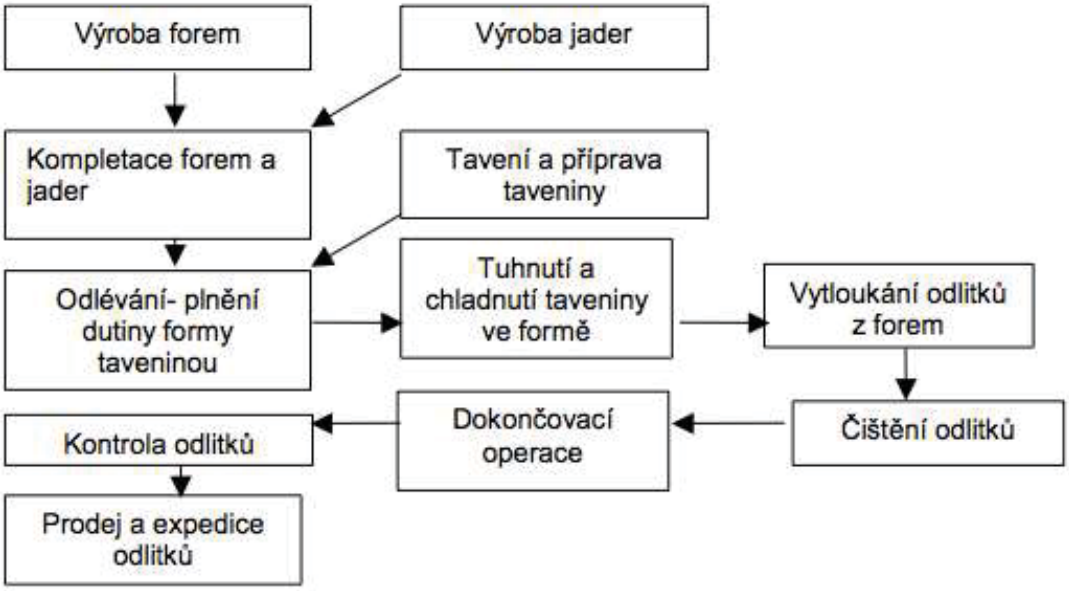
## 1.4 Vymezení cílů

Popis výroby odlitku ve slévárenské výrobě, včetně přípravy modelu, odlévací směsi, výrobní formy až po laboratorní zkoušky materiálu. Dále vytvoření 3D modelu odlitku v programu SolidWorks a následně změnové řízení. Toto vše samozřejmě ve spolupráci se SaM.

## 1.5 Vysvětlení způsobu práce se SaM

Spolupráce spočívá hlavně ve třídenní praxi, která proběhla od 2. do 4. prosince 2014 v SaM a během níž jsme byli svědky kompletního procesu vytváření odlitku. Hned první den po příjezdu jsme naplněni očekáváním zpracovali všechny dostupné informace které byly na Technologii k dispozici. Následné uvědomění, že práce nebude tak jednoduchá nás, povzbudila k lepšímu výkonu na další den. Naší první zastávkou byla tavná pec, kde se kov připravuje pro proces odlévání. Mimo to byla také provedena tzv.: termická analýza a odebrán tenký válcový vzorek ve (ve firmě nazývaný „placička“) pro další zkoušky. Dále naše cesta pokračovala na kontrolní stanoviště kde byla placička podrobena spektrální analýze a byly vyhodnoceny výsledky získané z odlitého materiálu v kelímku. Následovala Modelárna, kde nám byly podrobně vysvětleny výrobní principy a materiály pro vytváření matečných forem. Velmi zajímavé bylo stanoviště výroby forem, na kterém se matečný model zasypával formovací směsí a pomoci koliku vytvářeli vtokové a výfukové soustavy. A ke konci dne jsme si vyzkoušeli cestu obrobku resp. cely výrobní proces od začátku, až po konec v Čistírně kde se zmíněné soustavy odřezávají a plochy obrobku se zabrušují, opatruji ochrannou vrstvou a připravují k expedici. Návštěvou těchto různých stanovišť jsme získali spoustu materiálů, na kterých vybudujeme naší maturitní práci. Pro řešení práce jsme od pracovníků firmy získali potřebnou výkresovou a technologickou dokumentaci. Během vlastní tvorby projektu jsme též měli možnost průběžných konzultací ve slévárně.

## 2. Charakteristika výroby odlitku, forem a jader




Obr.3 Schéma výrobního procesu

### 2.1 Výroba směsi

Na pracovišti ručního formování je k výrobě forem používána samo tuhnoucí směs. Tato směs je složena z křemičitého písku (ostřiva), pojiva (furfuril alkohol) a tvrdidla (PTS). Pojivo s tvrdidlem tvoří přibližně 9/10 % na obsah ostřiva (použitý písek je přibližně z 95% tvořen tzv. regenerátem, zbytek tvoří nové ostřivo).

Regenerace směsi se vytloukání provádí tak, že vytlučená směs prochází předseparací (rozdrcení větších částí) a pokračuje automaticky. Předseparovaná směs prochází magnetickým separátorem na oddělení kovových částic (feromagnetických) .

Pneumatický přesun do regeneračního zařízení a tam lopatkový stroj/kolo vyhazuje do prostoru směs, což způsobuje omílání zrn a hrubý podíl odpadá (Je vracen zpět do síta a znovu použit).

Fluidní chladnička, kde probíhá další omílání a odsávání prachového podílu a obálek zrn za filtračním zařízením (ztráta cca 4-5% směsi). Přeprava regenerované směsi pneumaticky pokračuje do dělené násypky (regenerované ostřivo a nové ostřivo), odkud pokračuje směs do prvního ramene průběžného lopatkového mísiče,

kde dojde k přidání nového ostřiva (4-5%). Nová směs regenerátu a ostřiva pokračuje do druhého ramena kde je dávkováno pojiva a následně tvrdidlo.

Poté se směs sype do forem. Přitlačí se na model osazený odvzdušňovacími kolíky a dosype se až do vršku rámu. Pro přesnost zavádění horní poloformy do dolní poloformy jsou do modelové desky zavedeny ocelové vodící kolíky. Směs se ve formě postupnou polymerací za 30 – 40 min. samovolně vytvrzuje do manipulační tvrdosti.



Obr. 4 Doprava furanové směsi



Obr. 5 Plnění formy směsí

## 2.2 Forma

Po oddělení modelu od formy se poloformy opatří protipenetračním nátěrem (roztok práškových oxidů železa v etyl alkoholu), nátěr se nechá vyschnout (urychlení lze dosáhnout zapálením).

Dos podní poloformy se založí jádra a jamky, poté se sesadí spodní poloforma s horní poloformou a dojde k vycentrování francouzskými kolíky (dutiny a výstupky, na poloformách ve tvaru komolého kužele). Rámy se následně sesvorkují ocelovými třmeny a klíny z bukového dřeva a zatíží se, aby se zabránilo účinkům metalostatického tlaku. Nad vtokový kůl se přilepí vtoková jamka. Tím je forma připravena k odlévání.

Filtry slouží k zachycení nečistot obsažených v tekutém kovu a současně zlepšují průběh plnění formy.



Obr. 6 Pohled na modelovou část



Obr. 7 Forma po odebraní modelové části



Obr.8 Odlévání do formy



Obr.9 Zapálená forma

## 2.4 Příprava odlévací směsi

Celý proces začíná u středofrekvenční Indukční kelímkové pece (ABP) která se používá jak k tavení, tak k udržování teploty roztavené litiny. Indukční pec skládající se z žáruvzdorného kelímku, který je obklopen vodou a měděnou cívkou, která funguje na principu protékaní střídavého proudu již zmíněnou cívkou a indukcí v sazce v kelímku pece střídavého elektromagnetického pole a tím nastává tavení. Pec pracuje při frekvenci 300-600Hz a navíc střídavým polem vzniká míchací pohyb a dochází tak rovnoměrnému rozdělení legovacích prvků. Tavení se provádí z kusové vsázky (paketované plechy, ocelový odpad, litinový šrot, vratný materiál, surové železo). Poměr vsázkových surovin se volí tak, aby chemické složeni po nataveni odpovídalo příslušné normě. První zkouška chem. složení se provede hned po nataveni. Nedostatek chemických prvků podle normy se provede delegováním (ferosilicium, feromangan, ferosíra, grafit). Po rozpuštění legur se ověří správnost chemického složení. Vzorek pro spektrální analýzu je odlit do kovové kokilky a výsledkem je tenký kruhový vzorek (placička) který se přebrousí a analyzuje (Foundry Master). Jestliže je chemické složení v souladu s nornou provede se u tvarných litin modifikace (změna lupínkového na kuličkový grafit) a očkováni (zjemnění zrna) plněným profilem tzv. Modifikátorem (Mg, Si, Fe). Pomocí termické analýzy do kelímku z HotBox směsi s termočlánkem se provede kontrola, zda je modifikace a očkování v souladu s normou (křivka chladnuti). Tekutý kov je připraven k odlévání, jestliže teplota odpovídá teplotě lití (reakce probíhá za vyšších teplot, tudíž je nutné nechat taveninu odstát, díky čemuž vyplouvají nečistoty. Po snížení teploty na předepsanou hodnotu (technologická karta) následuje odlití formy.



Obr. 12 Indukční kelímkové pece




Obr. 13 Křivka chladnutí taveniny

## 2.5 Odlévaní

Kov se při teplotě lití 1470˚C (konstantní teplota +0 , - 10˚ ) plynulým a nepřetržitým tokem vlévá do formy.

Zapalováním plynných zplodin, vycházejících z výfuků, se předchází explozím a možnému poškození tvaru odlitku.

Do formy (viz video)se lije cca 3000kg tekutého kovu, tuhnutí materiálu do středu odlitku cca 90min.

Porezita vzniká vlivem smršťování odlitku, ten při tuhnutí se v takzvaných tepelných uzlech projeví nedostatkem kovu, ten je řešen pomocí tzv. nálitku, který doplní chybějící objem kovu.

K přepravě taveniny se používá transportní pánev (při plnění forem na vetší odlitky slouží transportní pánev současně jako licí), bubnová pánev objem do 2tun, hrncové pánve do 4tun, odlitky s menší hmotnosti se odlévají z menších pánvi o objemu 40-100 kg).



Obr. 14 Lití taveniny



Obr.15 Přeprava taveniny



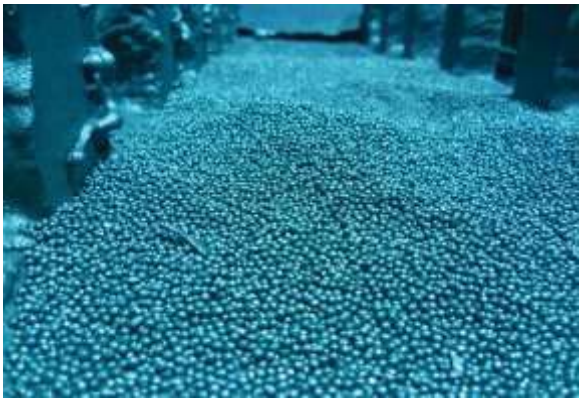

Obr. 16 Digitální měření teploty pece




Obr. 17 Digitální ovládání pece

## 2.6. Čistění a povrchová úprava

Po vytlučení odlitku na vytloukacím roštu se provede nejprve otřískaní ocelovými broky o průměru cca 2,2 mm (výstupní rychlost 80 m/s). Po odtryskání se odstraní vtoková soustava například odlomením nebo odřezáním pomoci rozbrušovacích kotoučů. Poté jsou odlitky obroušeny pomocí stojanových, pásových a ručních brusek. Průměrně 35% odlitku se dále upravuje máčením do vodou ředitelného akrylátového laku a následně vytvrzuje v elektrické sušicí peci (60℃ 40 min). Takto provedeny nátěr má poměrně velkou odolnost vůči otěru a je slučitelný s dalšími povrchovými úpravami odlitku (tmeleni, lakování). Dalším důležitým důvodem pro máčení odlitku v akrylátovém laku je zabránění tzv. bleskové korozi (rychle zkorodovaní ve vlhkem prostředí).



Obr. 18 Ocelové broky



Obr. 19 Broušení kotoučovou bruskou



Obr. 20 Lázeň s akrylovým lakem



Obr. 21 Pec na vysoušení

## 2.7 Charakteristika vlastního odlitku

Předmětem samotné maturitní práce je odlitek vidlice **NR 7769/skříň elektromotoru vyrobené z sede litiny s kuličkovým grafitem CSN 42 23xx.x-x.** Litina s kuličkovým grafitem (LKG) se velmi často vyrábí modifikací taveniny. Modifikace se provádí v pánvi nebo přímo ve formě. Vysoký obsah uhlíku v LKG, činí 3,2 - 4%, způsobuje že tento materiál je velmi dobře slévatelný.

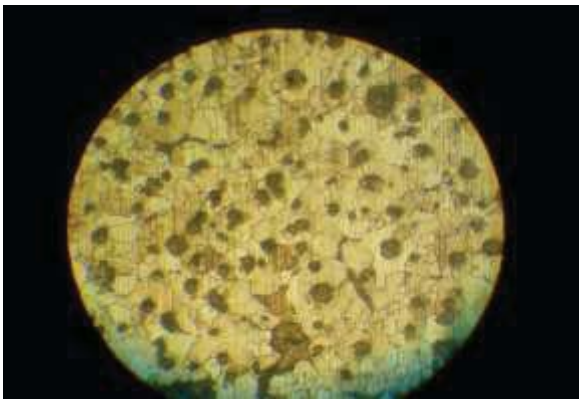
Je vhodný pro tepelně zatížené součásti, jako jsou např. bloky a hlavy válců u spalovacích motoru a součásti automobilových brzd.

**Litiny s kuličkovým grafitem (LKG)**

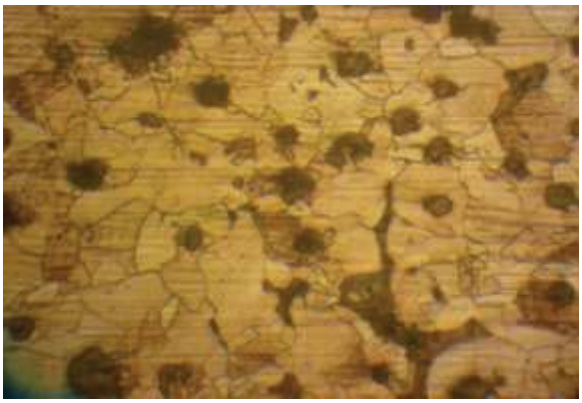
Modifikací litiny s kuličkovým grafitem, jehož pevnost je při stejné tepelné vodivosti vyšší. Proto se hodí zejména na tepelně zatížené součásti, jako jsou např. bloky a hlavy válců u spalovacích motoru a součásti automobilových brzd.

**Litiny s kuličkovým grafitem chemické složení (LKG)**

Chemické složení (3,2-3,8% C; 2-3% Si; 0,1-1% Mn.; do 0,08% P; do 0,015% S a 0,03-0,8% Mg)



Obr. 22 Litina s kuličkovým grafitem pod mikroskopem

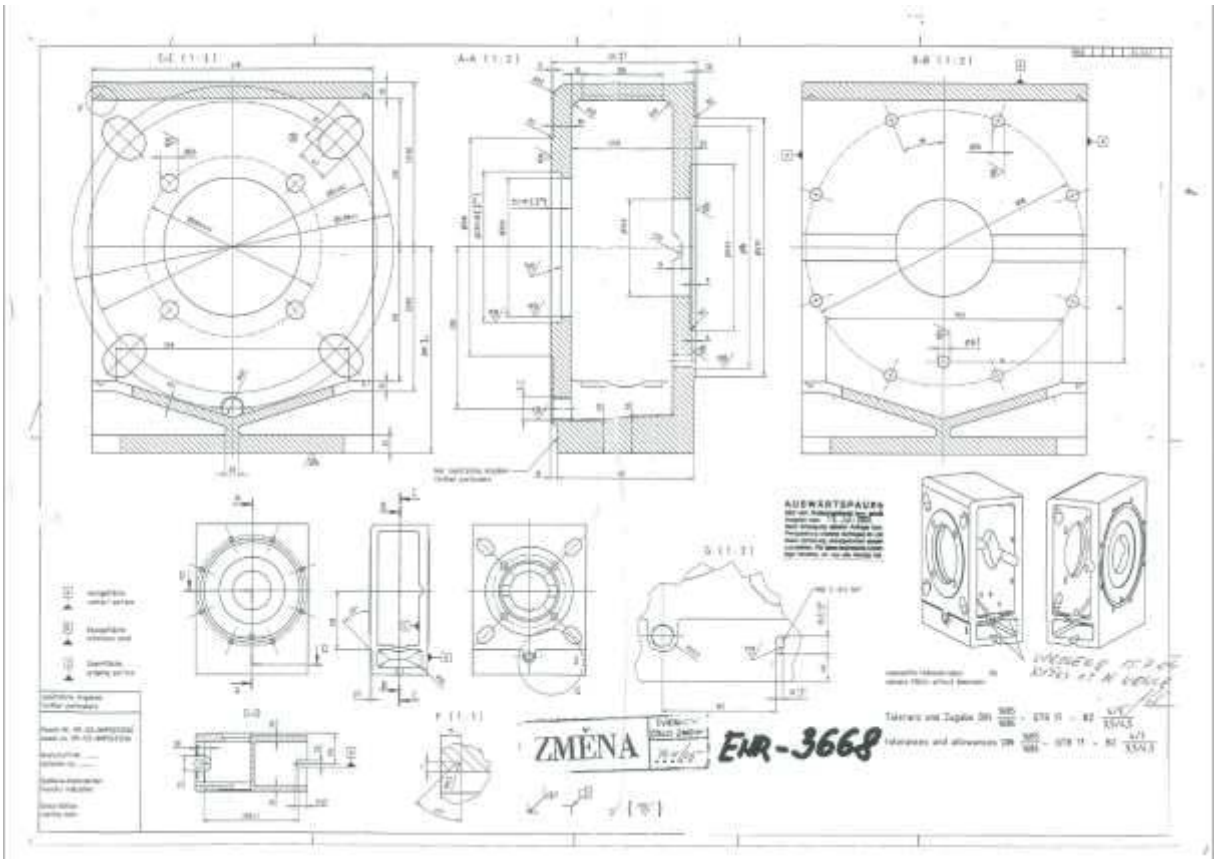


Obr. 23 Litina s kuličkovým grafitem pod mikroskopem přiblíženo

# 3. Část praktická - modelování odlitku strojní součásti ve 3D CAD

## 3.1 Technická dokumentace

V SaM jsme obdrželi 2D výkresovou dokumentaci z níž jsme vytvořili 3D model v CAD systému.



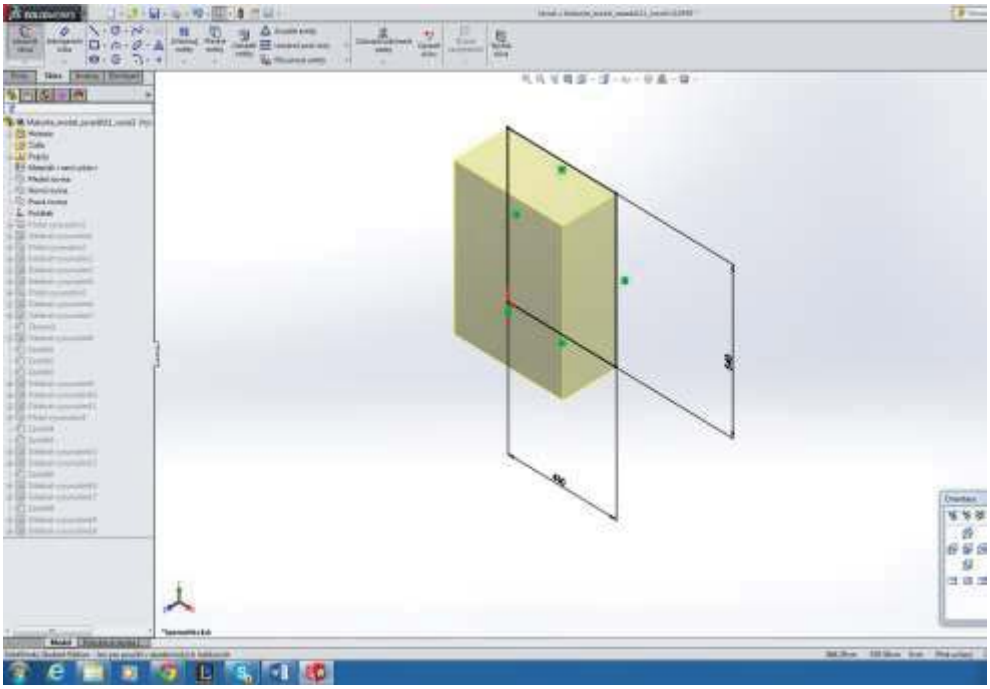

Obr. 26 2D výkres skříně elektromotoru

## 3.2 Vymezeni principu a využití CAD systémů v technické praxi

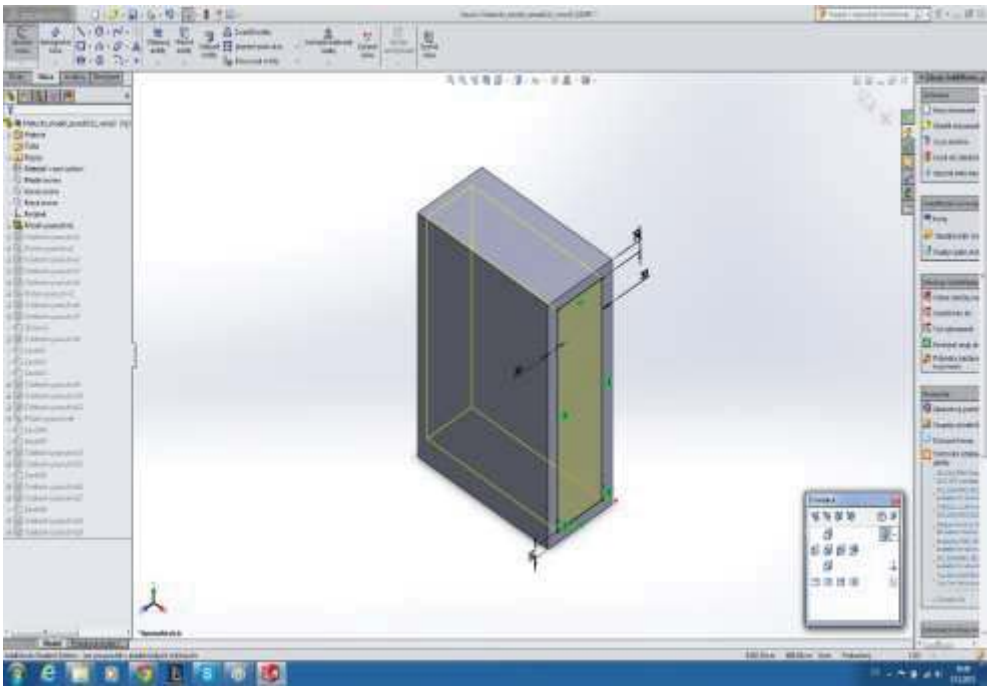
„Systémy CAD (computer aided design) jsou pokročilé grafické programy, které umožňují navrhovat naprosto cokoliv. CAD aplikace vždy obsahuji grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů (2D) stejně tak jako modelováni objektů a dějů reálného světa. Pro modelování svého odlitku jsem využil 3D CAD program Solid

Works 2014. V technické praxi se tyto programy používají pro vizualizaci, projektování a výkresovou dokumentaci pro pozdější sériovou výrobu

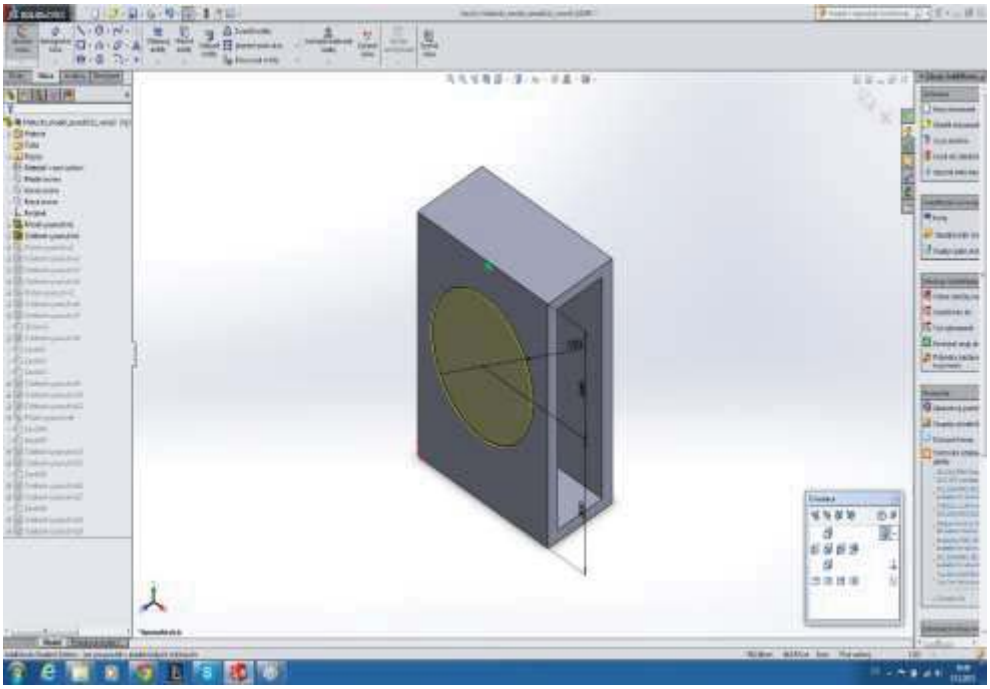
## 3.3 Postup při vytváření odlitku



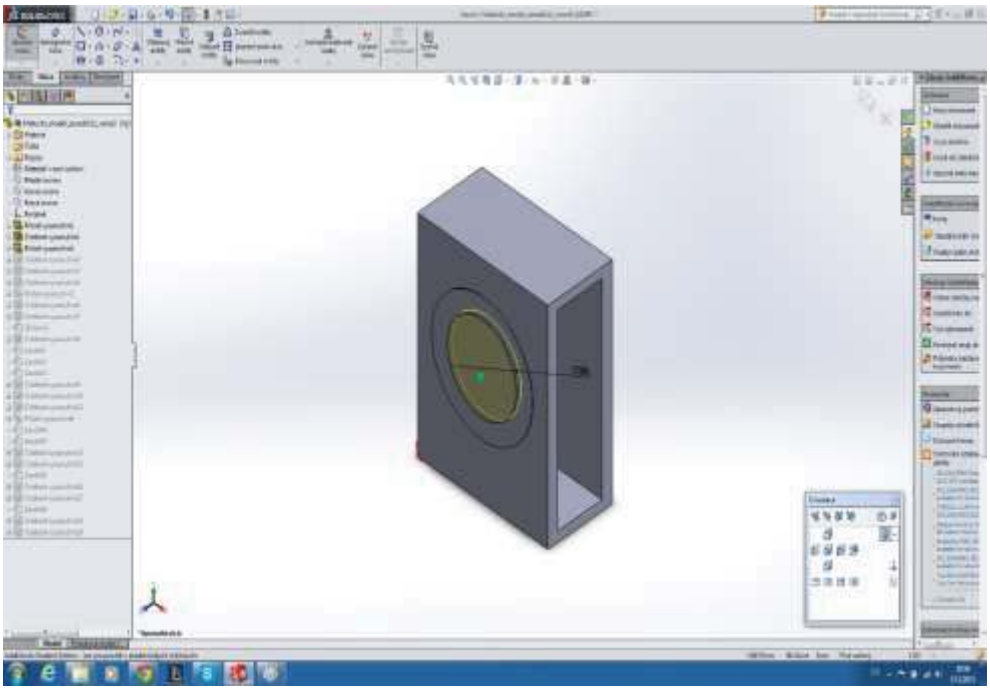
Obr. 27 Vytažení obdélníku



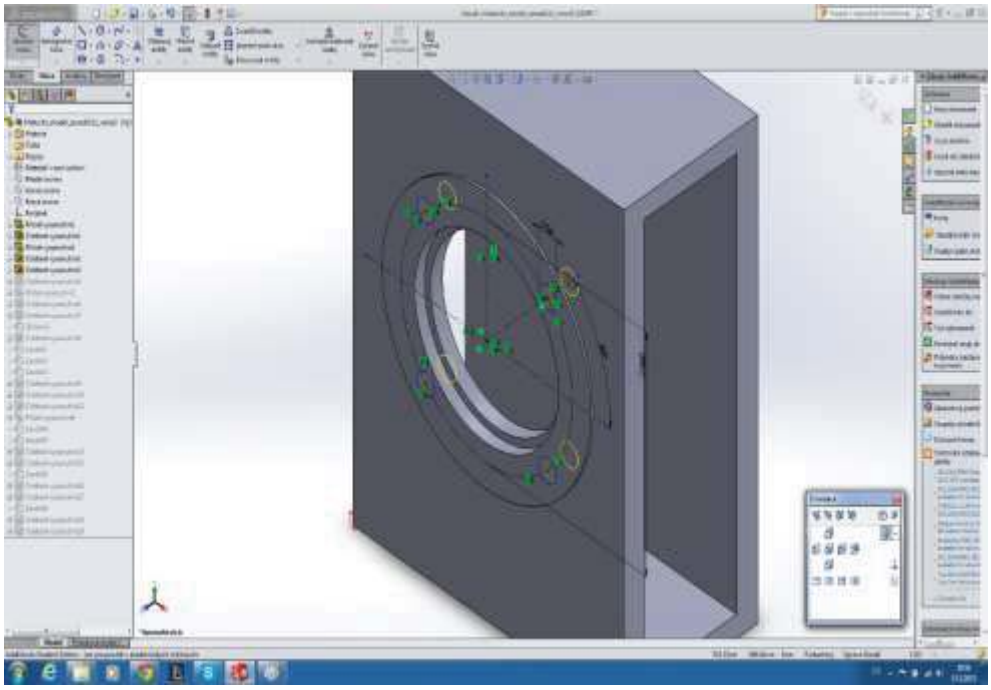
Obr. 28 Odebrání obdélníku



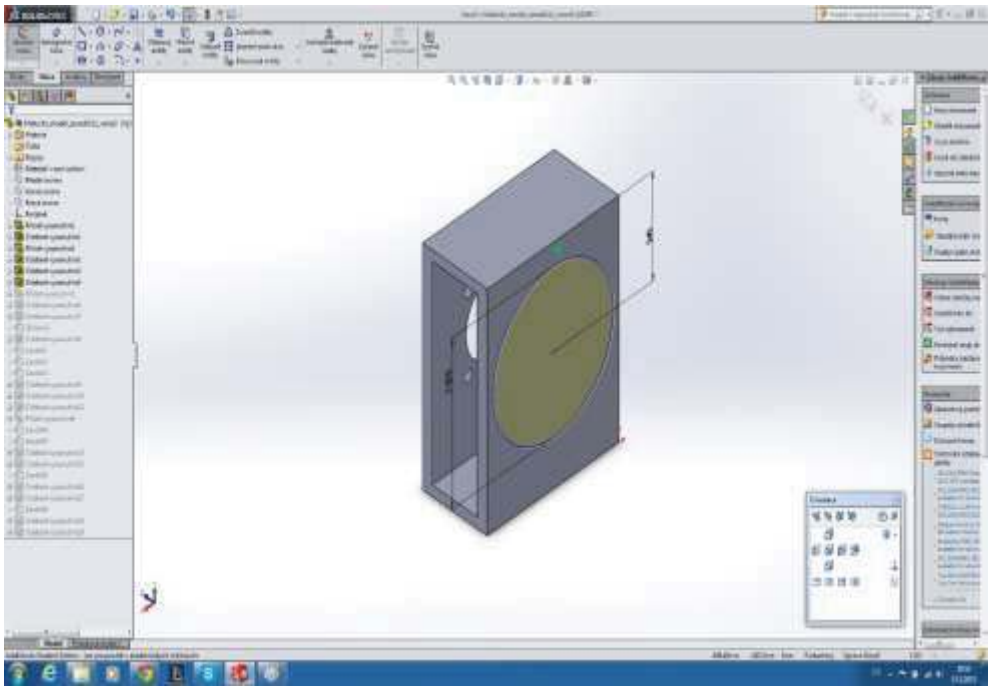
Obr. 29 Vytažení kružnice



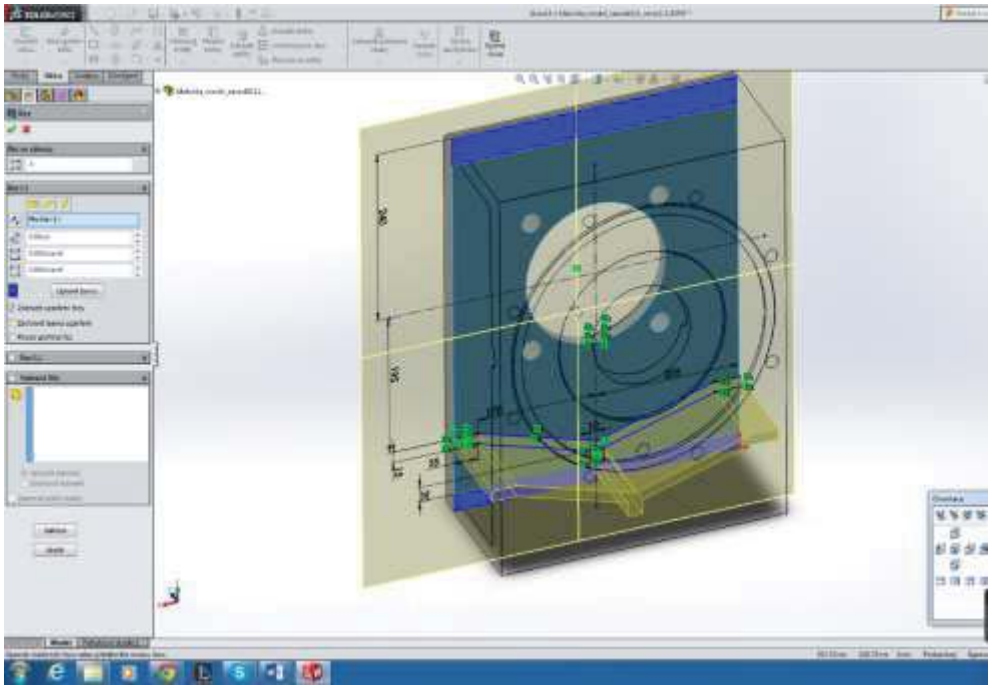
Obr. 30 Odebrání vnitřní kružnice



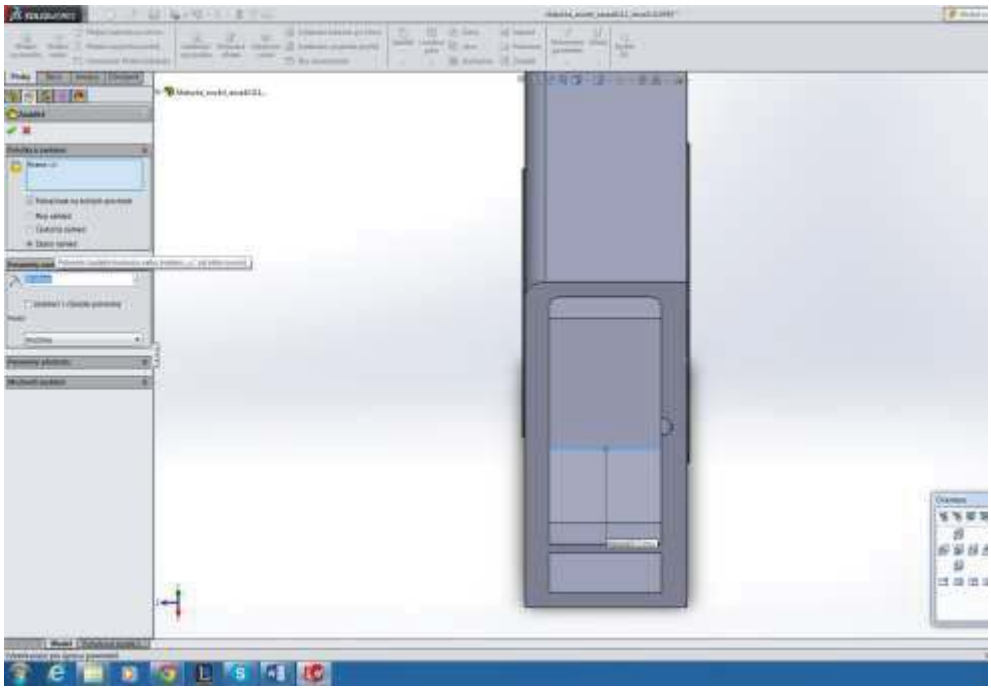
Obr. 31 Odebrání děr



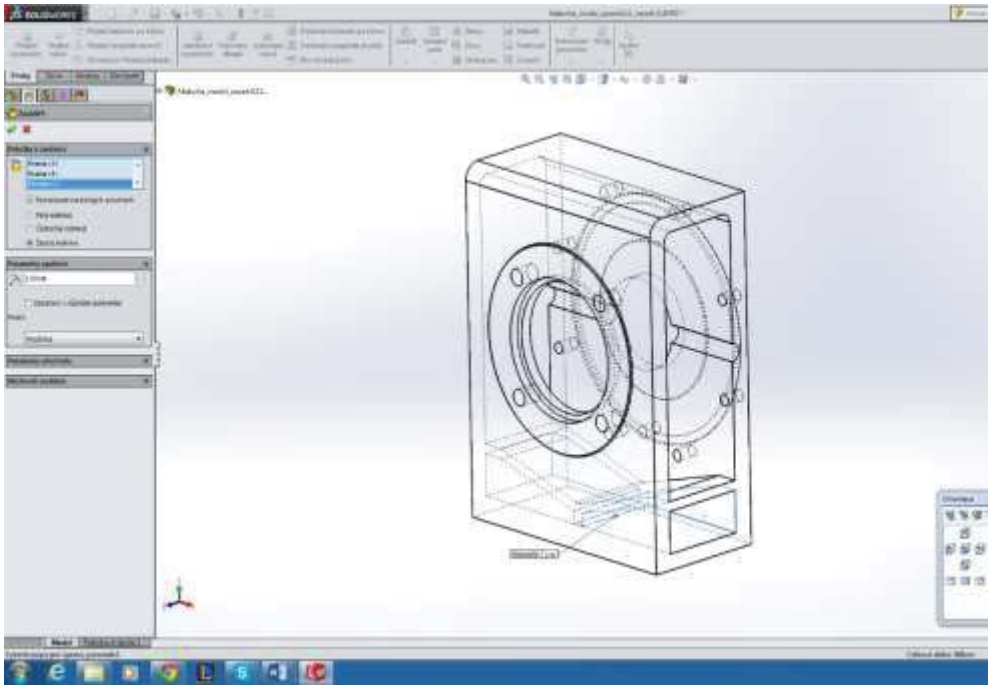
Obr. 32 Vysunutí kružnice z druhé strany



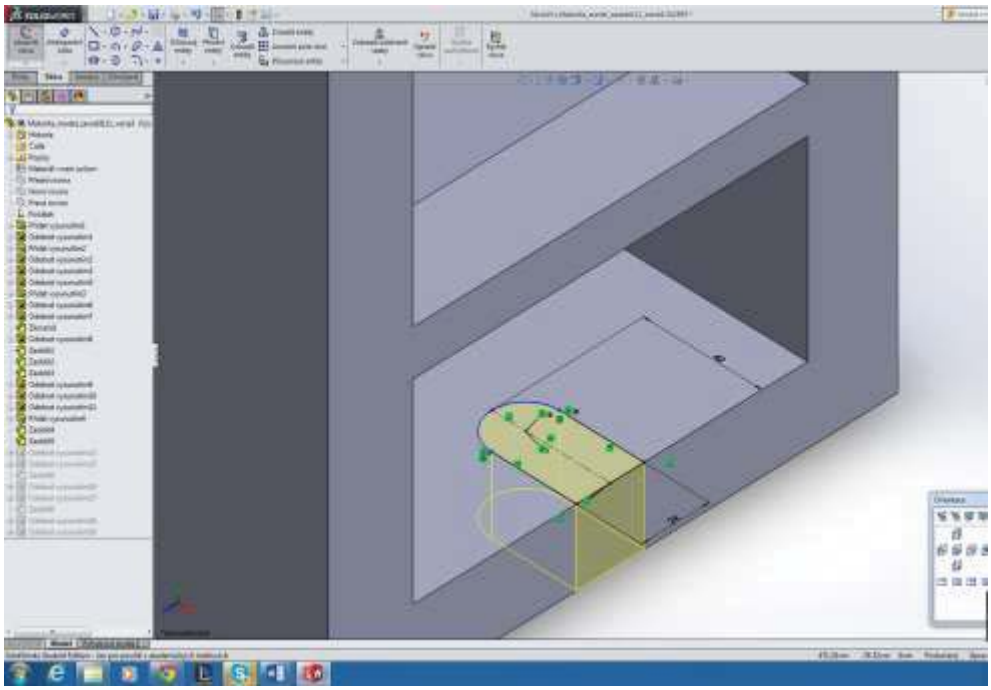
Obr. 43 Vysunutí z průřezu odlitku



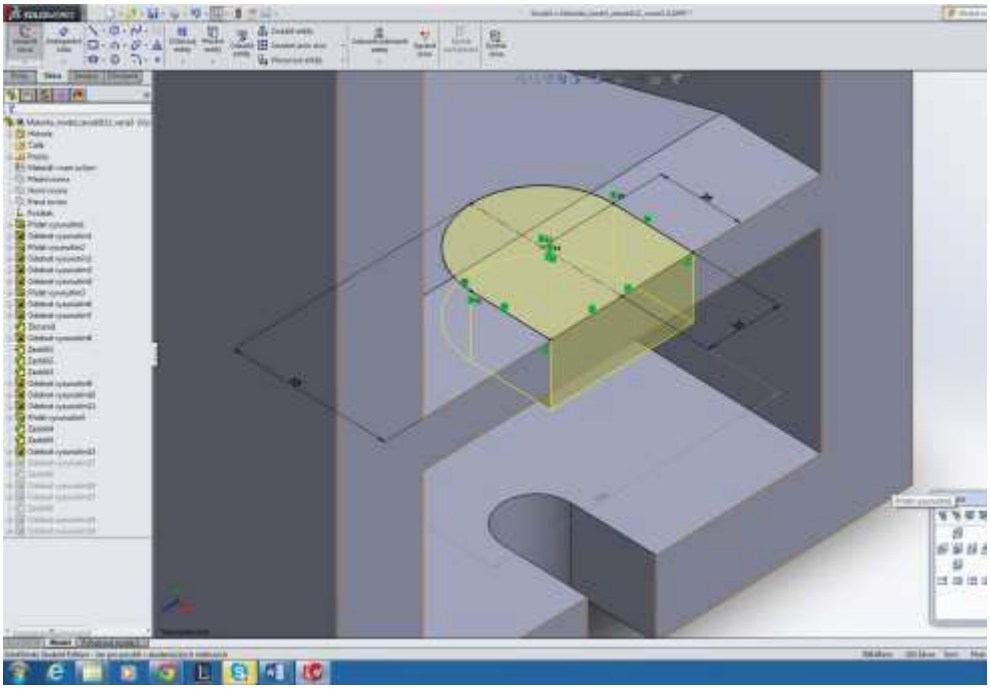
Obr. 44 Zaoblení uprostřed odlitku



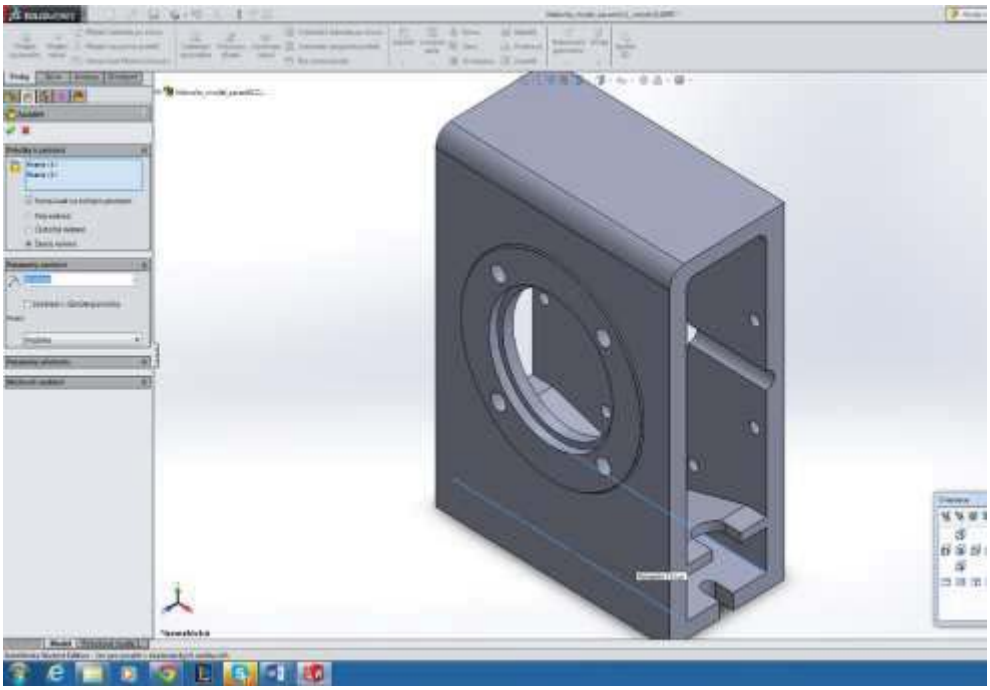
Obr. 45 Zaoblení spodní hrany vysunutí



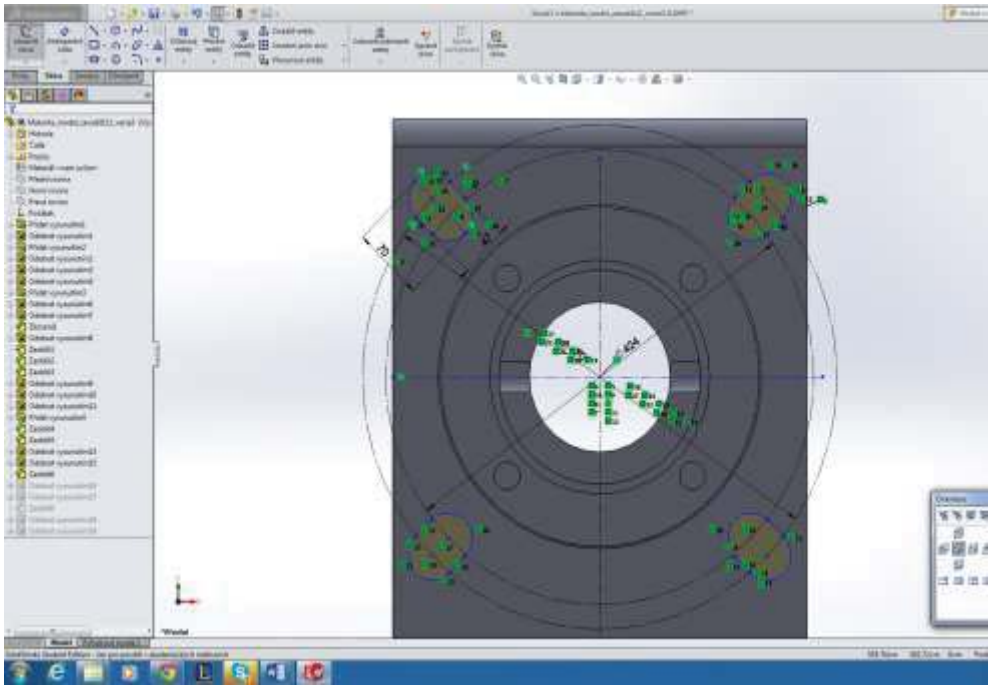
Obr. 46 Odebraní spodní části



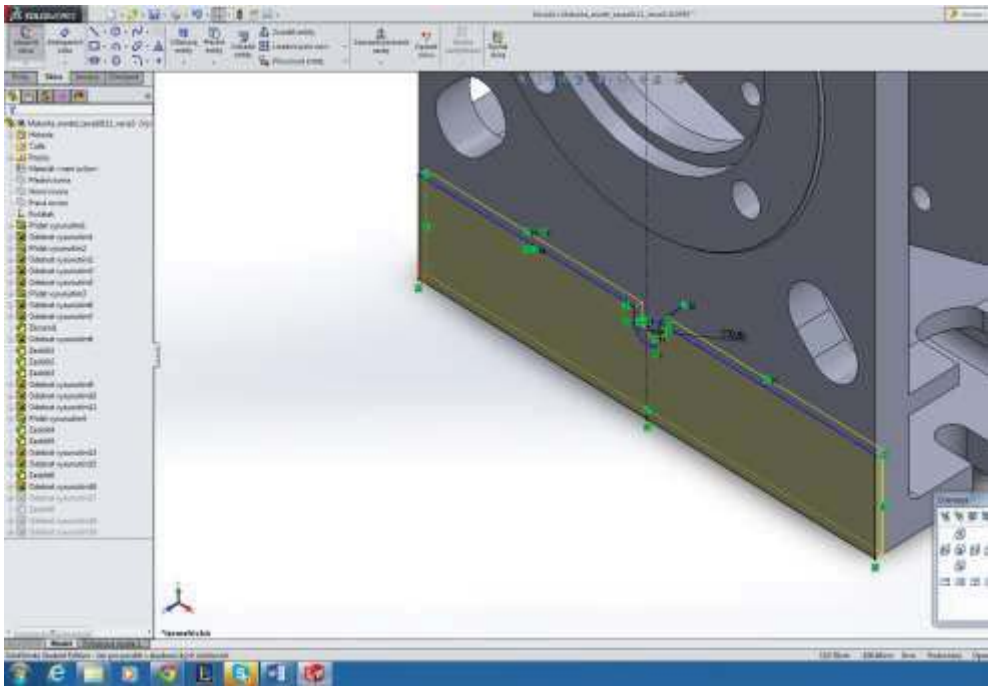
Obr. 47 Odebrání nad spodní částí



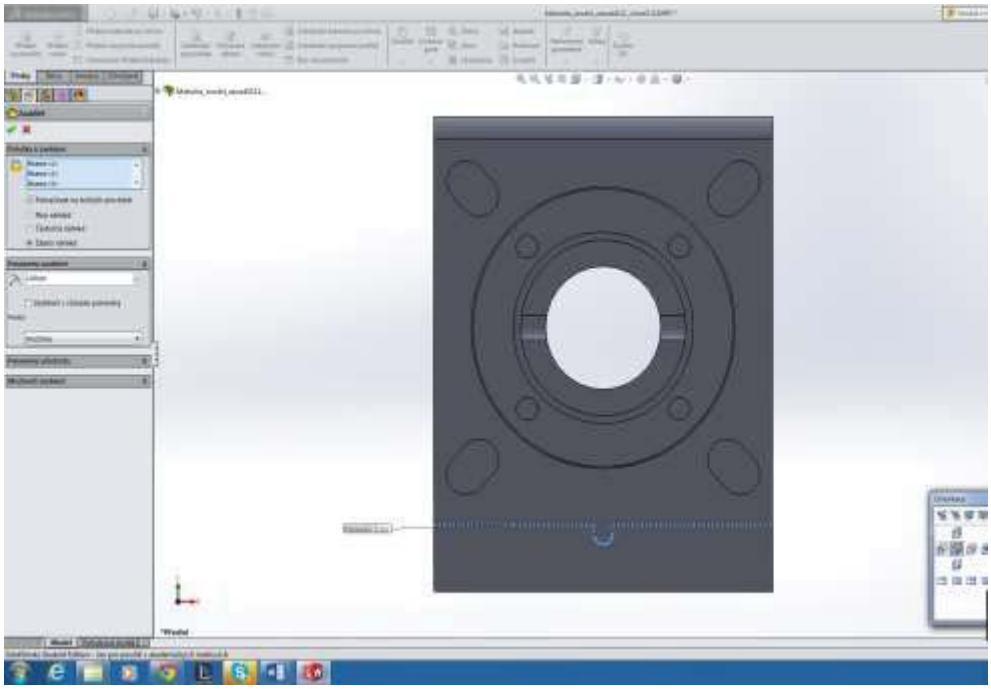
Obr. 48 Zaoblení hran dolní části odlitku



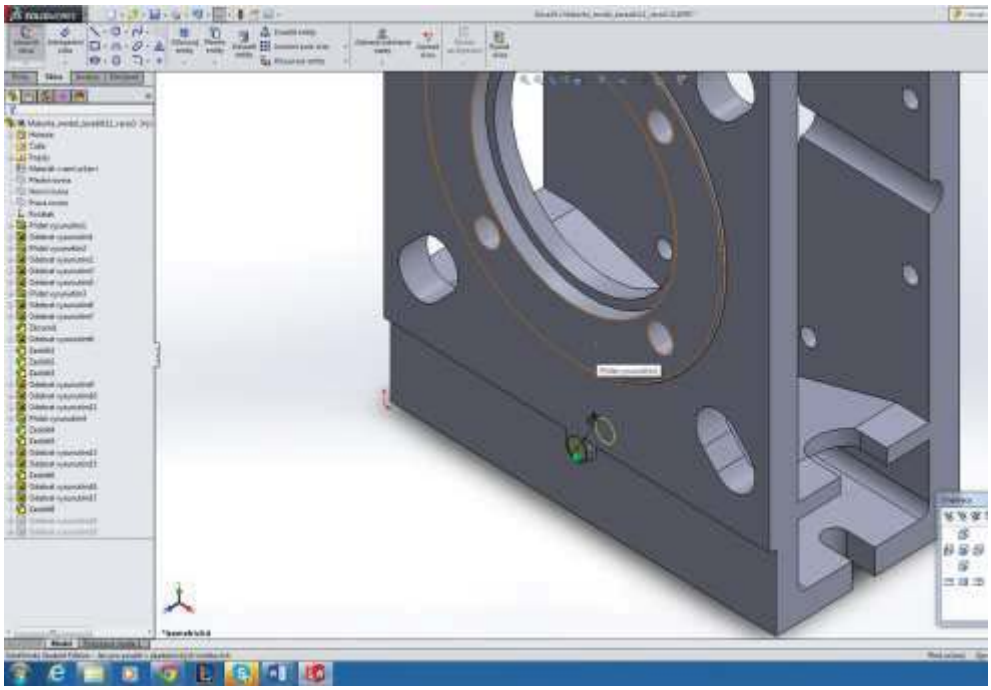
Obr. 49 Odebrání děr



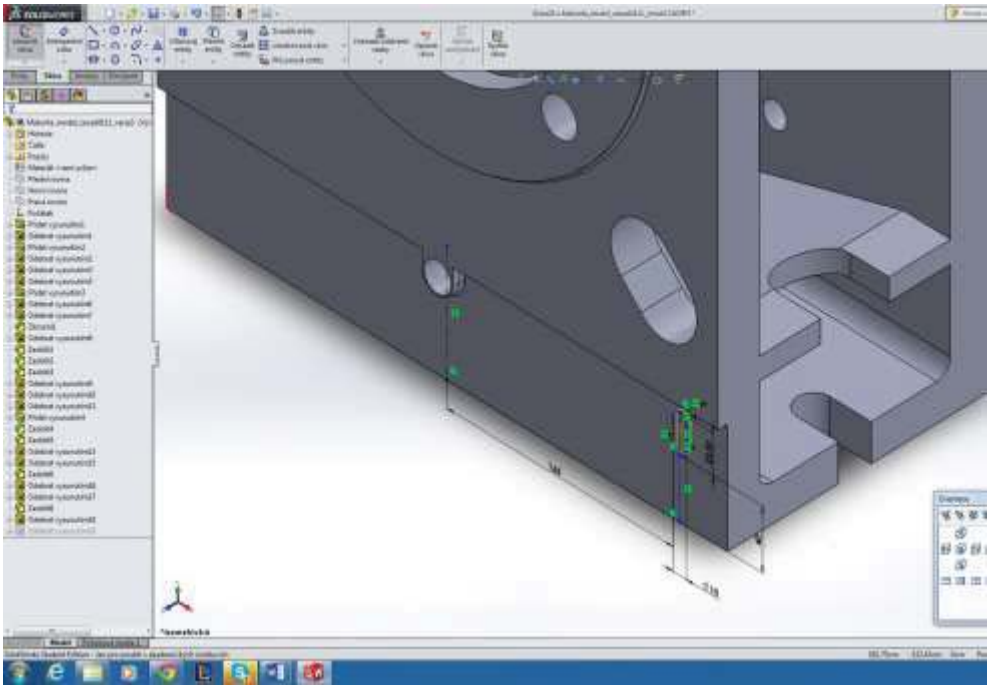
Obr. 50 Odebrání spodní hrany



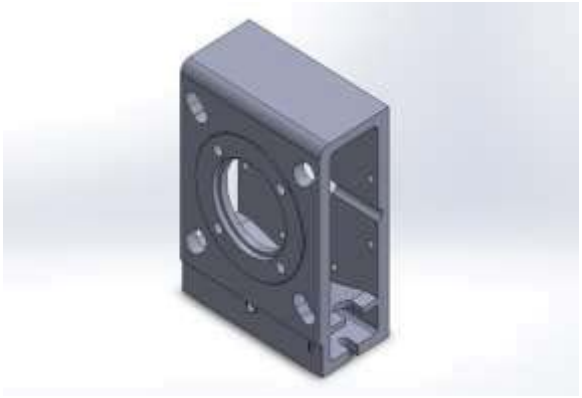
Obr. 51 Zaoblení spodní vnější hrany



Obr. 52 Odebrání díry ve spodní části



Obr. 53 Odebrání válcového obrysu ve spodní části



Obr. 54 Model skříně elektromotoru



Obr. 55 Model vidlice