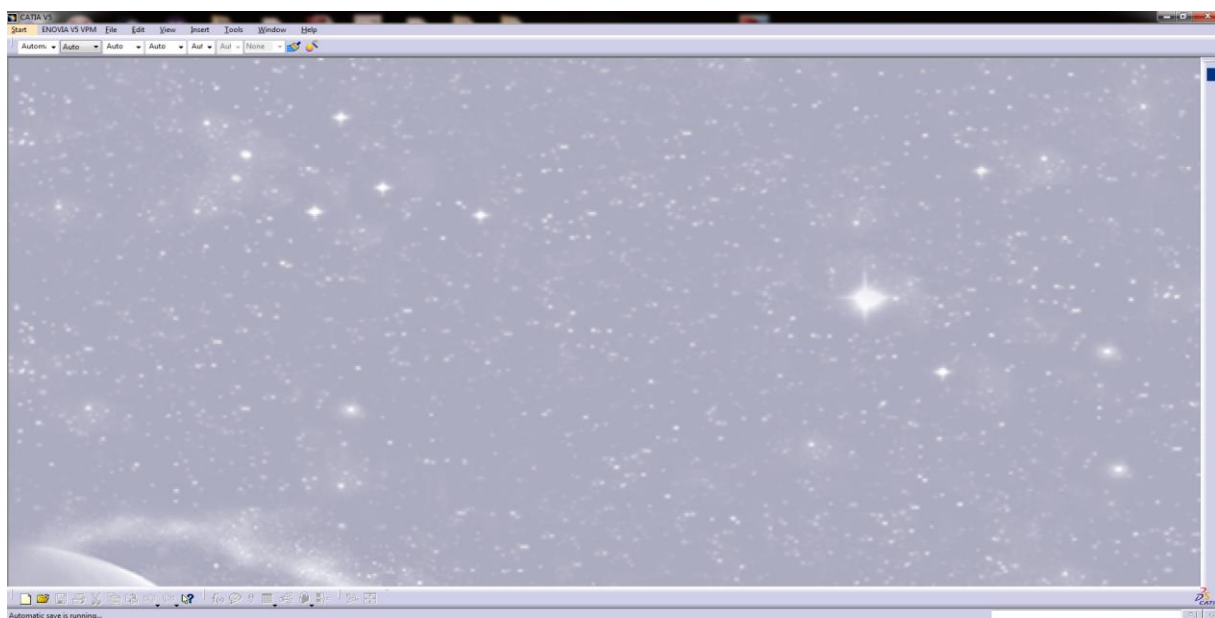
- место за заваривање мора бити приступачно заваривачу и треба тежити да се процес изводи у хоризонталном положају,
- није препоручљиво заваривање делова дебљине веће од 30 mm,
- по могућству избегавати монтажне спојеве, који се добијају директно на градилишту (конструкција да буде монтажно-демонтажна),
- испрекидани шавови су дозвољени и применљиви само код статичких конструкција,
- потребно је правилно распоредити шавове, односно дефинисати их на конструкцији тако да имају повољан распоред,
- није дозвољена комбинација шавова завртњева у истом споју.

4. Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у софтверском пакету CATIA V5R21

У овом поглављу ће бити разрађен принцип и метод конструисања од стандардних профила који се налазе у библиотеци софтверског пакета CATIA. Такође, приказан је начин самосталног конструисања нових профила и њихово додавање у стандардну библиотеку софтвера. Након моделирања конструкције у модулу *Structure Design*, у модулу *Weld Design* ће бити приказан начин и принцип дефинисања заварених спојева.

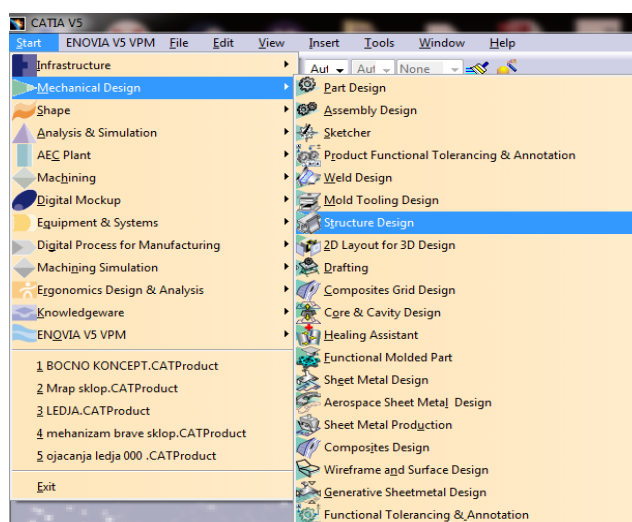
4.1 Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у модулу *Structure Design*

Приликом покретања програма CATIA, приказује се његов почетни екран. На почетном екрану програма бира се радно окружење за моделирање конструкције. Моделирање стандардним профилима се изводи у радном окружењу *Structure Design*.

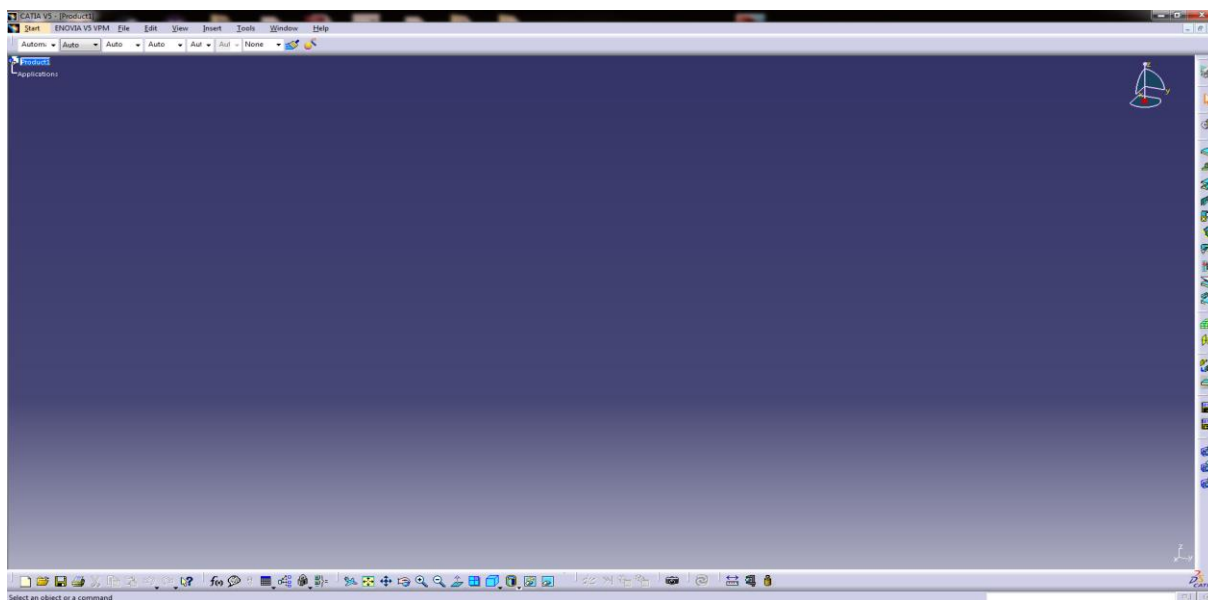


Слика 4.1 Почетни екран CATIA

Радно окружење *Structure Design* се отвара кликом на *Start*, падајући мени, у горњем левом углу почетног екрана. Приликом отварања падајућег менија, на њему се налази иконица *Mechanical Design*, кликом на *Mechanical Design* отвара се још један падајући мени на коме се налази *Structure Design* радно окружење.



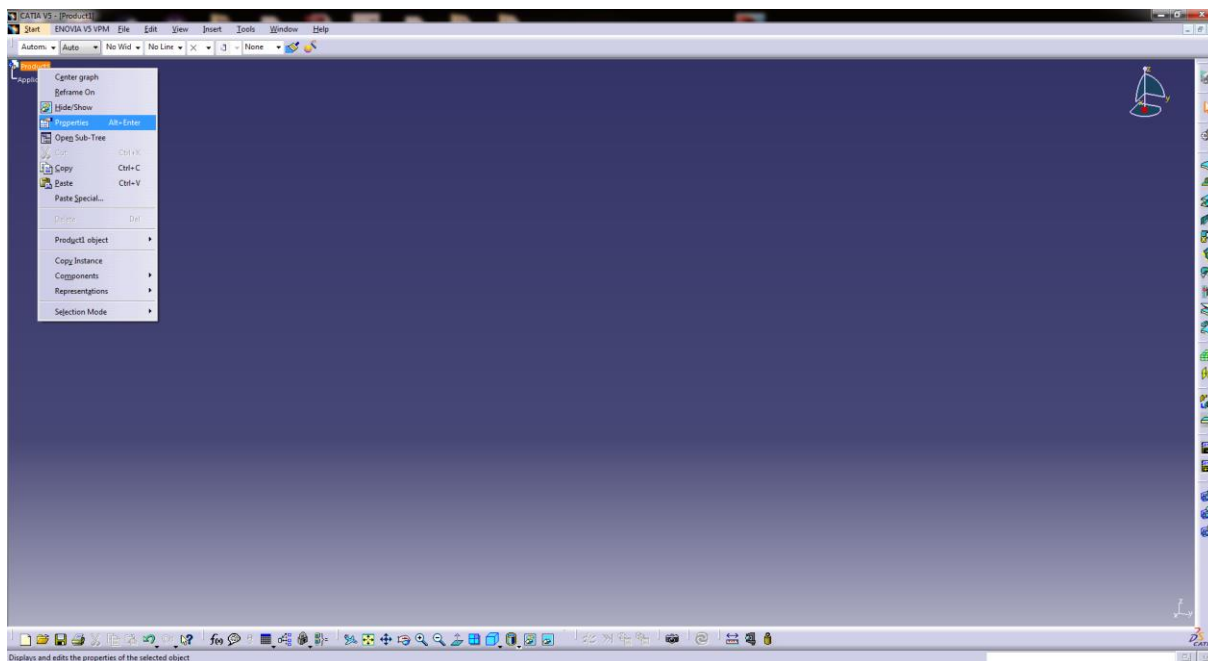
Слика 4.2 Проналажење модула *Structure Design*-а



Слика 4.3 Радно окружење *Structure Design*

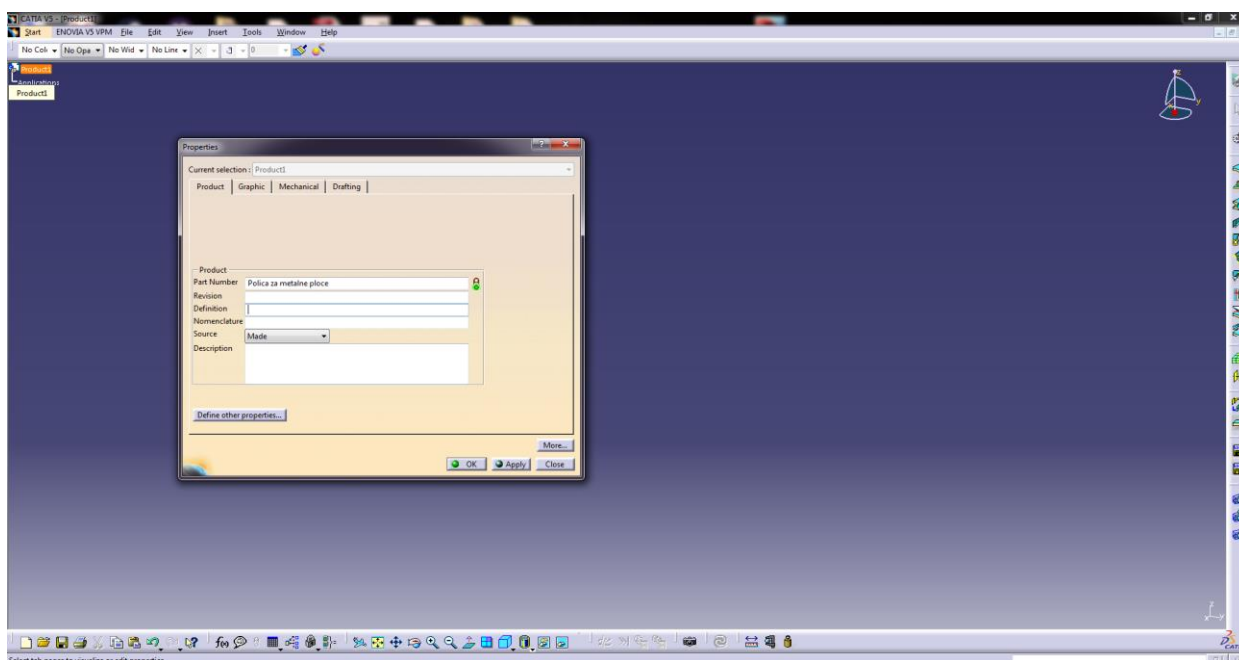
Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у CAD софтверима

Назив конструкције се додељује десним кликом миша на *Product*, након чега се отвара падајући мени из кога бирамо *Properties*.



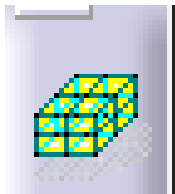
Слика 4.4 Функција *Properties*

Кликом на *Propertis* отвара се падајући мени у коме се уноси жељено име конструкције



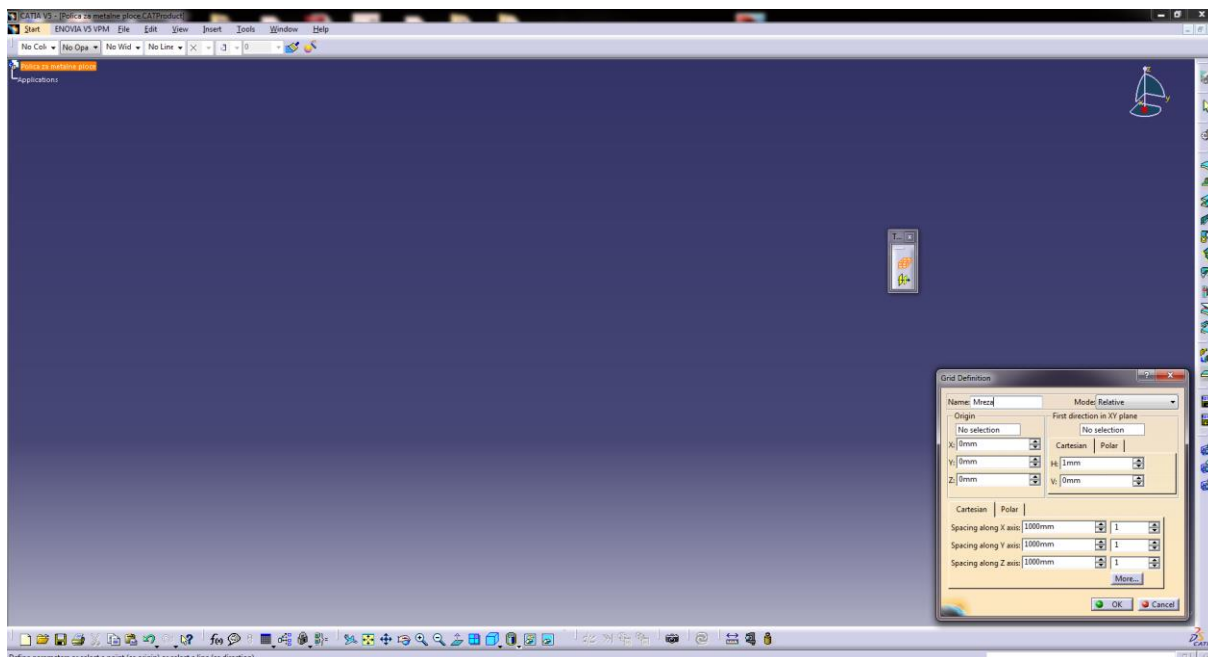
Слика 4.5 Прозор *Properties*

Након додељивања имена конструкцији, први корак ка добијању заварене конструкције је прављење тродимензионе скице линија по којима се постављају стандардни профили. Формирање скице се изводи кликом на иконицу *Grid* која се налази у палети *Tools*.



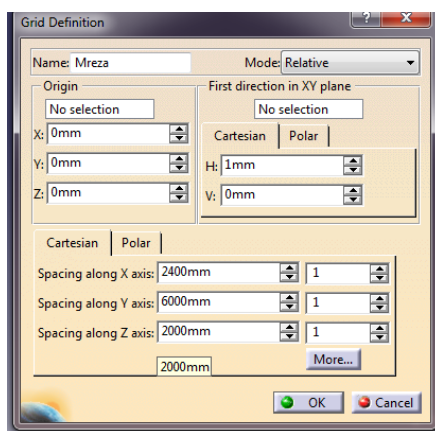
Слика 4.6 Иконица *Grid*

Клик на иконицу *Grid* отвара прозор у коме се поставља мрежа. У прозору се бира величина мреже по осама X, Y, Z, Декартовог координатног система.

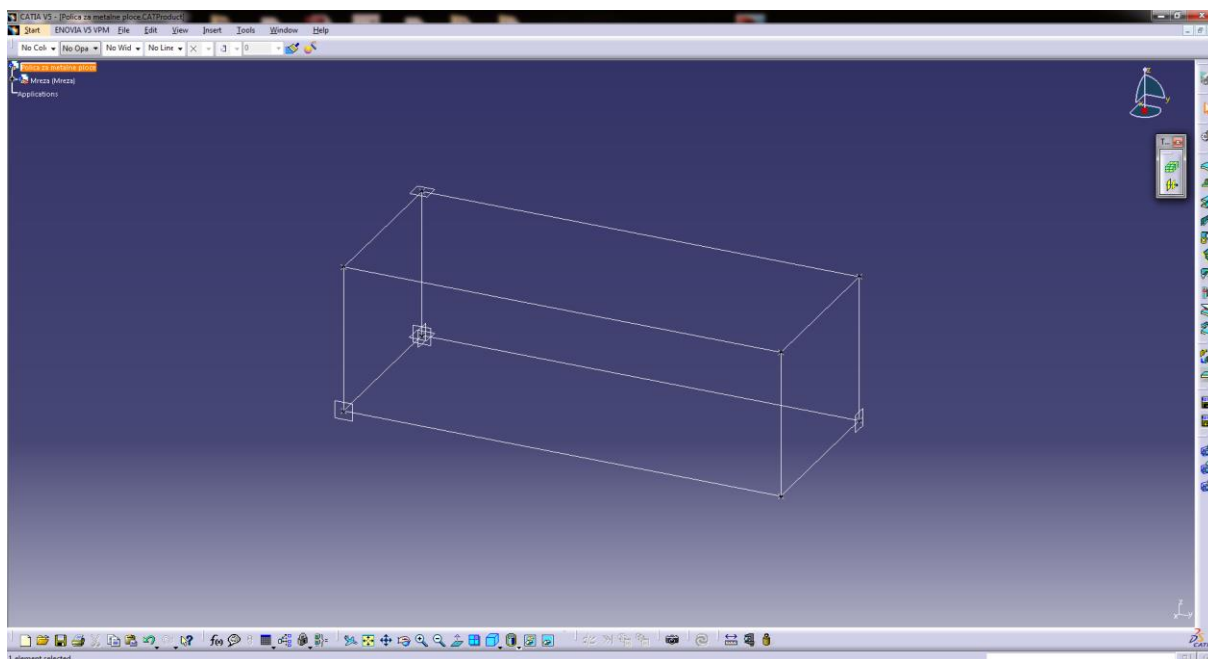


Слика 4.7 Прозор за постављање мреже

За овај рад изабрани су следећи параметри мреже.

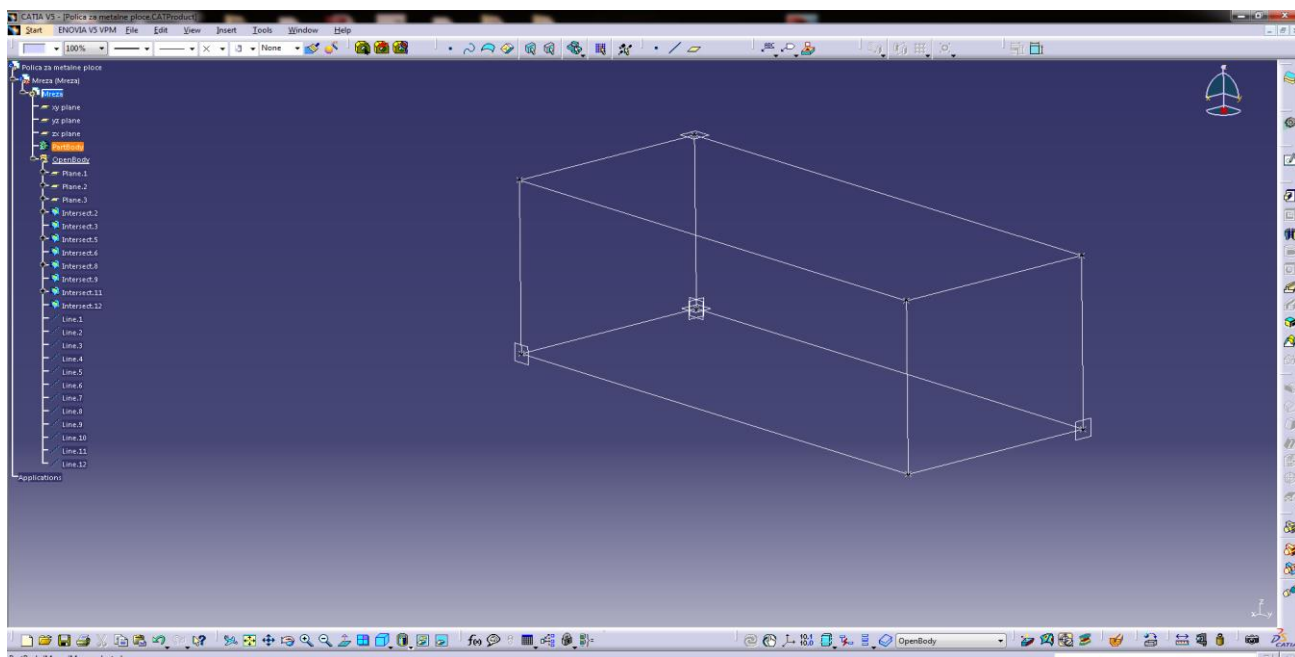


Слика 4.8 Изабрани параметри мреже



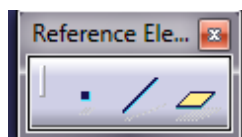
Слика 4.9 Почетна мрежа конструкције

Прављење тражене скице се изводи дуплим кликом десног тастера миша на било коју линију почетне мреже, након чега се отвара ново окружење, *Part Design* у ком се налазе све алатке за цртање скице.



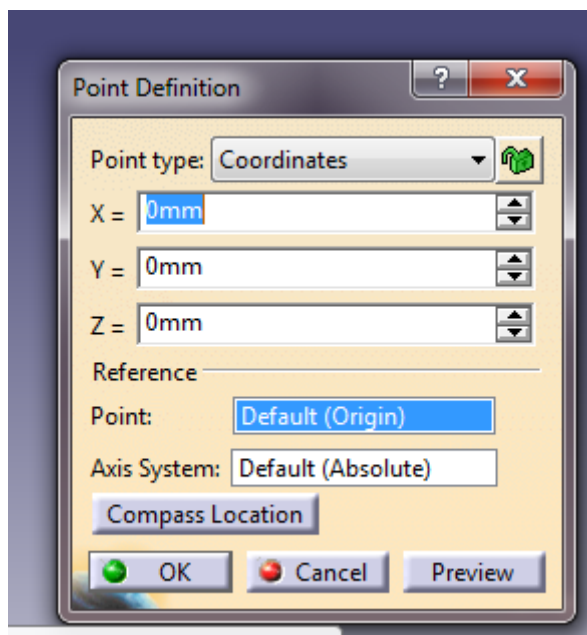
Слика 4.10 Радно окружење *Part Design*

На постојеће линије почетне мреже, помоћу опција *Point* и *Line* из палете алата *Reference Elements*, црта се жељена скица.

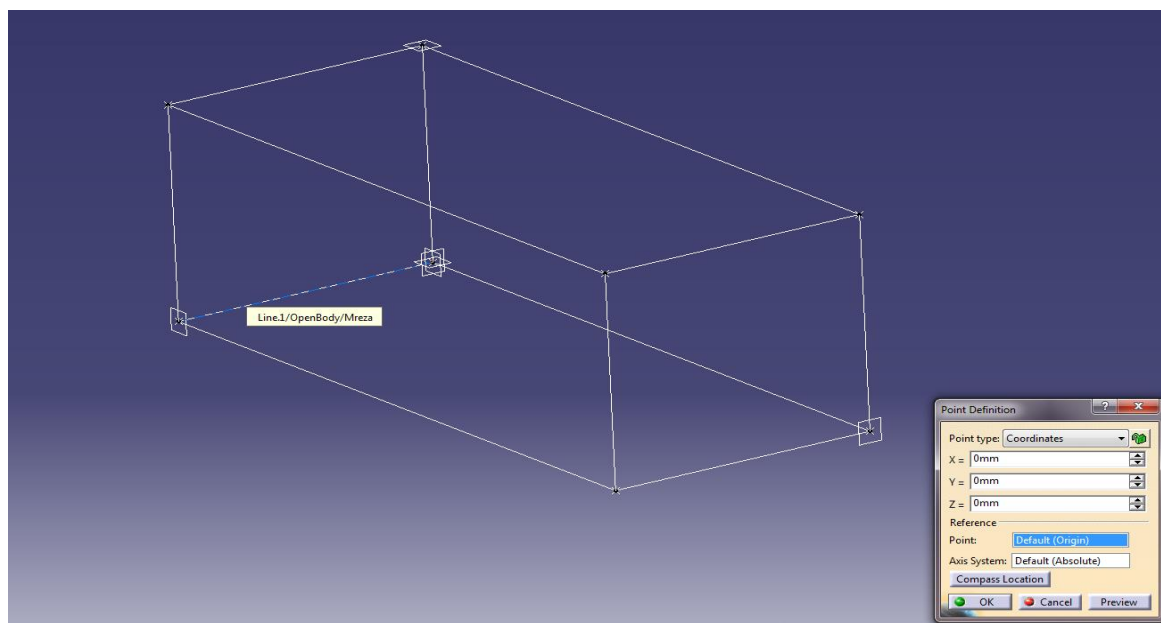


Слика 4.11 Палета алата *Reference Elements*

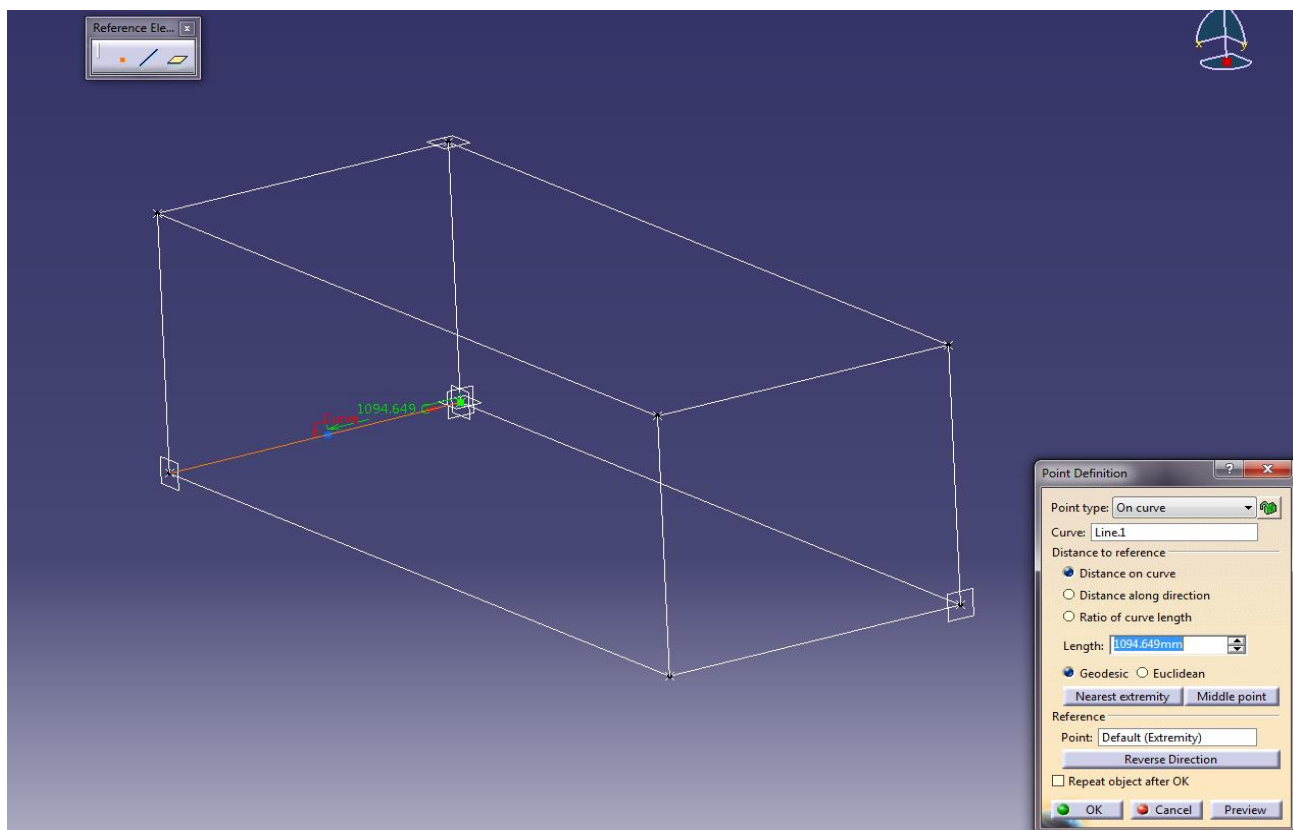
Кликом на алатку *Point* отвара се прозор у којем уписујемо координате тачке по X, Y, Z, осама Декартовог координатног система (слика 4.12.) Тачка се може поставити на мрежи и кликом миша на жељено место (слика 4.13.).



Слика 4.12 Прозор алатке *Point*

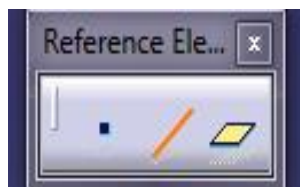


Слика 4.13 Постављање тачке путем координата

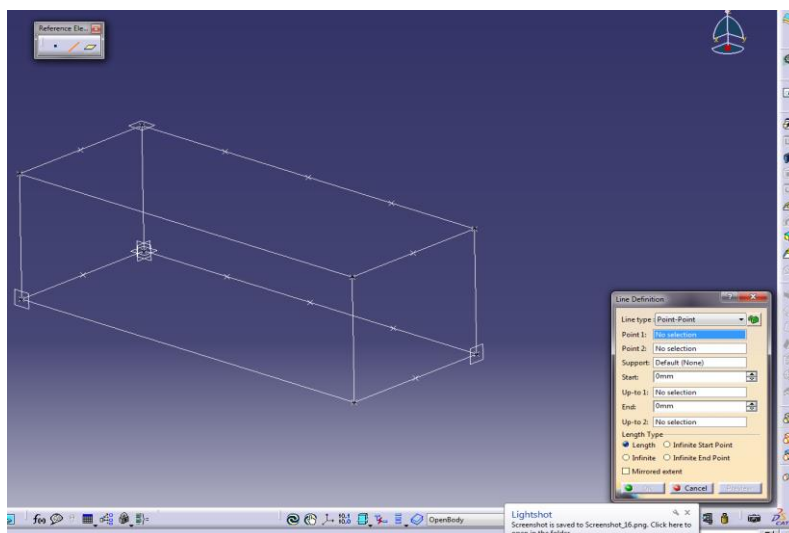


Слика 4.14 Постављање тачке кликом на линију мрежу

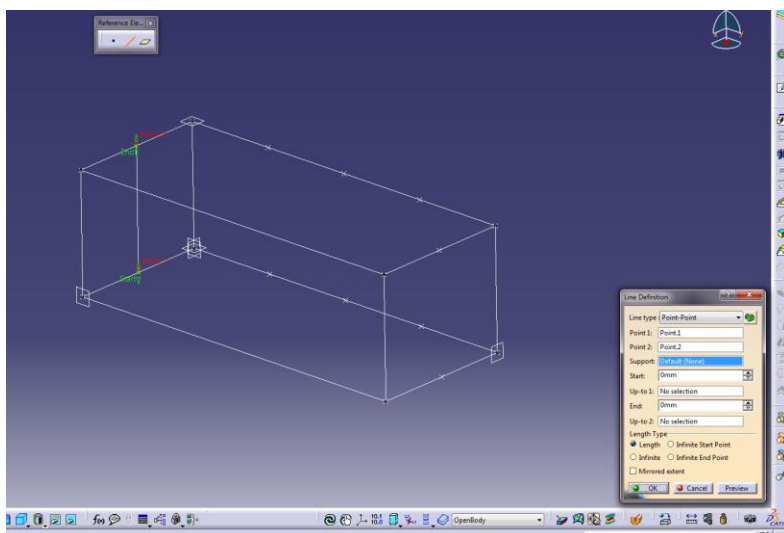
Цртање линије се изводи коришћењем алатке *Line* из палете *Reference Elements* (слика 4.11.), тако што се на мрежи означи почетна и крајња тачка линије.



Слика 4.15 Команда *Line*

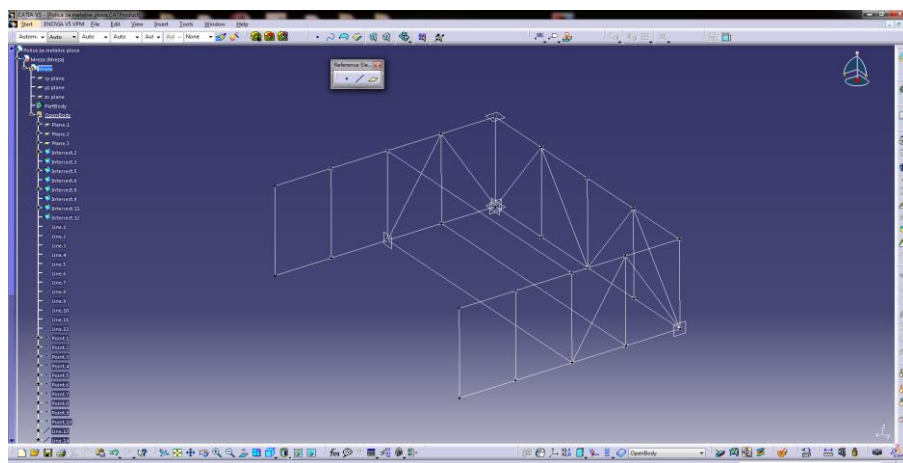


Слика 4.16 Прозор за цртање линије.



Слика 4.17 Пример нацртане линије

Применом претходно објашњених алатки, у радном окружењу *Part Design* црта се претходно замишљена мрежа складишта стандардних челичних плоча. Поступак није компликован и крајњи резултат, односно мрежа је представљена на следећој слици (слика 4.18.).

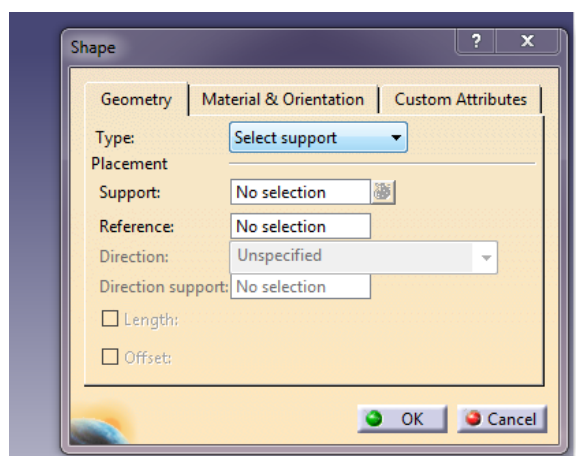


Слика 4.18 Мрежа складишта стандардних плоча

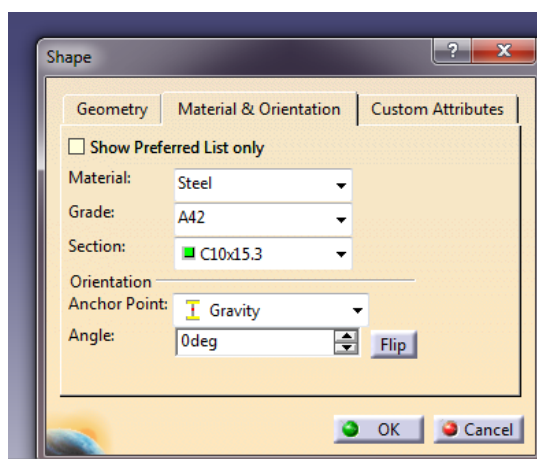
Када мрежа садржи све потребне линије, следи убацивање стандардних профила по тим линијама. Да би се то извело, потребно је вратити се у *Structure Design*. Затим, у палети *Material & Orientation*, пронаћи алатку *Shape* (Слика 4.19.) Клик на алатку *Shape* отвара нови прозор (Слика 4.20.), на коме постоје опције *Geometry*, *Material & Orientation* и *Custom attributes*. Опција *Geometry* служи за избор линија по којима се поставља профил. *Material & Orientation* служи за избор попречног пресека и материјала профила, као и за оријентацију попречног пресека у односу на задату линију.



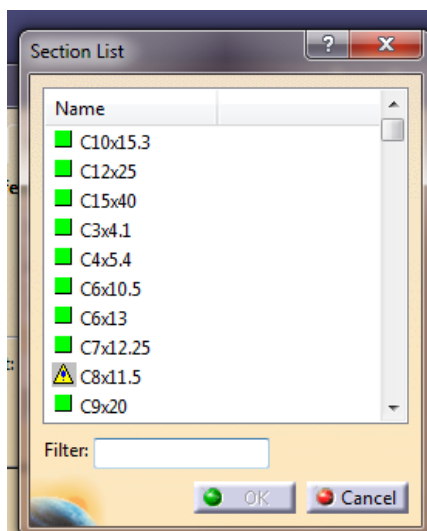
Слика 4.19 Палета *Material & Orientation*



Слика 4.20 Прозор алатке *Shape*, опција *Geometry*



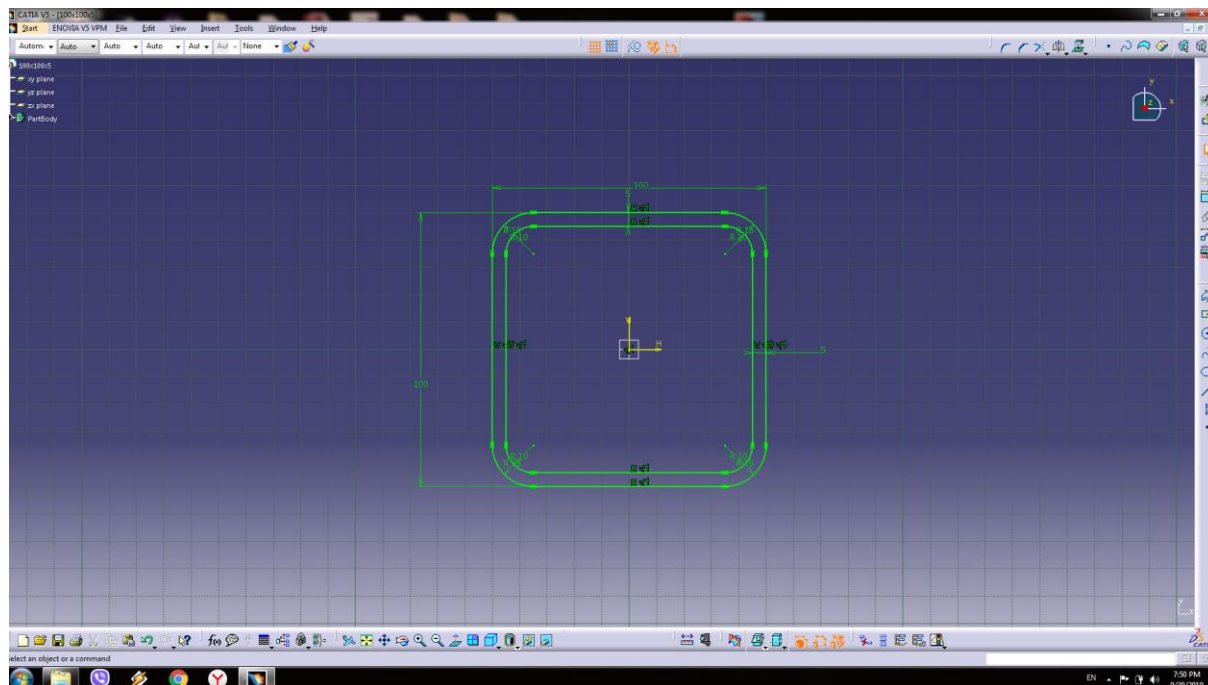
Слика 4.21 Прозор алатке *Shape*, опција *Material & Orientation*



Слика 4.22 Библиотека стандардних профила

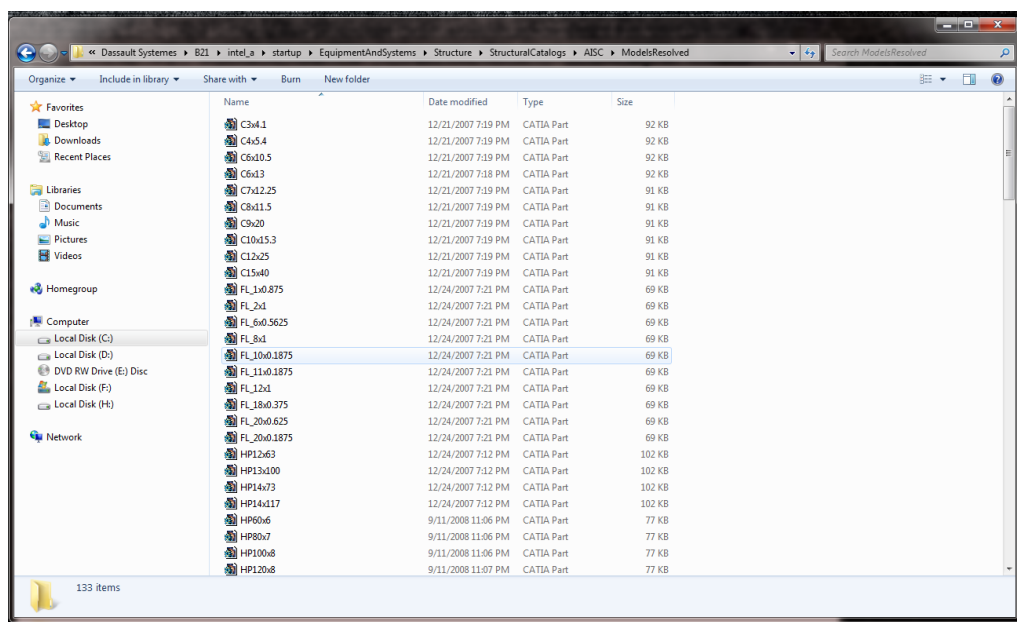
Моделирање заварених конструкција од стандардних профила у CAD софтверима

Пошто програм *CATIA* поседује библиотеку стандардних профила чије су димензије у инчима (*inch*), по *American National Standards Institute (ANSI)* стандарду, потребно је моделирати стандардни профил који се касније увршава у библиотеку. Моделирање се изводи у новом *Part Design* окружењу, на основу димензија потребног стандардног профила.



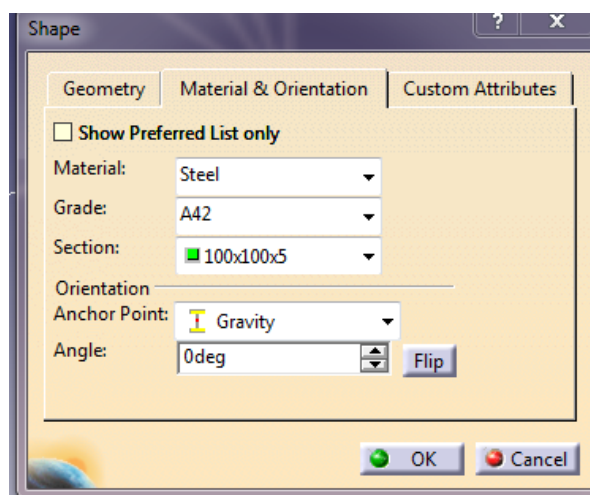
Слика 4.23 Моделирање стандардног профила по SRPS стандарду

Након завршеног моделирања стандардног профила, модел се чува у библиотеци стандардних профила софтвера *CATIA*, што је приказано на следећој слици.



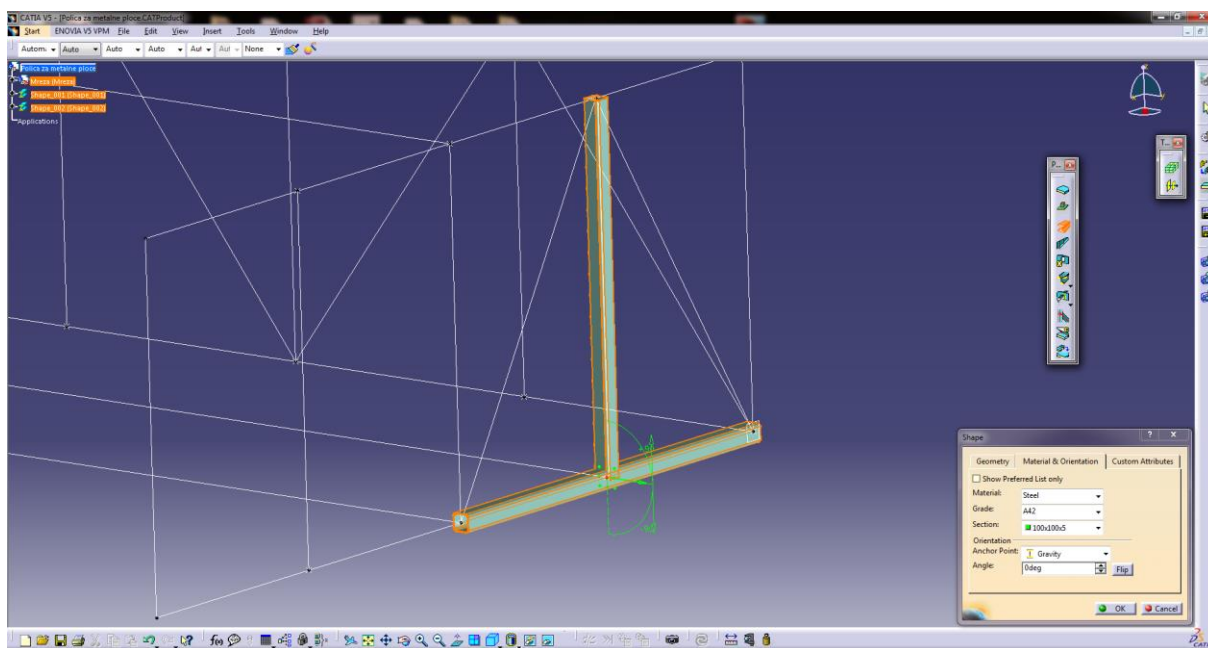
Слика 4.24 Библиотека стандардних профила

Сада у библиотеци постоји профил по SRPS стандарду.

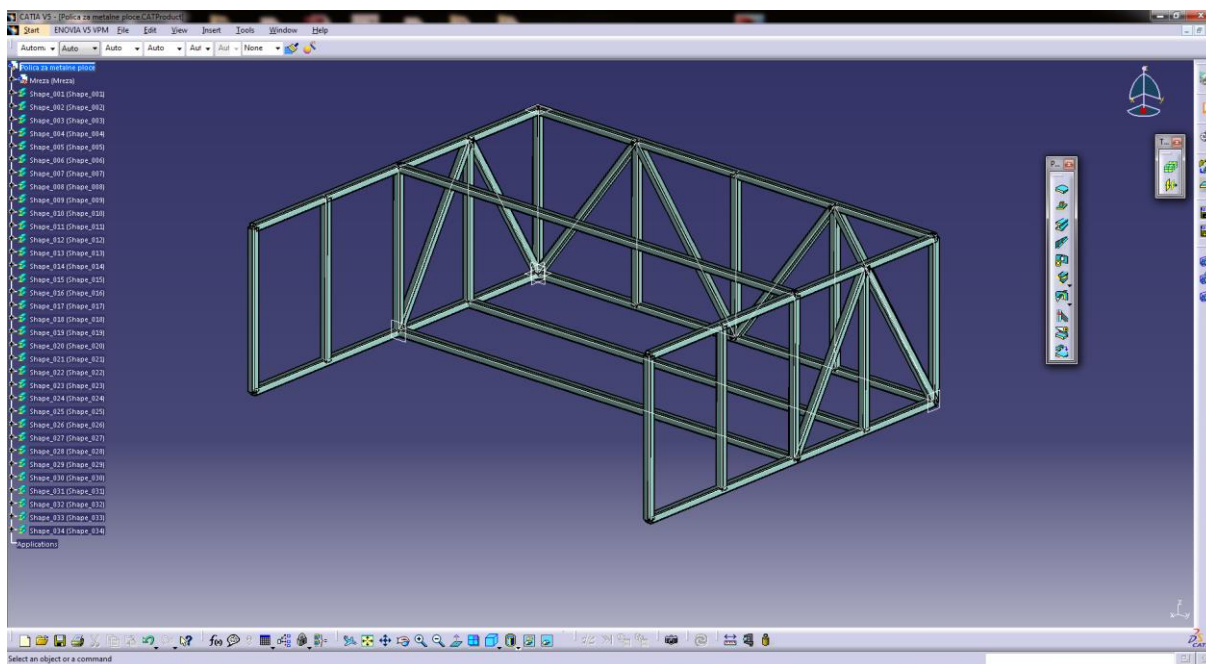


Слика 4.25 Прављењи профил у библиотеци

Када се у библиотеку стандардних профила уврсти профил, нашег стандарда, наставља се постављање профила по линијама мреже. На следећој слици може се видети поступак постављања профила.



Слика 4.26 Постављање профила по задатој линији



Слика 4.27 Конструкција од стандардних профила

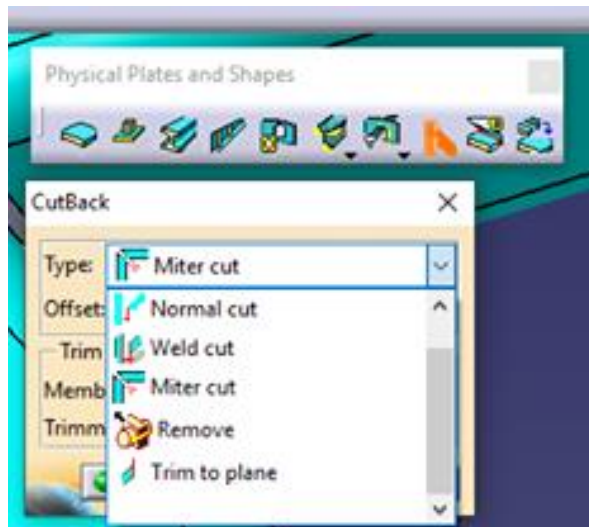
По завршетку постављања профила по линијама скице, добија се модел конструкције. Недостатак овог модела јесте то да се профили који су постављени међусобно преклапају, и у пракси је такав модел немогуће извести. Да би било могуће 3D модел претворити у физички модел, потребно је профиле искројити да се међусобно уклапају и омогућити њихово спајање заваривањем.

Алатка која се користи за скраћивање и уклапање профила, *Cutback*, се налази на палети алата *Physical Plates and Shapes*.



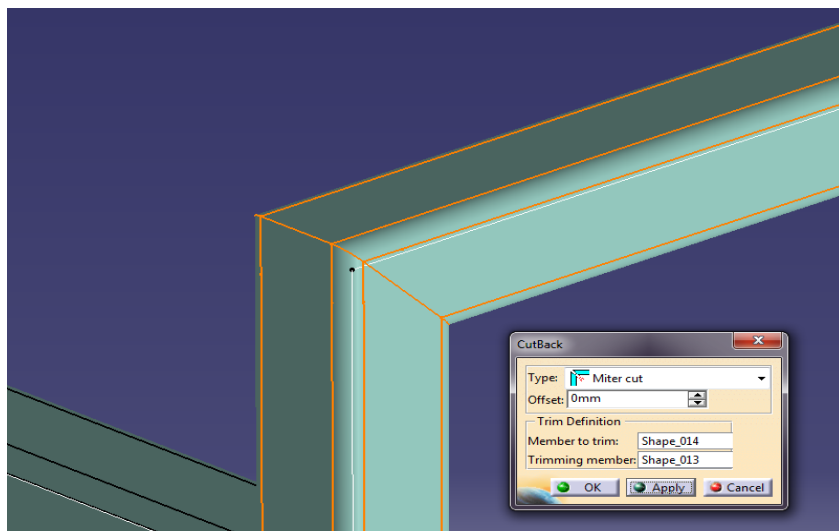
Слика 4.28 Алатка *Cutback* на палети *Physical Plates and Shapes*

Функција *Cutback* користи се тако што се изабере начин сечења који ће се користити. Постоје *Miter cut*, *Normal cut*, *Weld cut*, *Trim to plane*. Сви наведени начини тримовања раде на истом принципу који се заснива на томе да је прво потребно одабрати профил који треба скратити, а затим се бира профил до кога је потребно скратити претходно изабрани профил.



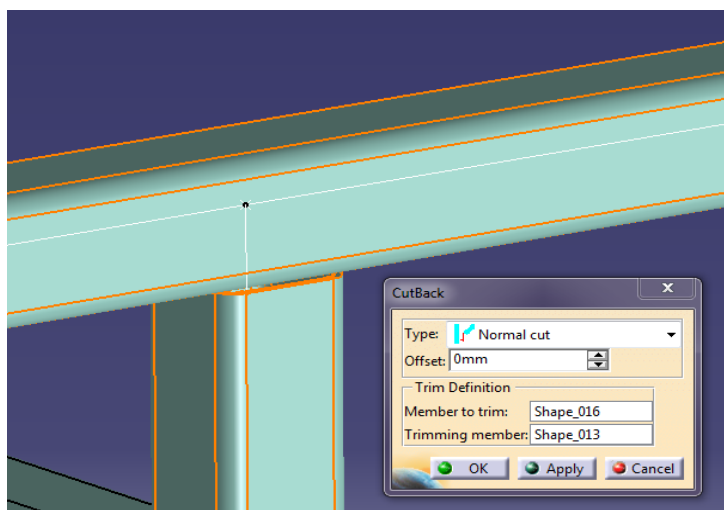
Слика 4.29 Опције за скраћивање профила

Алатка *Miter cut* служи са украјање два профила који се налазе међусобно под одређеним углом. Алатка ради по принципу одабира претходно постављених профила, које је потребно скратити односно укројити. Када се два профла налазе међусобно под углом од 90° , функција *Miter cut* поставља средишњу равну под углом од 45° и обележене профиле скраћује или продужује до те равни тако да се ствара савршени угаони спој између профила. Овакав спој је добро остваривати зато што омогућује већу површину за спајање заваривањем. Ако се профили међусобно налазе под неким другим углом, алатка *Miter cut*, по истом принципу и када је угао 90° , профиле продужује до средишње равни која њихом међусобни угао полови на два једнака дела. Коришћењем алатке *Miter cut*, могуће је профиле исећи тако да они међусобно буду постављени под одређеним растојањем, коришћењем опције *Offset*, што је још једна предност код спајања профила заваривањем.



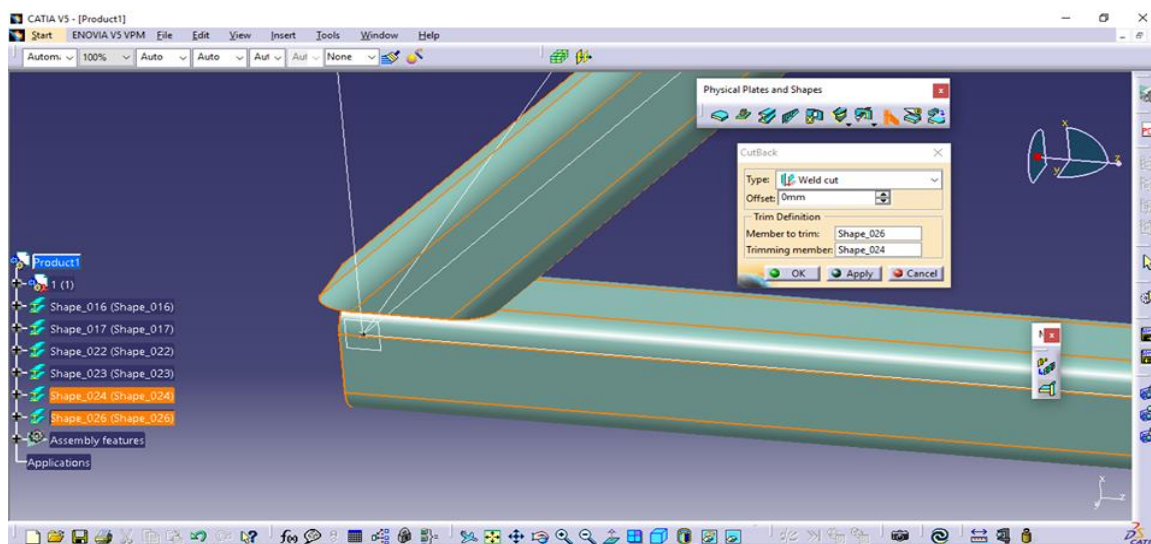
Слика 4.30 Пример одсецања профила алатком *Miter cut*

Алатка *Normal cut* се користи када је потребно остварити спој између два профила тако да се њихово одсецање изводи под углом од 90° у односу на њихову осу. Као и код алатке *Miter cut* и алатка *Normal cut* има могућност постављања профила под одређеним међусобним растојањем коришћењем опције *Offset*. *Normal cut* се најчешће користи када се два профила пресецају тако да међусобно образују слово “Т”.



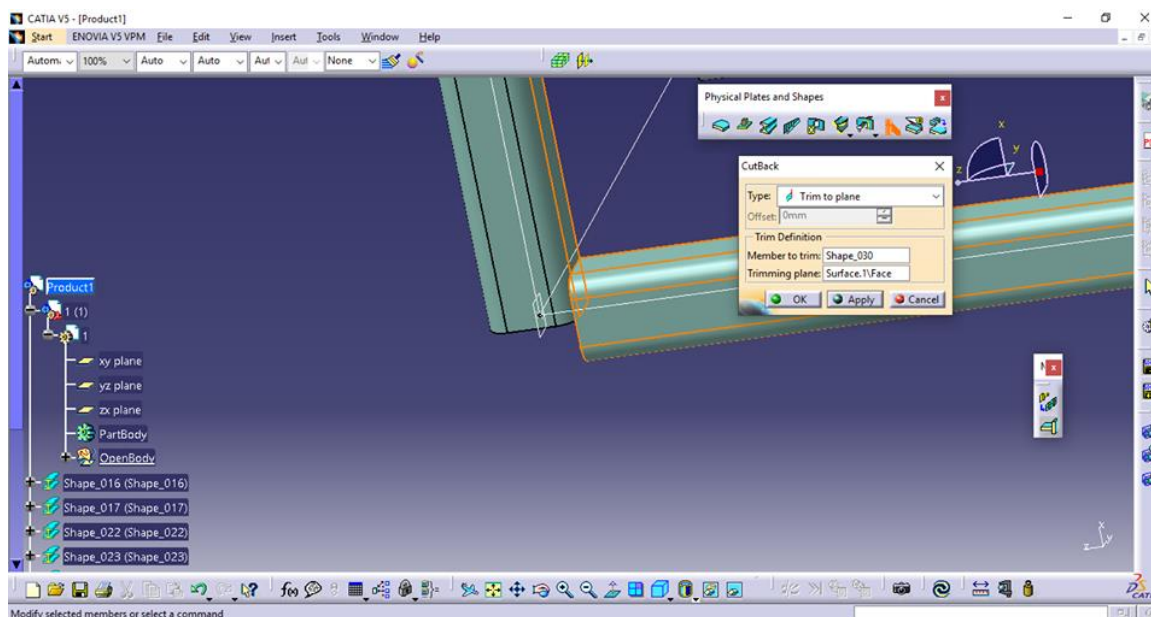
Слика 4.31 Пример одсецања профила алатком *Normal cut*

Алатка *Weld cut* се користи кад је потребно спојити два профила, тако да један профил не трпи промене односно скраћења, већ да се други профил сече тако да се уклопи са првим профилем. Операцја се изводи тако што се у прозору алатке *Weld cut* у колони *Member to trim* бира профил који ће бити скраћен, а у колони *Trimming member* се бира профил до ког ће се претходни профил скраћивати. И ова алатка такође поседује опцију *Offset*, за постављање зазора између профила.

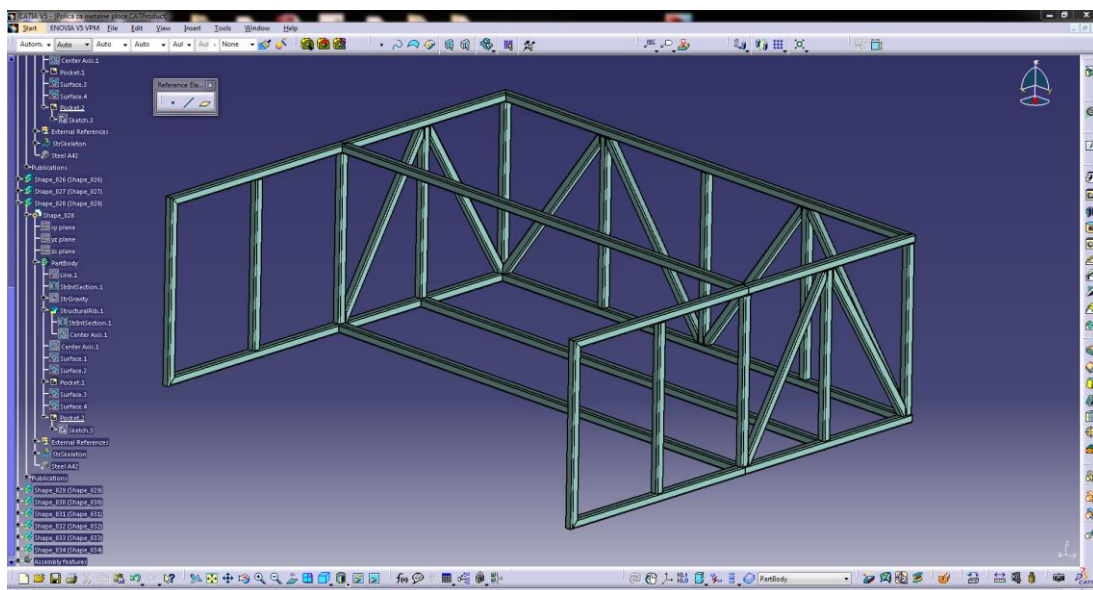


Слика 4.32 Пример одсецања профила алатком *Weld cut*

Алатка *Trim to plane* се користи кад је потребно профил скратити или продужити до одређене равни. Та раван се може поставити преко алатке *New plane* из палете *Reference element*, или ту раван може представљати површина другог профила.

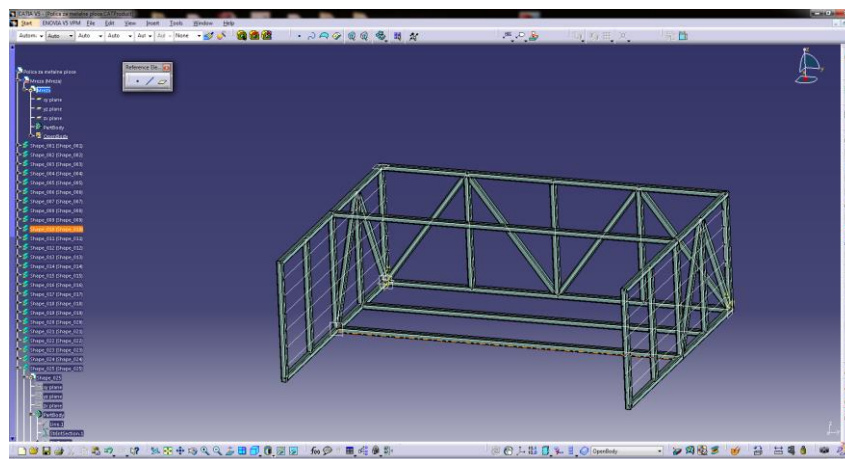


Слика 4.33 Пример коришћења алатке *Trim to plane*



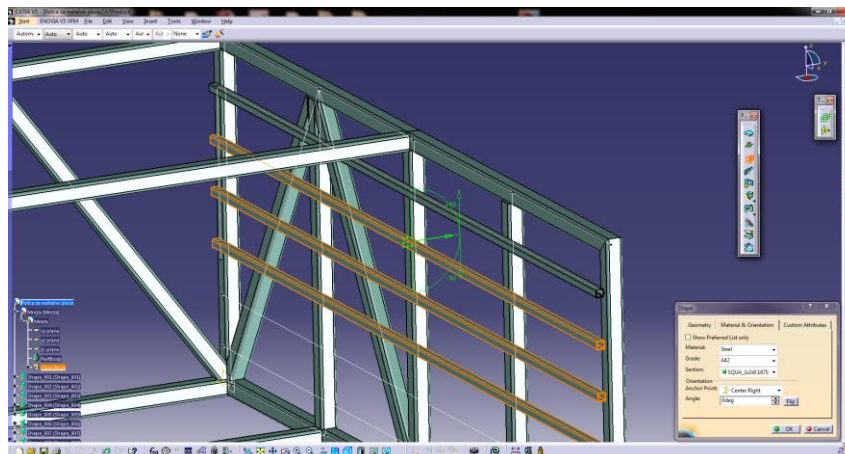
Слика 4.34 Пример потпуно функционалне конструкције

Након завршетка основног костура од дефинисаних стандардних профила, на конструкцију је потребно додати вођице које служе за извлачење фиока са челичним плочама, које су од другог стандардног профила. Прво треба нацртати мрежу линија по којима ће се постављати нови стандардни профили, начин је исти као и за основни костур, који је претходно објашњен. Пошто у библиотеци програма *CATIA* не постоје стандардни профли по *SRPS* стандарду, поново се моделира стандардни профил одговарајућих димензија који се као и у претходном случају убацује у библиотеку програма *CATIA*.

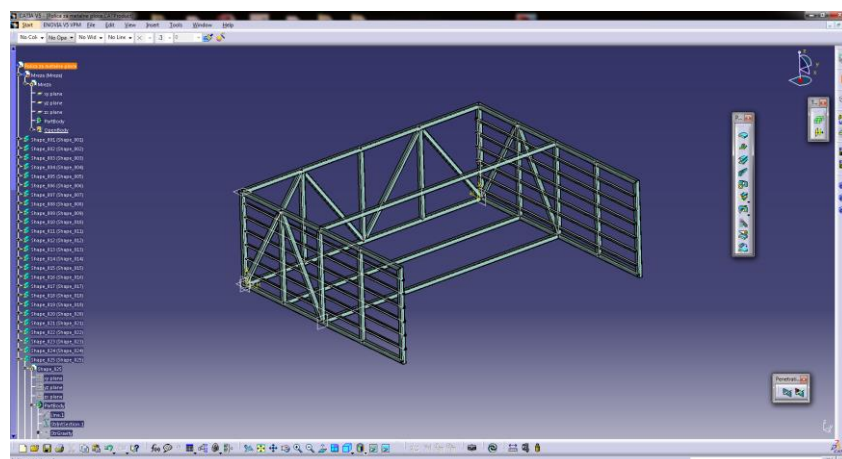


Слика 4.35 Приказ постављене мреже за додатне профиле

Као што је већ речено, поступак постављања профила по линијама је исти као и за претходни случај.

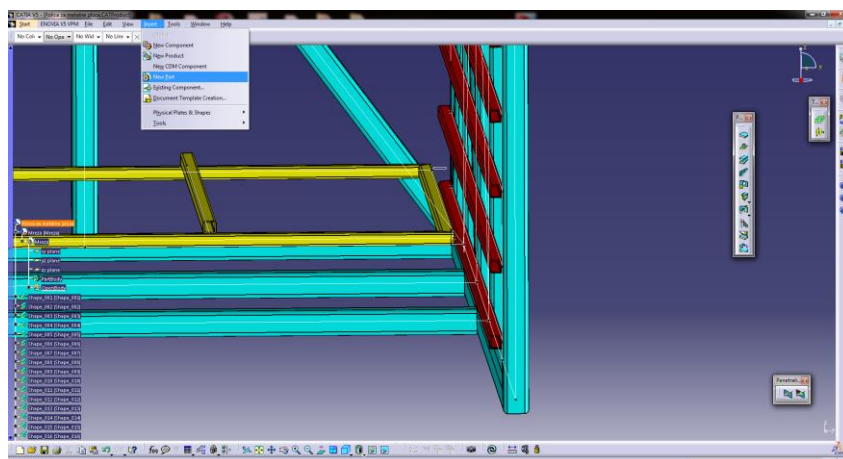


Слика 4.36 Приказ постављања профила по линијама



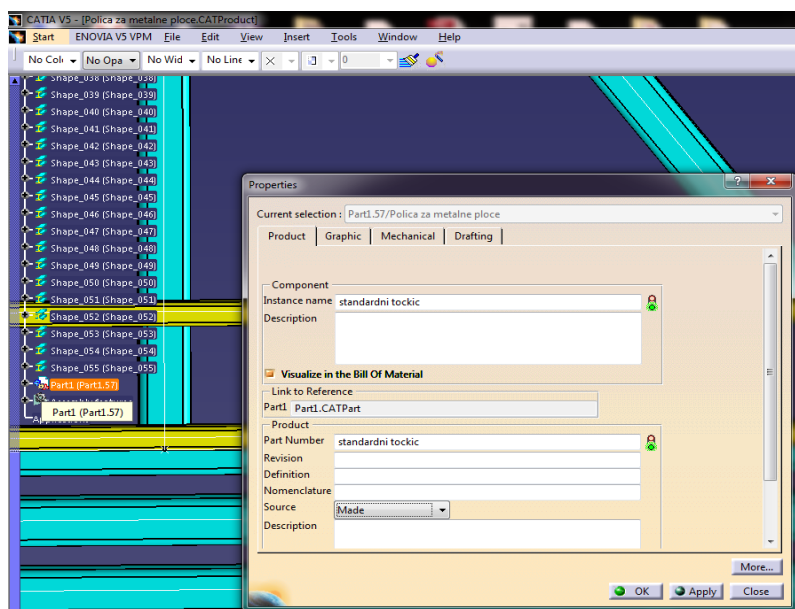
Слика 4.37 Постављена додатна укрућења конструкције

Након завршетка конструкције складишта челичних плоча, у модел је потребно убацити точкиће, такође стандардне делове, који се крећу по вођицама и омогућују извлачење полица са челичним плочама. Убацавање точкића се изводи отварањем падајућег меније *Insert*, у коме бирамо опцију *New Part*.

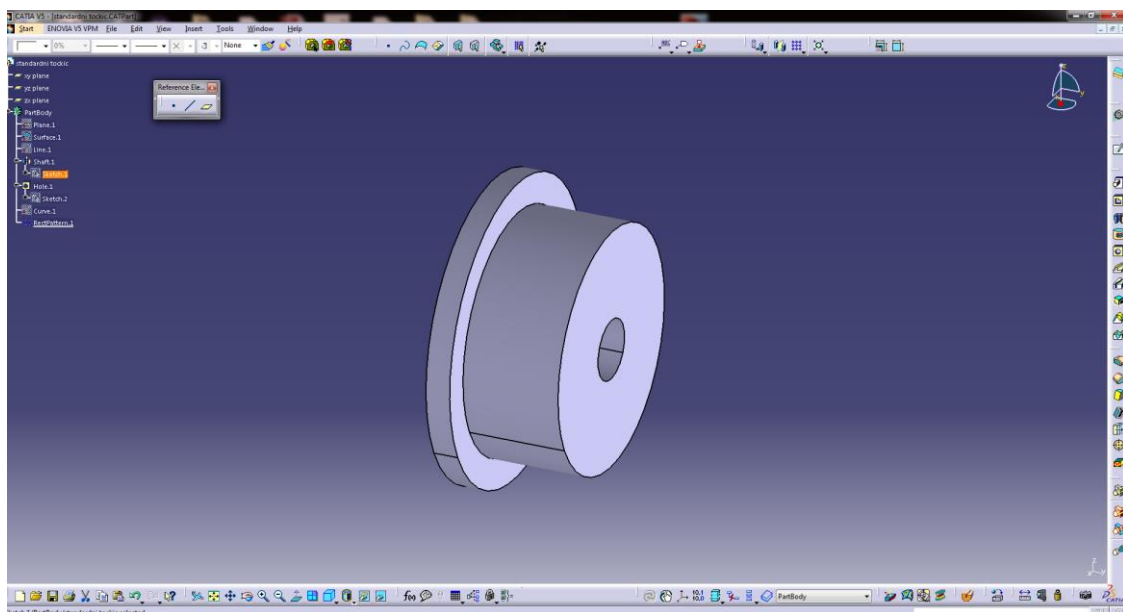


Слика 4.38 Приказ падајућег менија *Insert* и опције *New Part*

Након убацивања точкића, десним кликом на њега у стаблу отвара нам се прозор у коме мењамо његово име.

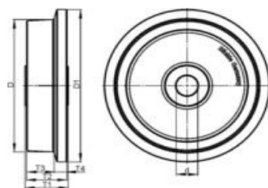


Слика 4.39 Приказ прозора за промену имена делова



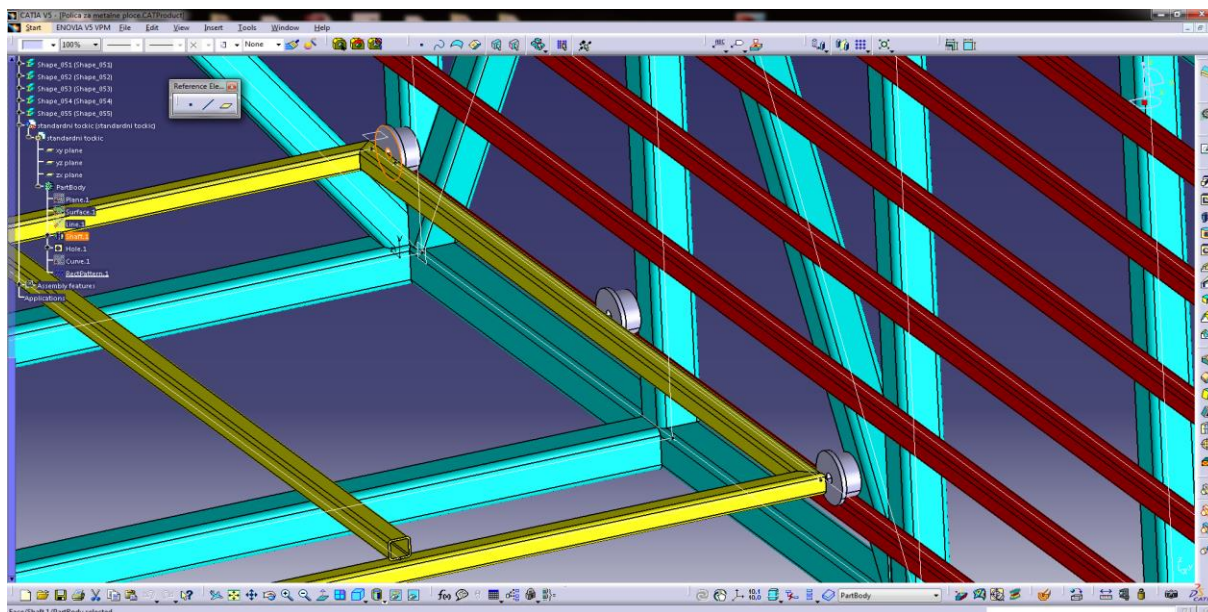
Слика 4.40 Стандардни точкић

Технички подаци:			Prikaz u: mm / Kg / °C
Ø точка	↺	100 mm (D)	
Ø точка sa prirubnicom	↺	125 mm (D1)	
širina точка	↺	50 mm (T2)	
Širina gaznog sloja	↺	40 mm (T3)	
nosivost	↺	1200 kg	
Ø otvora osovine	↺	25 mm (d)	
dužina glavčine	↺	50 mm (T1)	
Težina po komadu	↺	2,9 kg	
Otpornost na temperaturu	↺	-25 ° C	
Otpornost na temperaturu do	↺	120 ° C	
tvrdoca gazeceg sloja i gume	↺	190 - 230 HB	
Vrsta ležaja	↺	kuglični ležaj	



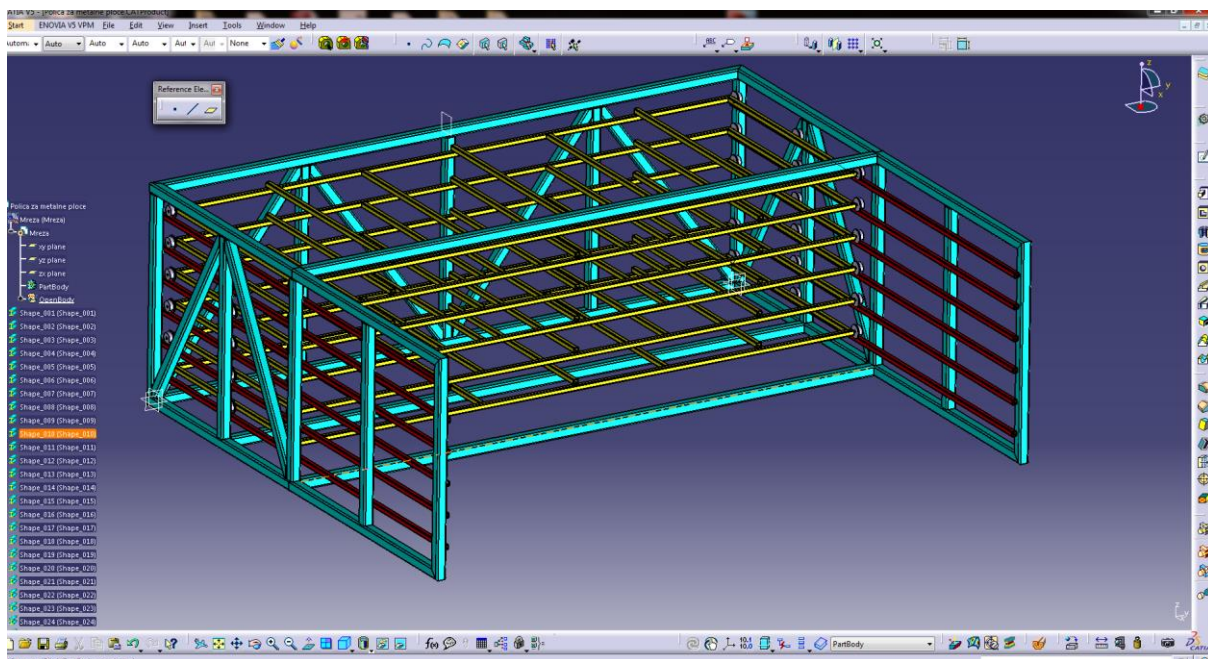
Слика 4.41 Технички подаци точића

Конструкција садржи више стандардних точића, па се операција понавља довољан број пута и точићи се постављају на своја места у конструкцији



Слика 4.42 Положај точића у конструкцији

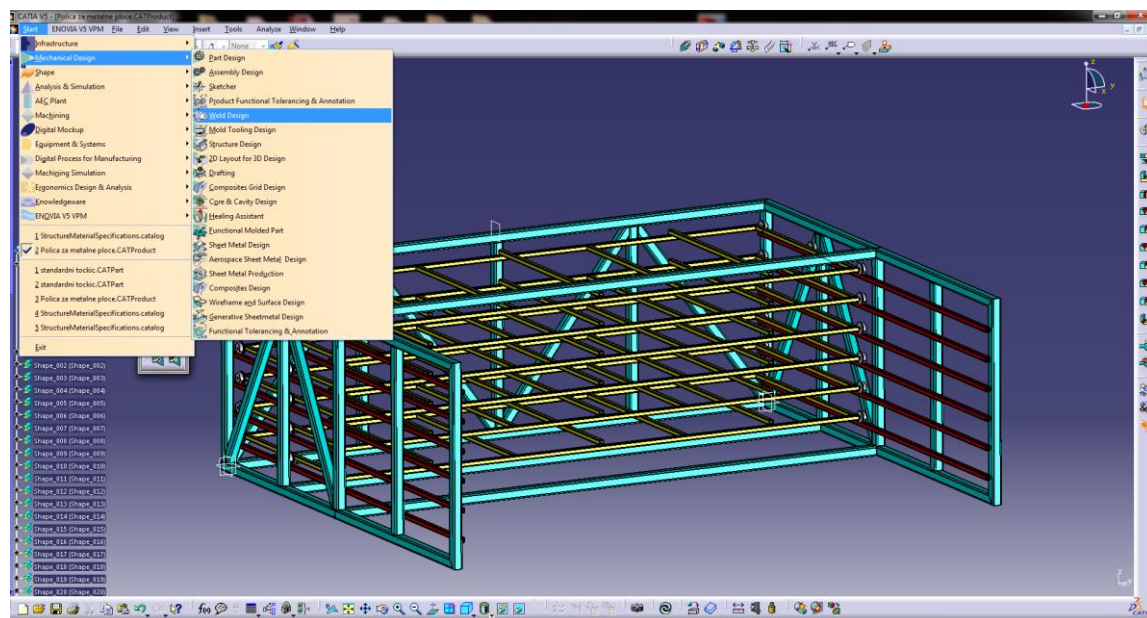
Пошто се у конструкцији налази 6 полица за челичне плоче, након завршетка једне полице она се копира на одређена места у конструкцији



Слика 4.43 Коначан изглед конструкције

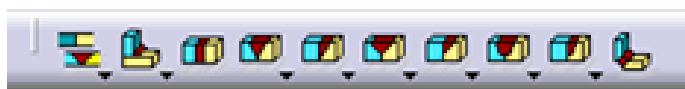
4. 2 Моделирање заваривања у CATIA-и

Када је конструкција потпуно дефинисана и склопљена, потребно је извести заваривање стандардних профила. Да би се извело заваривање у CATIA-и, потребно је отворити посебно радно окружење, *Weld Design*. Ово окружење се проналази кликом миша на *Start*, потом на *Mechanical Design*, након чега се отвара падајући мени у коме ће се појавити функција *Weld Design*.



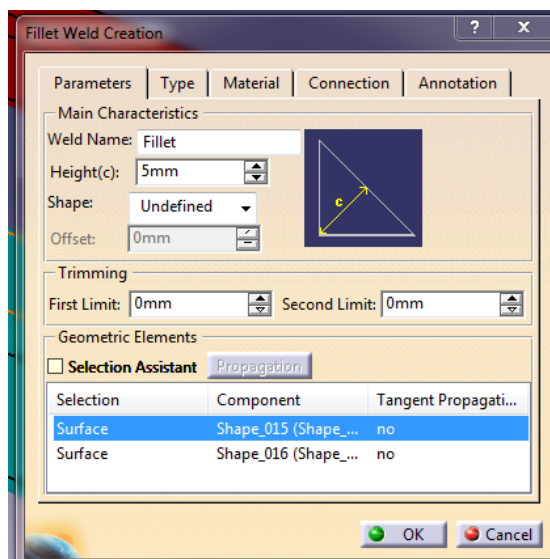
Слика 4.44 Покретање радног окружења *Weld Design*

Заваривање профила се изводи коришћењем алатки из палете алата *Welds*. У палети се налази доста опција али за ову конструкцију, складиште челичних плоча, најчешће се користи опција *Fillet Weld*.



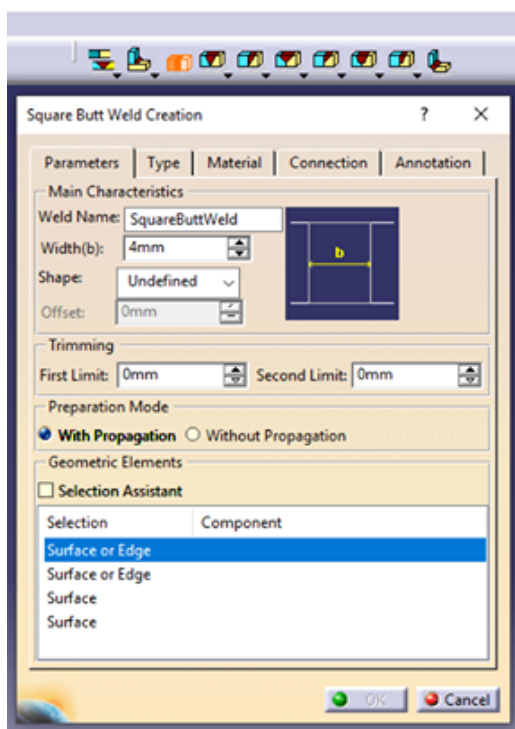
Слика 4.45 Палета алата *Welds*

Након избора опције *Fillet Weld*, отвара се прозор. У овом прозору могуће је одабрати висину завара и облика завара. Такође се може изабрати и материјал којим ће се профили заваривати. Након подешавања свих параметара, бирамо профиле између којих се изводи заваривање. Бирање профила се изводи тако што означимо површине између којих се изводи заваривање.



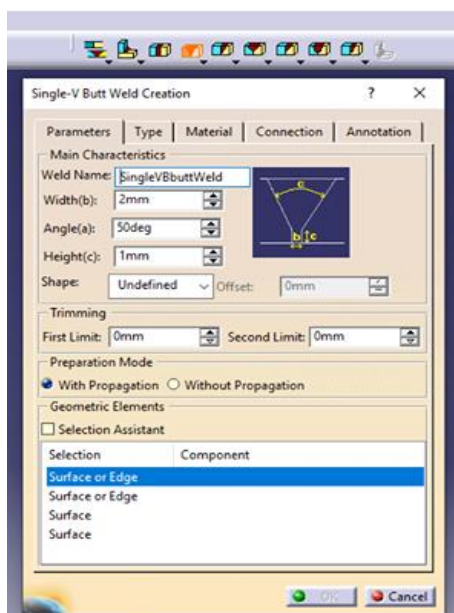
Слика 4.46 Прозор алатке *Fillet Weld*

Square Butt Weld је алатка која се користи за заваривање профила који се настављају један на други са одређеним зазором. Кликом миша на ову алатку отвара се њен прозор за подешавања. Кликом на опцију *Parameters* отвара се подпрозор у коме је могуће у колони *Weld Name* доделити име завару. Колона *Width* омогућава подешавање ширине завареног споја, као што је приказно и на слици у прозору. Колона *Shape* нуди могућност избора изгледа завара те имамо *Flat* (раван завар), *Convex* (конвексан завар) и *Concave* (конкаван завар)



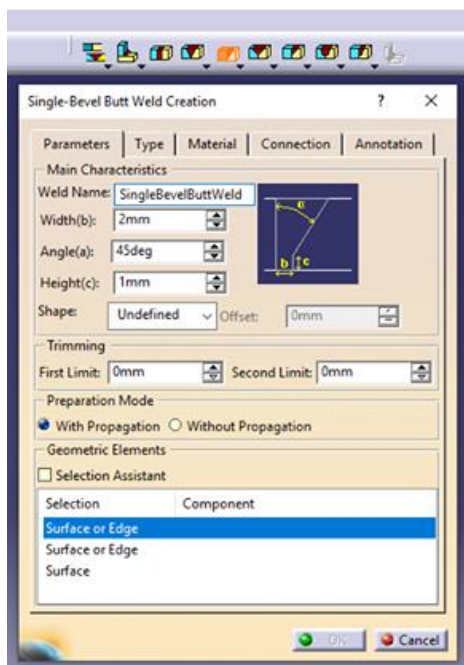
Слика 4.47 Прозор алатке *Square Butt Weld*

Алатка *Single-V Butt Weld* служи за образовање “V” зава. У прозору ове алатке могуће је подешавати све димензије “V” шава, почев од ширине, преко угла шава до дубине. У подпрозору *Material* се бира материјал зава.



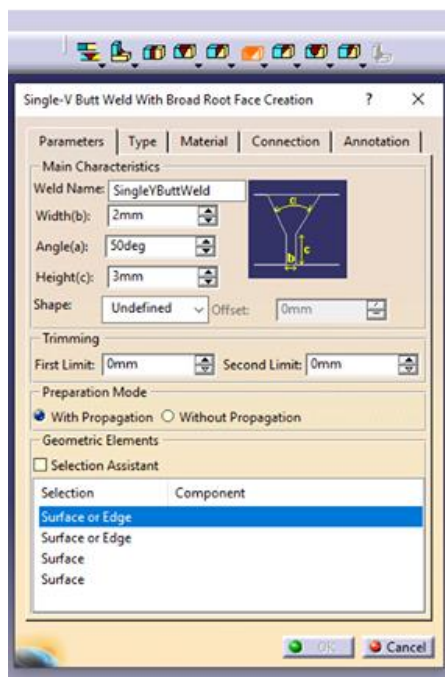
Слика 4.48 Прозор алатке *Single-V Butt Weld*

Single-Bevel Butt Weld је алатка за формирање половичног “V” зава. У прозору ове алатке је могуће као и за класичан “V” завар изабрати параметр као што су дубина, угао и висина зава. Такође могуће је изабрати и материјал зава,

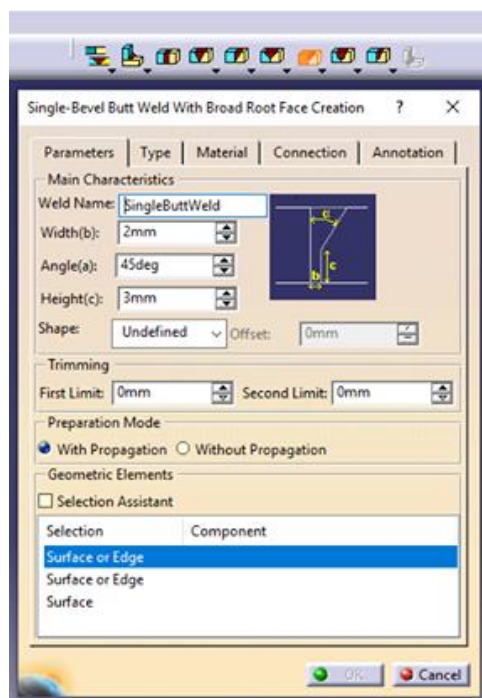


Слика 4.49 Прозор алатке *Single-Bevel Butt Weld*

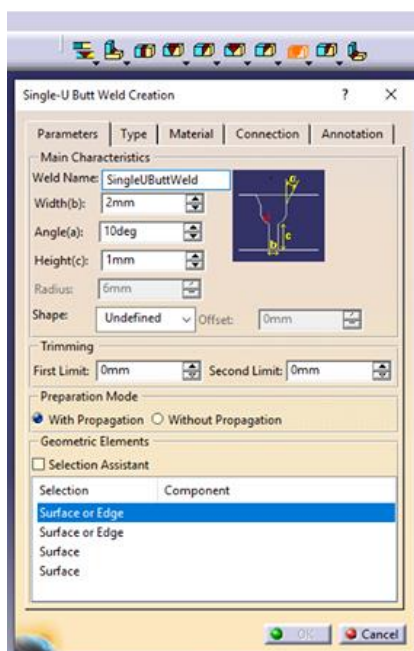
Алатке као што су *Single-V Butt Weld With Broad Root Face*, *Single-Bevel Butt Weld With Broad Root Face* имају исте параметре подешавања у њиховим прозорима али служе за различите профиле зава.



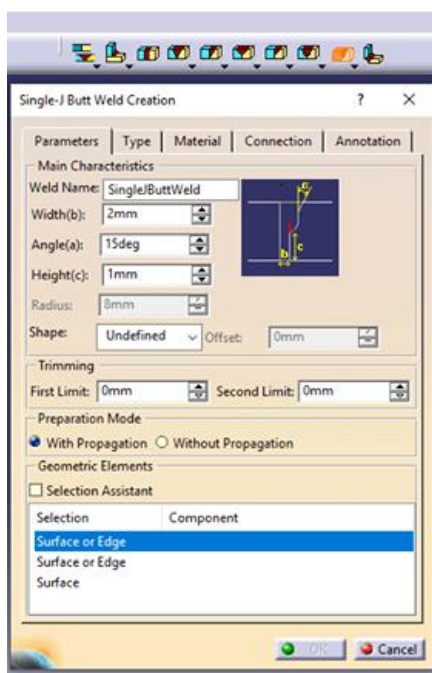
Слика 4.50 Прозор алатке *Single-V Butt Weld With Broad Root Face* за обазовање “Y” зава



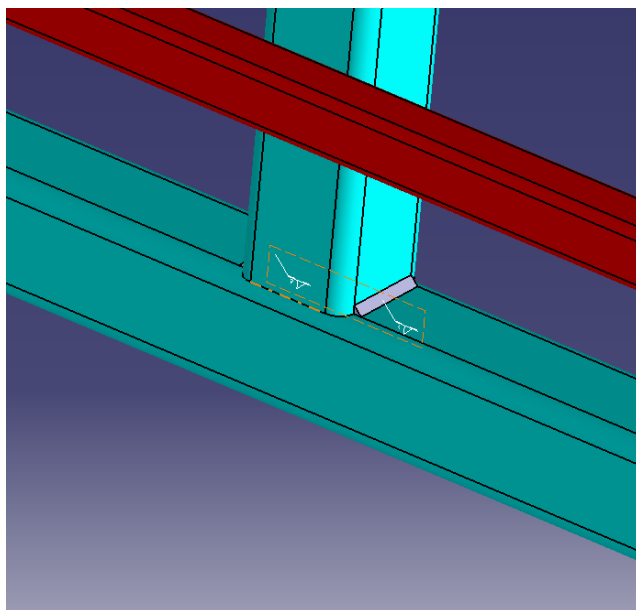
Слика 4.51 Прозор алатке *Single-Bevel Butt Weld With Broad Root Face* за обазовање половишног “Y” зава



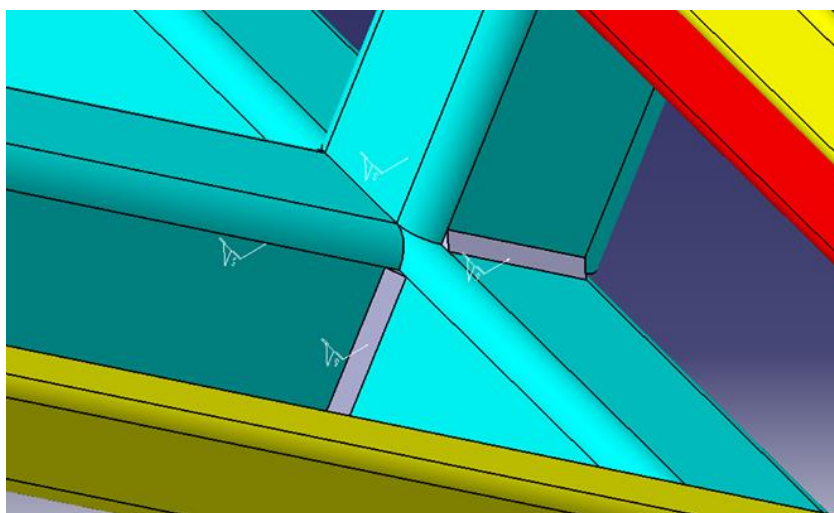
Слика 4.52 Прозор алатке *Single-U Butt Weld* за образовање “U” завара



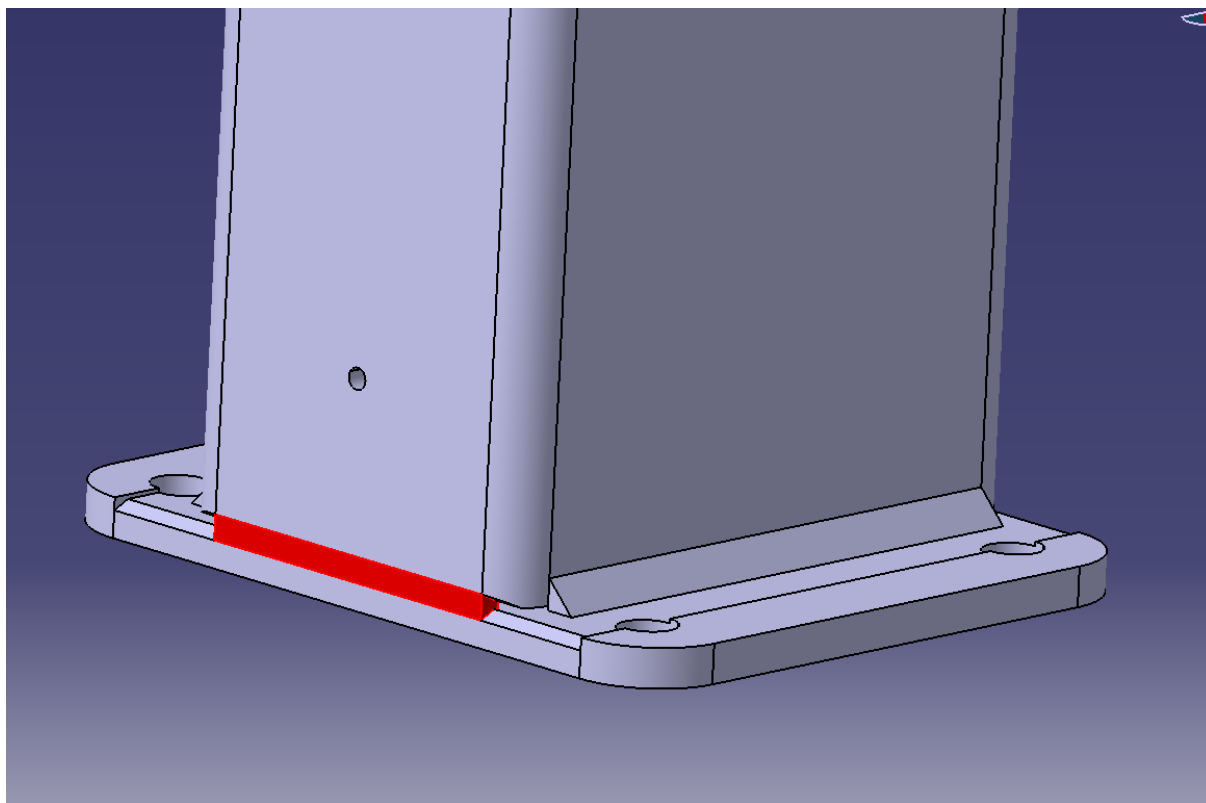
Слика 4.53 Прозор алатке *Single-J Butt Weld* за образовање “J” завара



Слика 4.54 Пример завареног споја



Слика 4.55 Пример завареног споја



Слика 4.56 Пример завареног споја профила код кога су оборене ивице

5. Закључак

CAD софтвери су унели револуцију у машинство, пре свега због скраћења времена од настанка идеје до коначног модела, али и због тога што омогућавају вршење одређених анализа и проучавање кинематике покретних делова. Најраспрострањенији и најпопуларнији CAD софтвер је CATIA. Софтвер CATIA садржи велики број модула. За овај завршни рад су коришћена два модула, *Structure Design* и *Weld Design*. За рад у модулу *Structure Design* потребно је познавање стандардних профила. Стандардни профили су један од основних конструктивних елемената у машинству који су израђени од челика и добијени су ваљањем. Израђују се у различитим облицима, сходно намени, а најоришћенији су: U-профили, T-профили, I-профили, L-профили и разни кутијастии профили.

Спајање наведених профила се може изводити раздвојивим и нераздвојивим везама. У раздвојиве везе спада везивање завртњевима док у нераздвојиве везе спада спајање заваривањем. У овом раду посебан осврт је на спајање заваривањем. Главна предност заварених спојева је лакша конструкција.

Стварање конструкције од стандардних профила у софтверу CATIA се изводи у радном окружењу *Structure Design* постављањем стандардних профила по унапред уцртаним линијама (путањама). Пошто се у библиотеци софтвера CATIA налазе стандардни профили по *American National Standards Institute (ANSI)* стандарду, да би се користили стандарди по SRPS стандарду потребно их је додатно моделирати и сачувати у библиотеку софтвера. Након постављања профила по задатим линијама они се међусобно пресецају на такав начин да их је физички немогуће поставити и израдити. Због тога је потребно профиле скраћивати и уклапати тако да их је могуће израђивати. Софтвер CATIA садржи функцију *Cutback* која то омогућава уз примену разних алатки. За спајање профила заваривањем CATIA поседује радно окружење *Weld Design*. У овом радном окружењу постоје бројне алатке које служе за образовање разних врста шавова и завара.

Моделирање конструкција од стандардних профила представља најбрже и најефикасније решење у процесу стварања металних конструкција. Истовремено се обухвата и решава више критичних фактора истовремено, а најважнији су свакако време израде конструкције и њена цена. Познавање и примена софтвера CATIA и модула за развој конструкције од стандардних профила и примену технологије заваривања ово свакако омогућава и у великој мери олакшава.

Литература

- [1] Ружица Николић, Весна Марјановић, Металне конструкције, приручник за прорачуне, Крагујевац 1998.
- [2] Металне конструкције, скрипта
- [3] Вукић Лазић, Милорад Јовановић, Технологије заваривања (скрипта), Крагујевац 2010.
- [4] Горан Девеџић, CAD/CAM технологије, Крагујевац 2009.
- [5] Ненад Марјановић, Основе 3D моделирања у CAD софтверима, Крагујевац 2014.
- [6] <http://moodle.mfkg.rs/course/view.php?id=39>