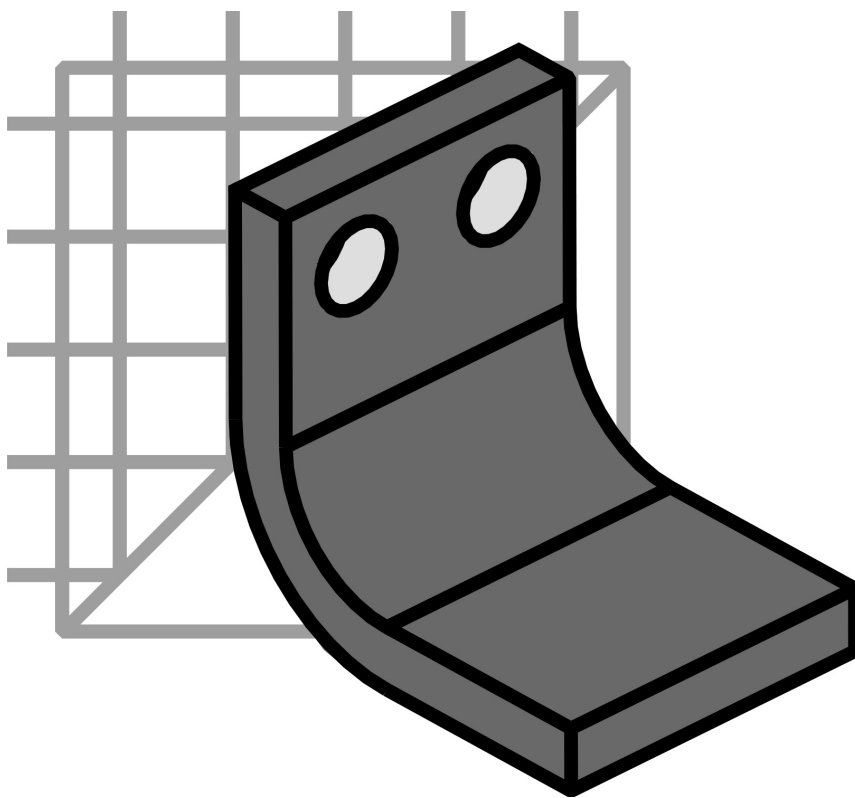


KAPITOLA 5

MODELOVÁNÍ SOUČÁSTÍ Z PLECHU





Modelování součástí z plechu

Autodesk Inventor poskytuje uživatelům vedle obecných nástrojů pro parametrické a adaptivní modelování také nástroje, které jsou optimalizovány pro určitou oblast navrhování. Jednou z nich je modelování součástí z plechu.

Plechové díly si získávají ve strojírenské praxi stále větší oblibu. Jedná se o díly, které mohou být zpracovávány s relativně vysokou přesností při vysoké tuhosti a stabilitě. Současný trend ve strojírenství, který směřuje výrobu především do produkce vázané na nakupované díly, plechy a svařované sestavy, je zcela zřejmý i v optimalizovaných modulech Autodesk Inventoru. Ty poskytují nástroje, které modifikují standardní nebo vytváří zcela nové nástroje pro modelování. Pro použité materiály lze upravit jejich charakteristické vlastnosti.

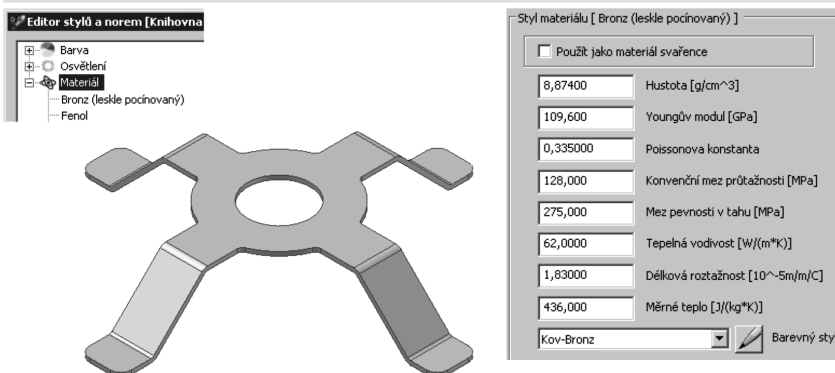


Vyzkoušejte:

Definujte materiálové vlastnosti.

- ◆ Dialogový panel pro správu materiálů aktivujeme **Správa** → **Editor stylů a norem**.
- ◆ Pro jednotlivé materiály jsou charakterizovány fyzikálními a mechanickými vlastnosti.
- ◆ Tvorbu materiálů, jejich editaci a případné smazání provádíme příslušným tlačítkem v dialogovém panelu Materiály.

Definice materiálů



Obrázek 5.1 Definice obecných vlastností materiálu

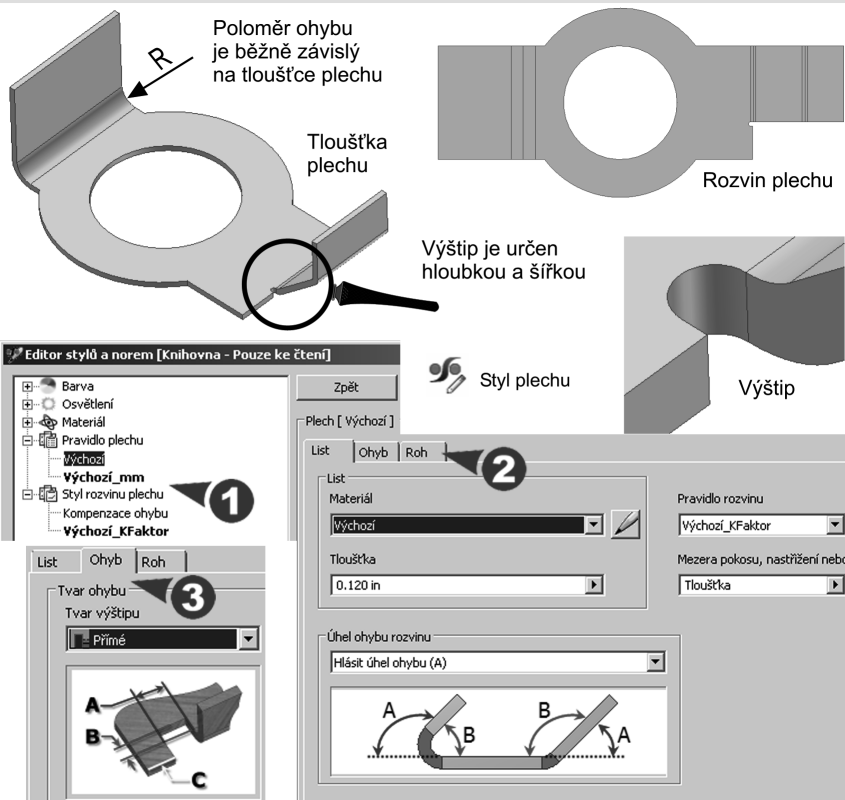
Pro tvorbu součástí z plechů má rozhodující význam především jeho tloušťka. Plech musí být vždy ohýbán tak, aby k překročení meze pevnosti v tahu na vnější části ohybu. V praxi tento jev znamená trvalé narušení materiálu a jeho destrukci.

Dalším efektem narušení materiálu vlivem ohybu může být výrazně snížená odolnost proti korozi. Tento efekt je rozhodující například při výrobě součástí automobilů a jiných zařízení pracujících pod výrazným účinkem atmosférických vlivů. Je tedy nutné vždy dbát, aby byl ohyb materiálu proveden s požadovanými parametry.



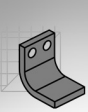
Geometrické parametry plechu, které ovlivňují ohyb, jsou v Autodesk Inventoru soustředěny do přehledného nástroje **Styly** plechu. Dialogový panel obsahuje řadu proměnných; jejich význam si vysvětlíme na názorném obrázku.

Základní pojmy a styly plechů



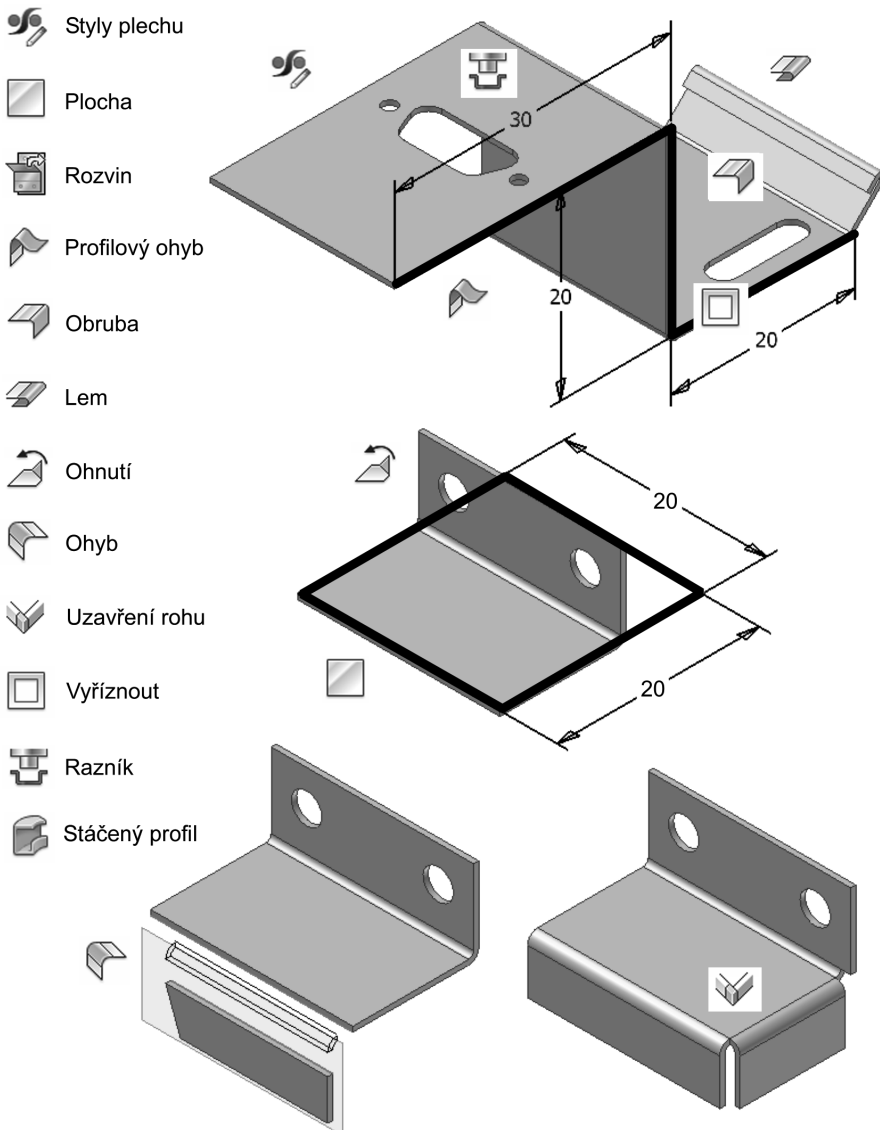
Obrázek 5.2 Základní pojmy využívané při ohýbání plechů

- ◆ Rozhodujícím parametrem plechu je jeho **tloušťka**. Ta samozřejmě určuje, bude-li plech ohýbán za tepla nebo za studena. Výrobní postupy jsou záležitostí technologie výroby, ale již konstruktér svým návrhem ovlivňuje požadované postupy.
- ◆ Tloušťku plechu standardně v milimetrech definujeme v záložce list. Do políčka může být přirozeně dosazena i obecná hodnota definovaná tabulkou parametrů nebo její externí podobou připojenou ve formátu *.xls.
- ◆ Položka **Rozvin** řídí rozvin součásti do jejího rovinného tvaru před ohybem. Samozřejmě ten nemusí obsahovat všechny geometrické prvky jako výsledná součást. Rozvin může být řízen **lineárně** na základě hodnoty **metody rozvinu nebo pomocí externí tabulky**.



- ◆ Další dvě záložky ovlivňují definici poloměru ohybu, který bývá odvozen jako násobek konstanty a tloušťky plechu nebo je definován konstantní hodnotou pocházející například z hodnot naměřených technologickým testováním ve výrobě a empirickými vztahy. Záložky dále obsahují rozměrové charakteristiky **výstupu a úprav rohu**. Jedná se o technologické prvky v místě ohybu pro jeho zdárný průběh.

Nástroje pro zpracování plechu



Obrázek 5.3 Nástroje pro modelování součástí z plechu

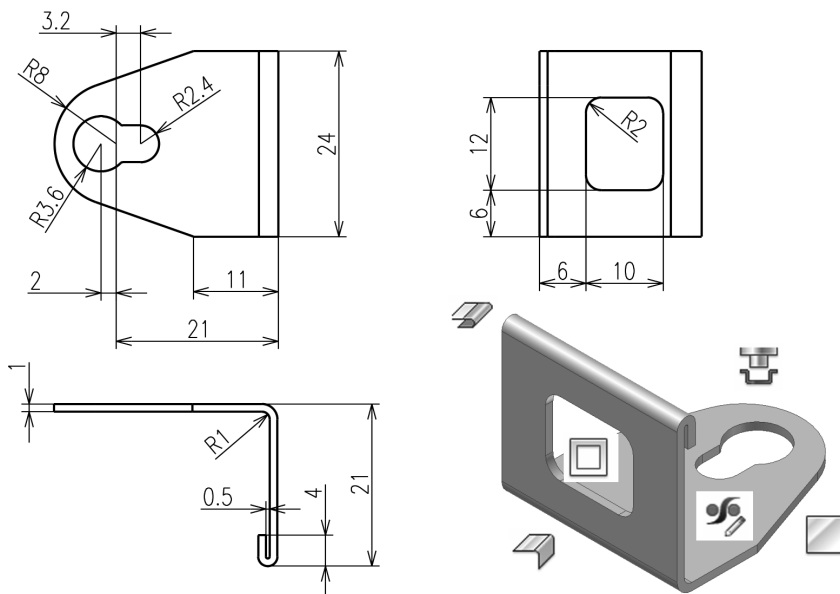


Jednotlivé funkce pro modelování si vysvětlíme na několika charakteristických příkladech. Geometrii součásti vždy nejdřív pořádně prostudujte, aby vám byly jasné všechny konstrukční prvky a zvolené postupy modelování.



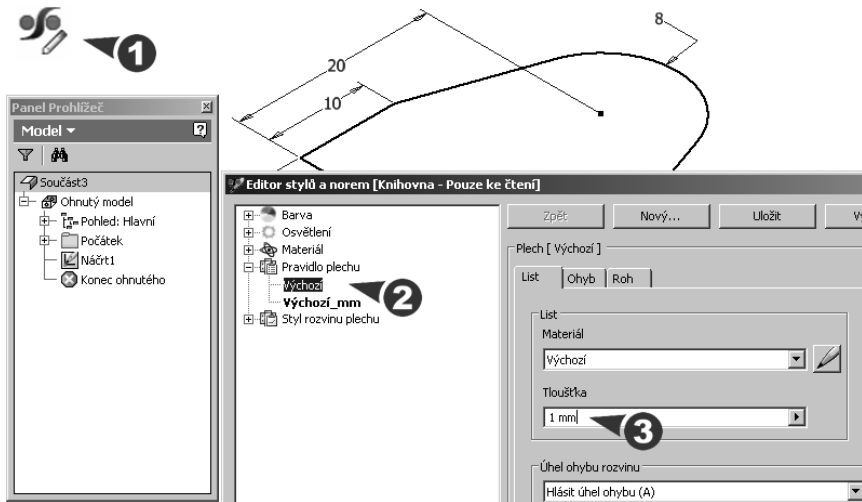
Vyzkoušejte:

Vytvořte model konzoly z plechu o tloušťce 1 mm. Poloměr ohybu bude odvozen z tloušťky materiálu a materiálem bude ocel 11 323 o mezi pevnosti 320 MPa. Model nastavte na bílý.



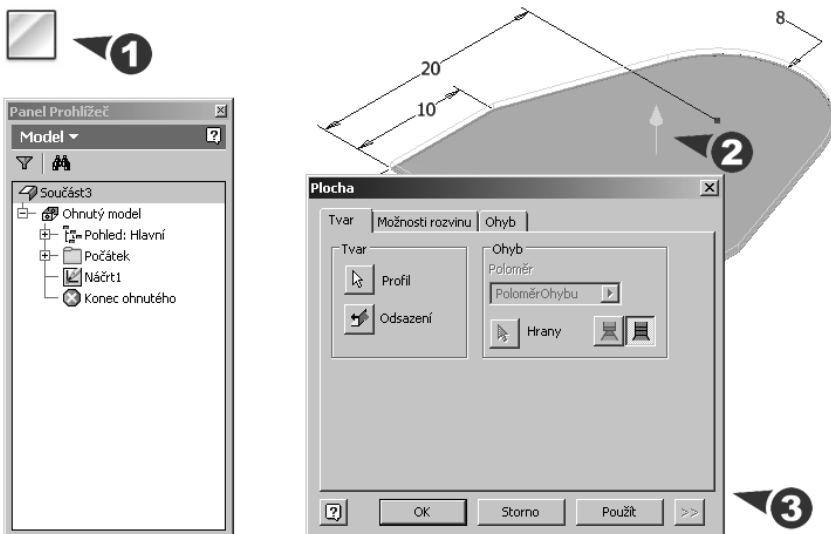
Obrázek 5.4 Konzola

- ◆ Definujte ocel 11 323 v editoru materiálů. Nastavené hodnoty můžete opsat například z materiálových tabulek. Fyzikální a materiálové vlastnosti materiálu ovšem výsledný ohyb neovlivní, protože je řízen stylem plechu. Můžete je například využít pro výpočet hmotnosti, případně v analýzách součástí pomocí aplikací MKP. Tyto aplikace jsou dodávány v současné době jako integrované aplikace pro Autodesk Inventor. Detailní seznam naleznete na www.autodesk.com v sekci MAI.
- ◆ Prvním krokem, který přímo ovlivňuje proces ohýbání součástí z plechu, je vytvoření nebo modifikace **styly plechu**. Pro náš příklad nastavte do sekce **tloušťka** plechu hodnotu definovanou konstantou 1 mm. Můžete ještě zkontrolovat poloměr ohybu, který by měl v našem případě odpovídat tloušťce plechu.
- ◆ Ostatní parametry nechte přednastavené, jejich hodnoty nemají pro vytvoření našeho modelu význam, protože roh ani výštip nebude použit.
- ◆ Nastavené parametry šablony ohybu buď uložte jako nový styl, nebo přepište existující přednastavený styl **výchozí**. U našich školních příkladů s tímto nastavením vystačíte. Situace v praxi může vyžadovat někdy i více stylů ohybu u jedné součásti.

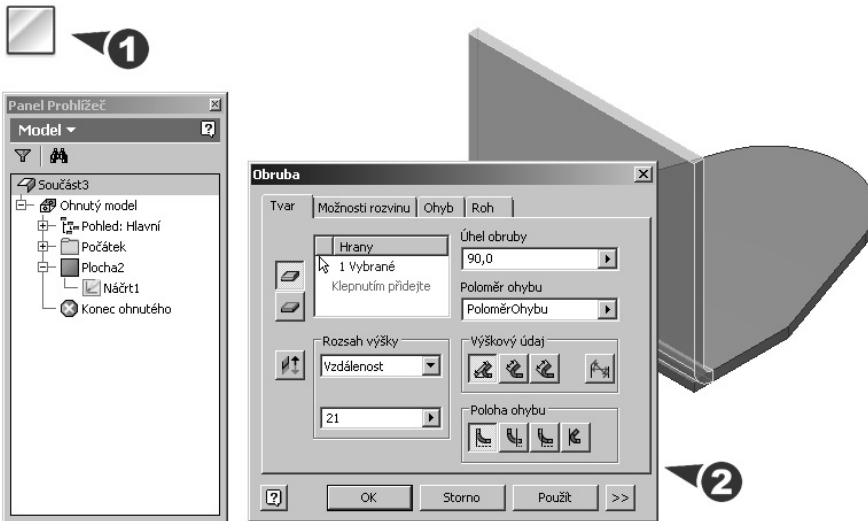


Obrázek 5.5 Nastavení stylu plechu

- ◆ Základní geometrii součásti nakreslete jako náčrt v náčrtové rovině definované základní pracovní rovinou. Rozměry náčrtu vychází z námi zvoleného postupu, kdy je ohyb přidán k základní části (viz obrázek).
- ◆ Nástroj **Plocha** se svou formou vzdáleně podobá nástroji Vysunout. Jeho použití je ovšem jednodušší. Výška vysunutí náčrtu profilu je vždy dána tloušťkou plechu, která je převzata ze zvoleného stylu plechu. Nástroj také neumožňuje použití množinových operací. Záložky Možnosti rozvinu a Ohyb (Možnosti výstupu) umožňují individuální úpravu parametrů.

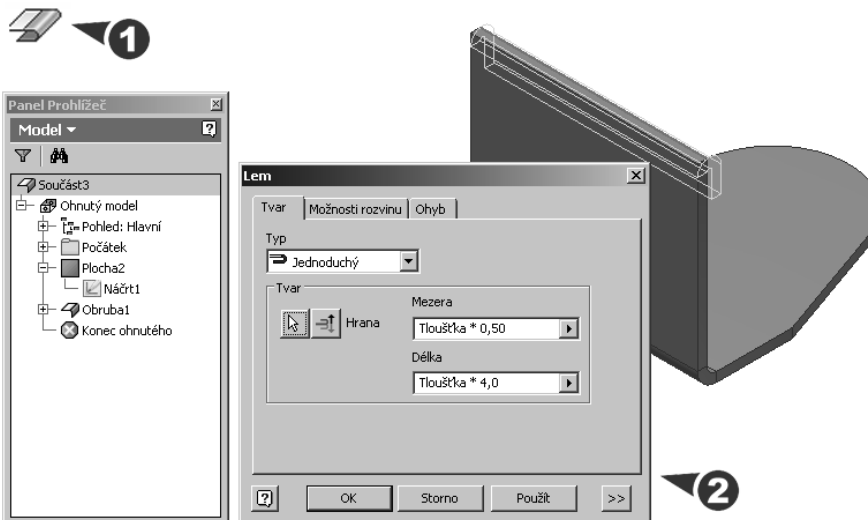


Obrázek 5.6 Vytvoření základní části modelu

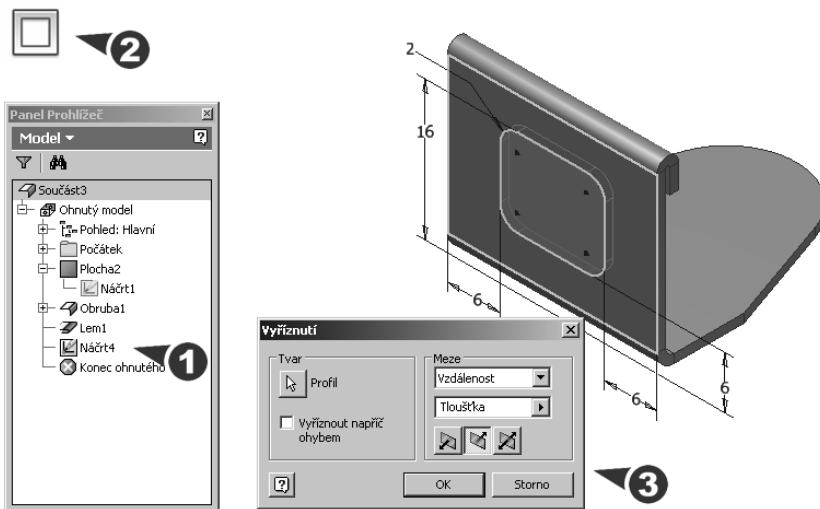


Obrázek 5.7 Vytvoření ohybu

- ◆ První ohyb vytvoříme pomocí nástroje **Obruba**. Nástroje lze využít pro vytvoření libovolného ohybu podél zvolené hrany. Vlastní ohyb je charakterizován **vzdáleností** a **úhlem**. Poloměr ohybu je opět převzat z nastavení stylu plechu.
- ◆ Obruba je zakončena lemem. Modelování lemu u součástí z plechu je v Autodesk Inventoru zjednodušeno pomocí nástroje **Lem**. Veškerá potřebná nastavení naleznete v záložce **Tvar**. Lem je vždy odvozen obdobně jako obruba od jedné z hran na součásti. Tvar lemu může být **Jednoduchý**, **Kapka**, **Válcový** a **Dvojitý**.

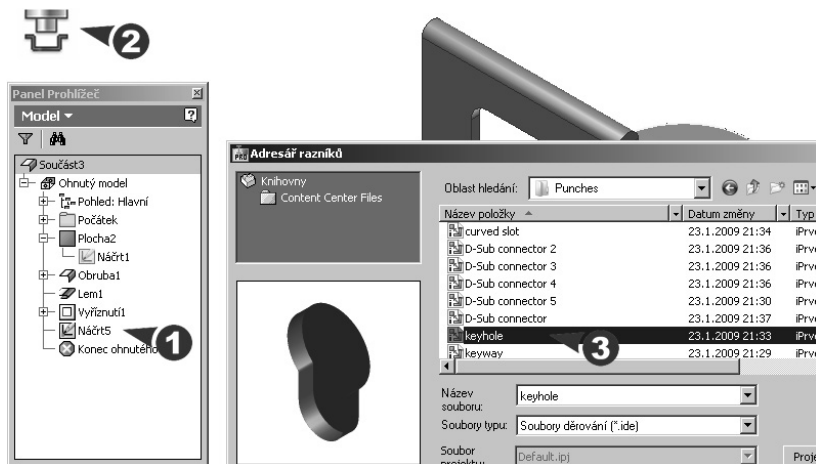


Obrázek 5.8 Lem

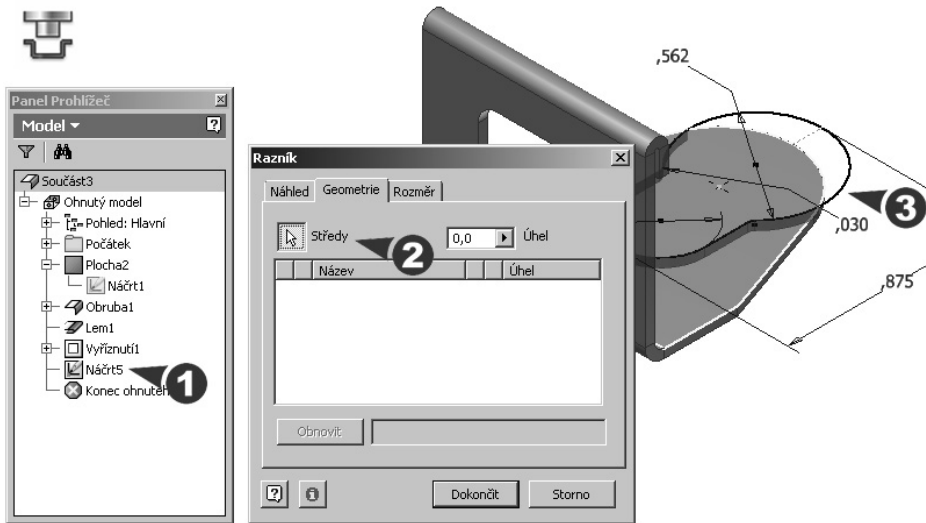


Obrázek 5.9 Vyřiznutí otvoru

- ◆ Jak jsme již uvedli v úvodu pro zpracování plechu, jsou Autodeskem vytvořeny optimalizované nástroje. To ovšem neznamená, že by nebylo možné použít i tradičních příkazů pro modelování součástí. Pro vytvoření okna tedy můžete využít jak běžného příkazu pro vysunutí profilu, tak optimalizovaného nástroje **Vyřiznout**.
- ◆ Možnost využití běžných nástrojů platí také pro vytvoření otvoru ve tvaru klíčové dírky. Pokud je tento tvar používán častěji, je jej vhodné odvodit pomocí nástroje **Razník**. Jedná se o nástroj vycházející z modelování pomocí **iPrvků** popsanych později v této učebnici. Pro vložení prvku **keyhole.ide** je použit přehledný průvodce a prvek je v měřítku 1 : 2.

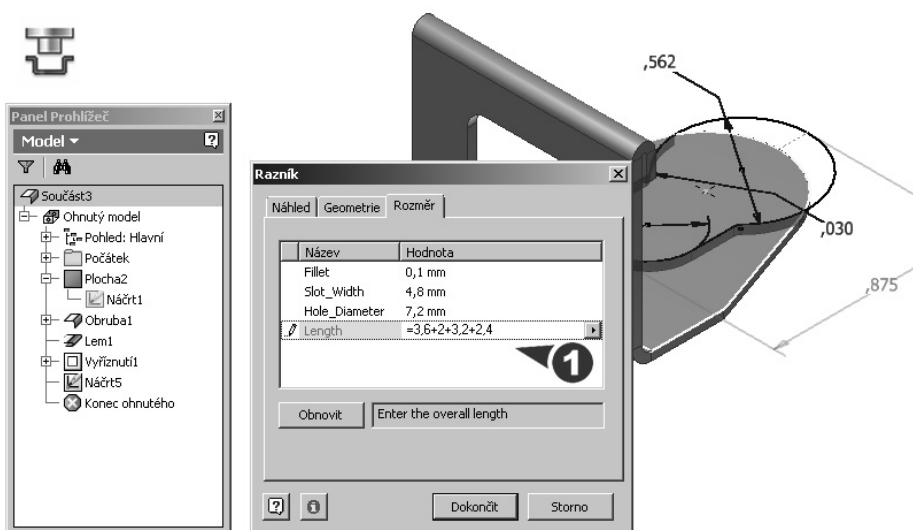


Obrázek 5.10 Razník

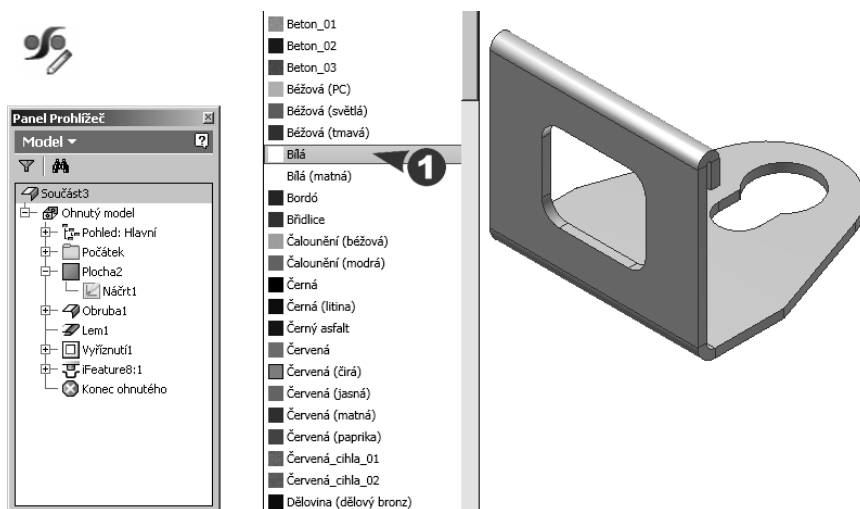


Obrázek 5.11 Určení pozice prvku

- ◆ Technologie **iPrvků** vytvořená v Autodesk Inventoru umožňuje uložit prakticky libovolný konstrukční prvek vytvořený na modelované součásti do samostatného souboru. Tento soubor můžete využít jak ve stejném projektu, tak ve zcela novém a může být aplikován na jinou geometrii součásti. Lze upravit i velikost vkládaného prvku.
- ◆ V našem případě jsme zvolili iPrvek, který je součástí standardní sady iPrvků (razníků) dodávaných s instalací Autodesk Inventoru. Množství těchto prvků lze libovolně podle potřeby a zvyklostí firmy rozšiřovat a sdílet například v lokální síti.



Obrázek 5.12 Určení rozměru prvku



Obrázek 5.13 Výsledný model konzoly a úprava barvy a bílou

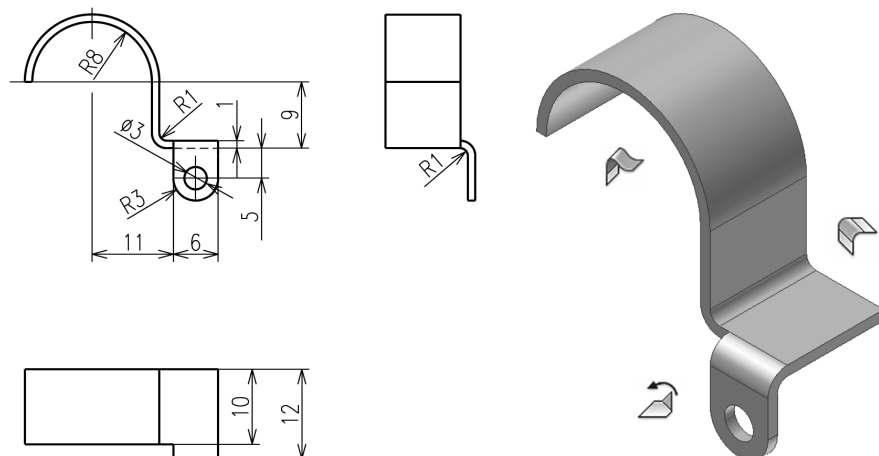
Skupina příkazů pro modelování součástí z plechu poskytuje přirozeně i další funkce, které jsme dosud nevyužili. V následujícím příkladu využijeme stejných charakteristik plechu a použijeme je pro vytvoření nové součásti.

Pokud chcete zachovat již vytvořené vlastnosti materiálu plechu a jeho tloušťku s konfigurací dalších nastavení stylu plechu, můžete buď soubor uložit do nové součásti příkazem **Uložit kopii jako...** a již vytvořenou součást pak vymazat a začít modelovat novou. V opačném případě musíte nastavit styl plechu a materiál podle požadavku znovu.

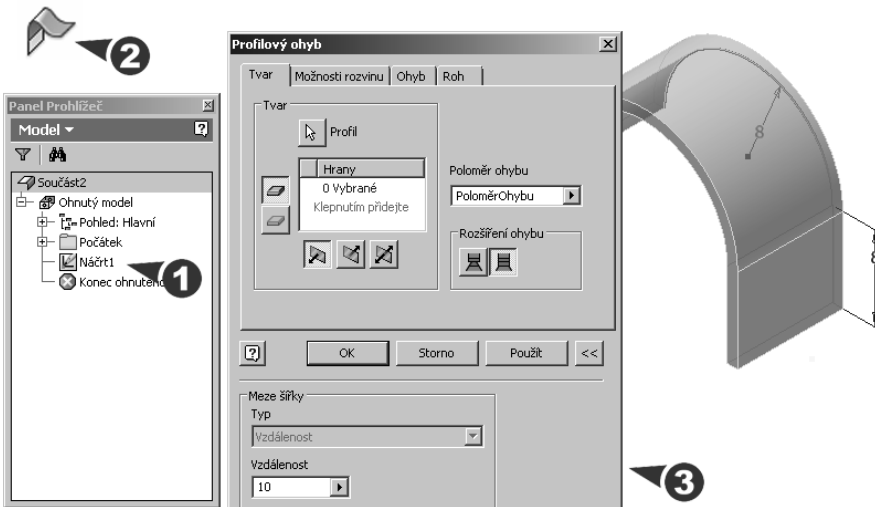


Vyzkoušejte:

Vymodelujte úchytku z plechu o tloušťce 1 mm. Použijte materiál 11 323.

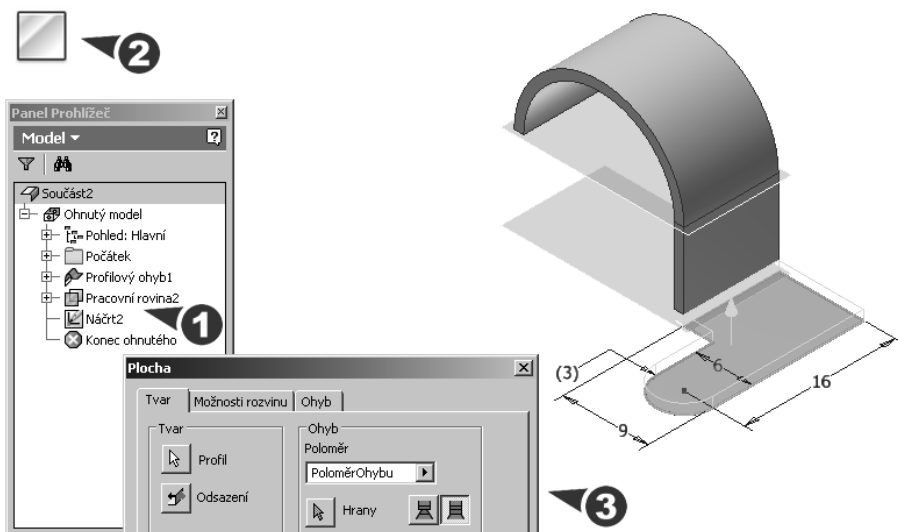


Obrázek 5.14 Úchytka

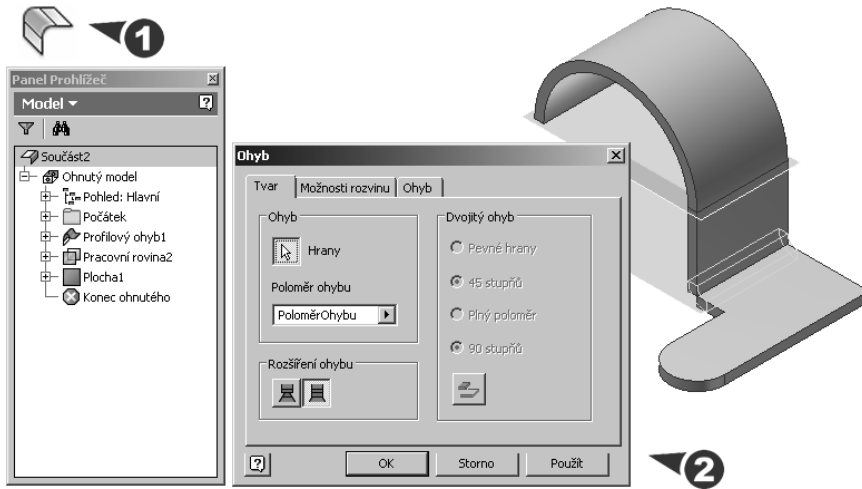
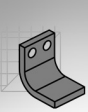


Obrázek 5.15 Profilový ohyb

- ◆ Hlavní část úchytky má složitější geometrii, a proto ji vytvoříme nástrojem pro vytvoření **Profilového ohybu**. Prakticky se jedná o nástroj, který z libovolné hrany vygeneruje v daném směru a vzdálenosti profilový ohyb.
- ◆ Navazující část již nejde díky složitosti geometrie vytvořit jednorázově příkazem **Obřuba**, a proto využijeme pro její vytvoření nezávislého profilu nakresleného v předem připravené pracovní rovině. Pracovní rovinu vytvoříte snadno pomocí rovnoběžné roviny s předem vytvořenou rovinou procházející osou válcové plochy součásti.

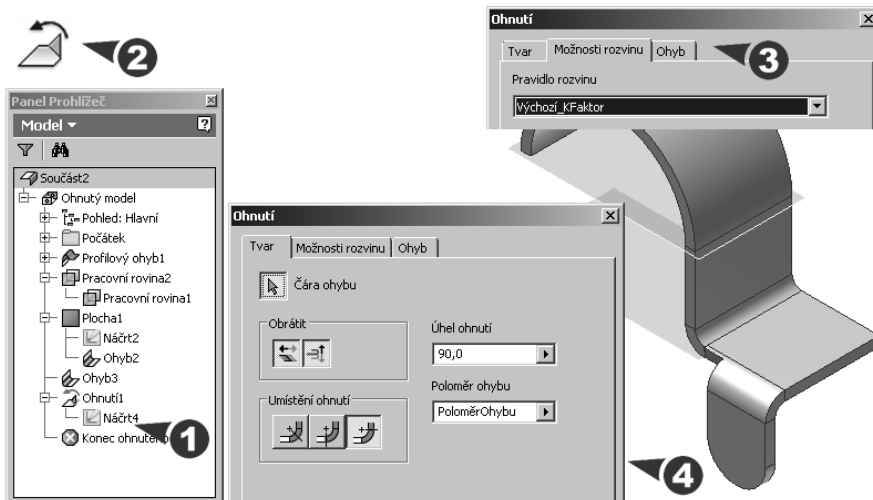


Obrázek 5.16 Vytvoření náčrtu v pracovní rovině a prvku plechu

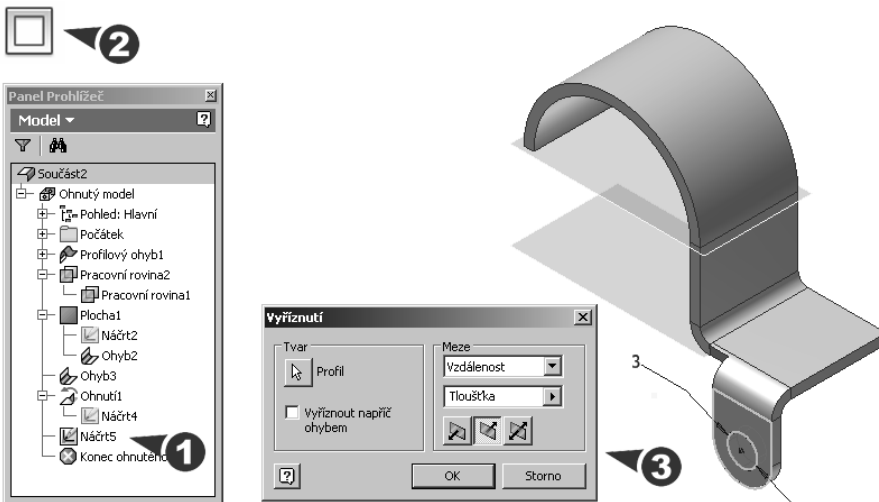


Obrázek 5.17 Proložení ohybu mezi dva plechy

- ◆ Výsledný model se nyní skládá ze dvou částí o tloušťce 1 mm. Pomocí příkazu **Ohyb** vytvoříme přechodový ohyb. Příkaz vyžaduje pouze definici dvou výchozích hran. Ohyb je vytvořen pod zadaným poloměrem ohybu odvozeným ze stylu plechu. V případě, že není možné ohyb vytvořit z důvodu nedostatku plechu, je tento plech automaticky protažen, případně zkrácen. V dialogovém panelu příkazu je možné aktivovat také dvojitý ohyb.
- ◆ Zbývající část součásti je vytvořena pomocí přímého ohybu existujícího plechu. Příkaz **Ohnutí** ohýbá plech podél zvolené čary vytvořené předem v náčrtu. Lze řídit jak **Umístění** ohybu vůči této čáře, tak **Poloměr ohybu** a jeho **Úhel ohnutí**.



Obrázek 5.18 Ohnutí plechu

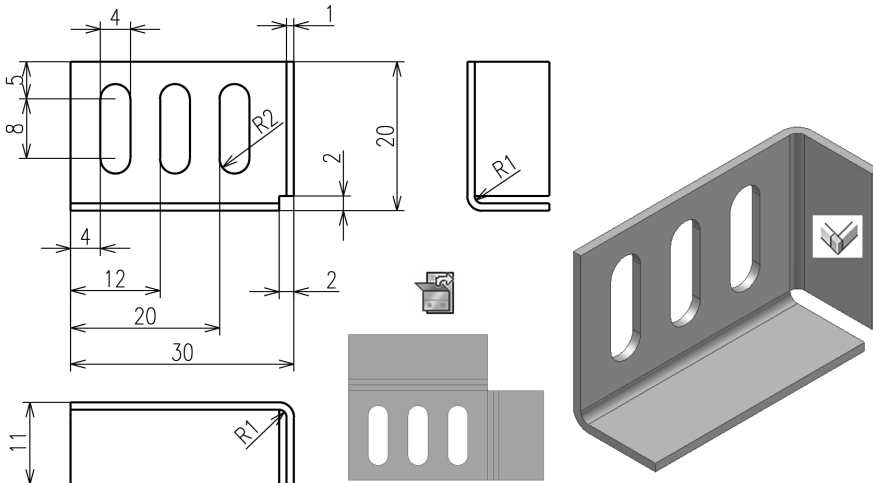


Obrázek 5.19 Finální vyřiznutí otvoru



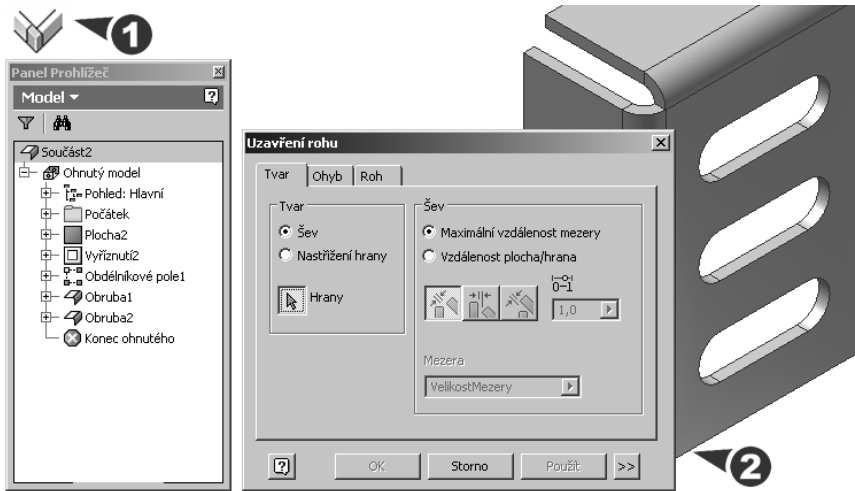
Vyzkoušejte:

Vytvořte součást příložky z plechu o tloušťce 1 mm. Použijte materiál 11 323.



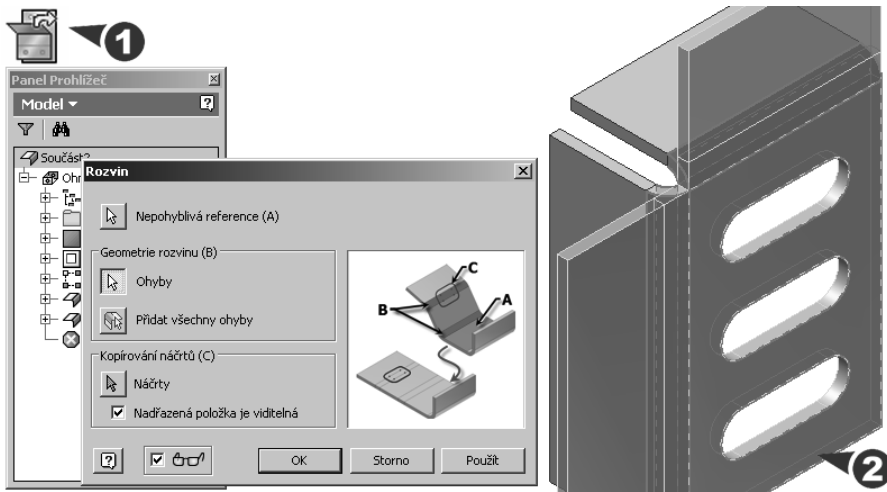
Obrázek 5.20 Příložka

- ◆ Popis modelování součásti si vysvětlíme již pouze zkráceně. Zaměříme se především na modifikaci rohu, který vznikne dvojitou obrubou. Jedná se v podstatě o technologický problém, který je nutno řešit jako důsledek přechodových rádií.
- ◆ Model je vytvořen pomocí základní části nakreslené v náčrtové rovině včetně tří drážek. K této základně jsou přidány dvě obruby ohnuté do pravého úhlu. Je samozřejmě možné drážky vytvořit také jako iPrvky, případně příkazem Vysunutí.



Obrázek 5.21 Vystřížení rohu

- ◆ Pomocí příkazu **Uzavření rohu** lze upravit tvar ohnutých obrub a rohu mezi těmito obrubami. Dialogový panel příkazu umožňuje definovat rozměry **Mezery** a vlastní tvar přechodu. Možnosti rohu jsou převzaty ze stylu plechu, ale lze je individuálně v záložce **Roh** modifikovat.
- ◆ V závěrečné fázi můžete vytvořit rozvin plechu do roviny. Rozvin je vytvořen jako součást v samostatném okně Autodesk Inventoru a je řízen stylem plechu.



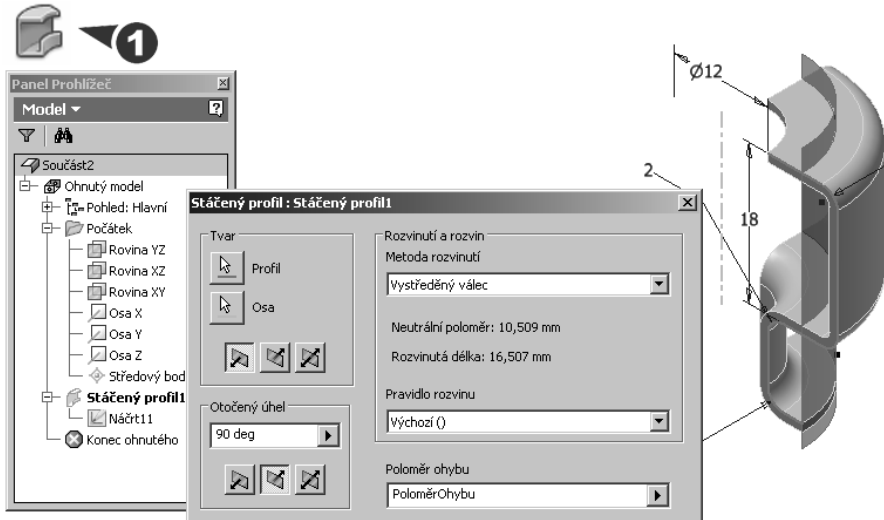
Obrázek 5.22 Rozvin

Zajímavou možností Autodesk Inventoru je vytvoření referenční geometrie součásti pomocí promítání hran existující části do roviny nového náčrtu. Lze tak výrazně urychlit především součástí z plechu s podílem symetrických prvků.



Tvorba rotačních součástí z plechu

V Autodesk Inventoru můžeme vytvářet rotační součásti z plechu. Na takto vytvořené součásti lze aplikovat postupné rozviny a tím urychlit práci, která byla ve starších verzích Autodesk Inventoru možná pouze aplikací klasických a poměrně zdoluhavých postupů. Tradiční postupy vytvoření profilu definujícího kompletní tloušťku průřezu stěny a jeho následné rotace kolem pracovní osy jsou nahrazeny zjednodušeným postupem definice tvořící jediné křivky. Samozřejmostí je podpora částečné i plné parametrizace návrhu, která usnadňuje tvorbu prvotního návrhu součásti.



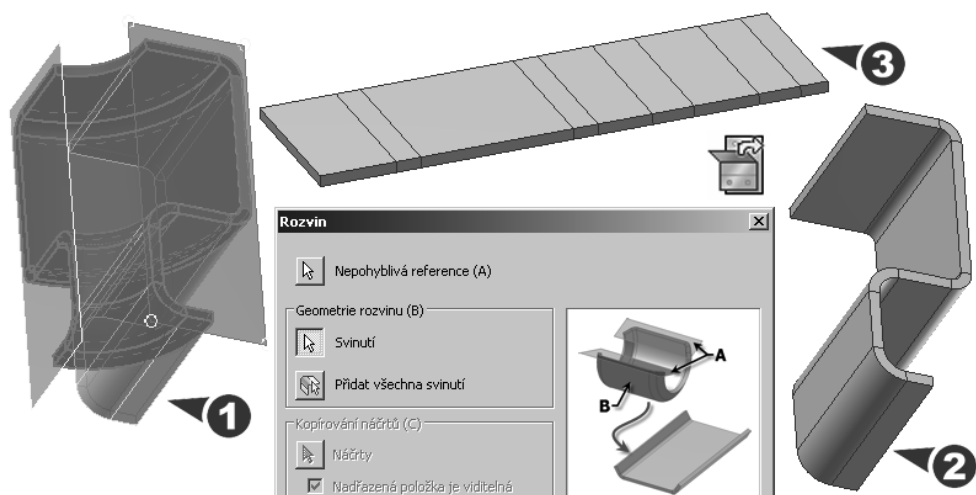
Obrázek 5.23 Tvorba rotačních součástí z plechu

Postupné rozviny

Mezi funkcemi, které mohou v Autodesk Inventoru výrazně usnadnit práci se součástmi z plechu, patří možnost vytváření postupných rozvinů. Tato funkce je aplikovatelná prakticky na libovolnou součást, která je vytvořena v modulu pro zpracování návrhu plechových součástí.

Postupný rozvin je nutné v praxi využít všude tam, kde není možné geometrii součásti rozvinout v jediném kroku. Tato metoda navíc zachovává i určité technologické a logické návaznosti, jak bude budoucí výrobek vyráběn například na ohýbacím automatu. Vhodnou volbou postupného ohybu je tedy možné verifikovat, případně zobrazit na výkresu jednotlivé kroky, které budou aplikovány na polotovár. Tyto kroky pak mohou být vodítkem pro tým, který navrhuje pro výrobek výrobní nástroj, případně NC program.

Všechny prvky postupného ohybu lze vložit do výkresu a okótovat. Výkres lze tak doplnit čistě v Autodesk Inventoru o potřebné informace pro následující výrobu. Do jisté míry lze aplikovat postupný rozvin i na velmi složité součásti.




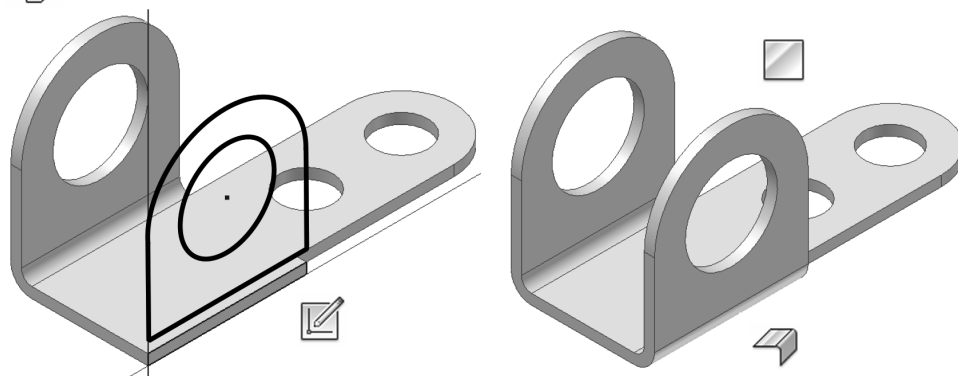
Obrázek 5.24 Postupný rozvin rotačních tvarů

Urychlení práce s geometrií plechových součástí

Využití promítnuté geometrie při modelování plechů má mnohostranné použití. Může být efektním nástrojem pro rychlou konstrukci pomocných čar stejně jako účinným postupem pro definice referenčních rozměrů vzájemně svázané geometrie. V případě, kdy je projekce geometrie provedena v sestavě, je vždy spojena s vytvořením adaptivních vazeb, které akcelerují především tvorbu primárního modelu a jeho modifikace.

Použití promítaných konstrukcí u součástí z plechu

 Promítnutí geometrie do náčrtu

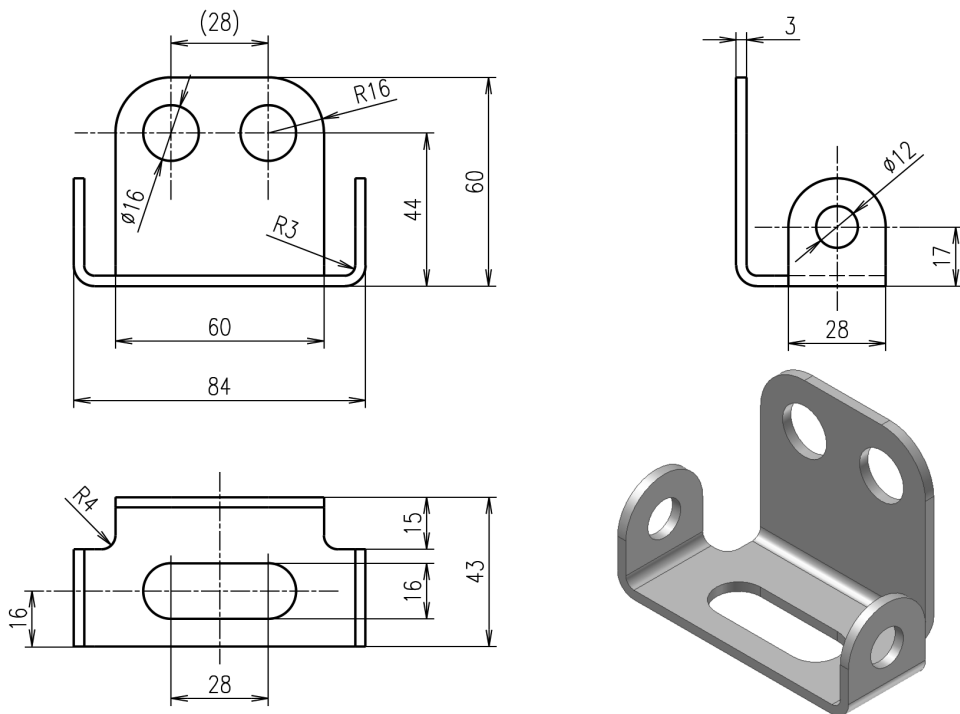


Obrázek 5.25 Promítané konstrukce při modelování součástí z plechu



Otázky a cvičení:

1. Vysvětlíte základní pojmy používané u ohýbaných součástí a styl plechu.
2. Jaké možnosti tvorby ohybu poskytuje Autodesk Inventor?
3. Jaké možnosti úpravy ohýbaných součástí poskytuje Autodesk Inventor?
4. Navrhněte postup pro vytvoření modelu součásti z plechu.



Obrázek 5.26 Součást z plechu – cvičení