

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA TECHNICKÁ



Referát k předmětu
Konstruování s podporou počítače

CAD/CAM technologie

pomocník při navrhování, konstrukci a výrobě
prototypů v automobilovém průmyslu.

ZPRACOVAL: PINKAS JOSEF
DISTANČNÍ STUDIUM JIČÍN OBOR SMAD

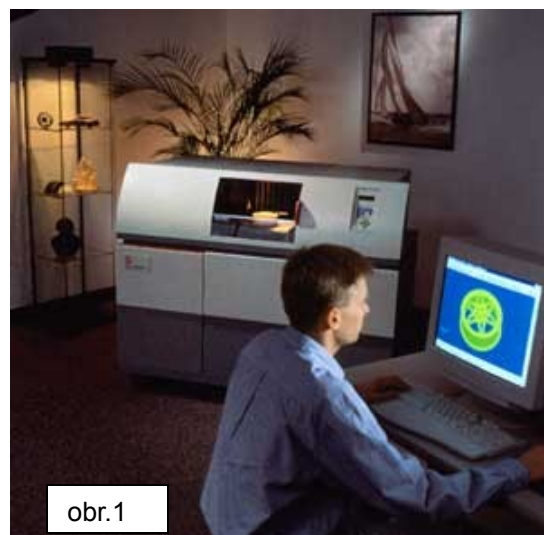
V MLADÉ BOLESLAVI 30.7.2004

V dnešní době již při vzniku a výrobě automobilu neexistuje oblast, kde by CAD/CAM technologie alespoň okrajově nebyly používány. Doby tvorby hliněných modelů a jejich složité přenášení množstvím řezů na výkresy, ze kterých se potom prováděla vlastní konstrukce jednotlivých dílů automobilu je dnes již dávno pryč. Z těchto ručně narýsovaných výkresů potom opět složitou cestou postupného přenášení jednotlivých řezů v nástrojárně, probíhala výroba modelů a forem sériového nářadí, které potom již sloužilo k výrobě vlastních dílů použitých při montáži vozu. Tento běh na dlouhou trať (vývoj automobilu v této době kdy se nepoužívalo těchto technologií trval od šesti do deseti let, tedy od návrhu po uvedení na trh), by v dnešní době nesmírné konkurence v tomto oboru podnikání znamenalo konec každého výrobce, který nepoužívá tyto moderní prostředky.

Vývoj automobilu v dnešní době trvá od návrhu po uvedení na trh maximálně 3 roky. Firma GM (General Motors) přišla v nedávné době dokonce s prohlášením, že tento čas bude v nejbližší době zkrácen na pouhých 18 měsíců ! Tak razantní zkrácení doby, potřebné pro předvývoj, vývoj, přípravu výroby a vlastní zahájení výroby automobilu je možné právě zavedením CAD/CAM technologií.

Tvar karoserie i všech exteriérových i interiérových dílů se dnes rodí v hlavách designerů, kteří ho přímo tvoří (vizualizují) v počítačích obr.1. Takto vytvořená data se dají například pomocí virtuální reality prezentovat okolnímu světu a pozorovatelé získají již velice reálnou představu o budoucí podobě automobilu a mohou vznést i své případné připomínky. Tyto připomínky se opět prostřednictvím počítače zpracují. Po schválení virtuálních dat nic nekončí, ba naopak. Jsou vstupem pro další z velkého množství lidí, kteří se účastní tohoto nekonečného závodu s časem a konkurencí.

Konstruktéři z podkladů, které dostali od designerů začnou tvořit 3D (objemové) díly mající už skutečný tvar hotového dílu, avšak jsou stále pouze jen v jejich počítačích. Proto se v následujícím textu zmíním o některých metodách, které se při tvorbě, ale i práci s těmito 3-D CAD daty později využívají.

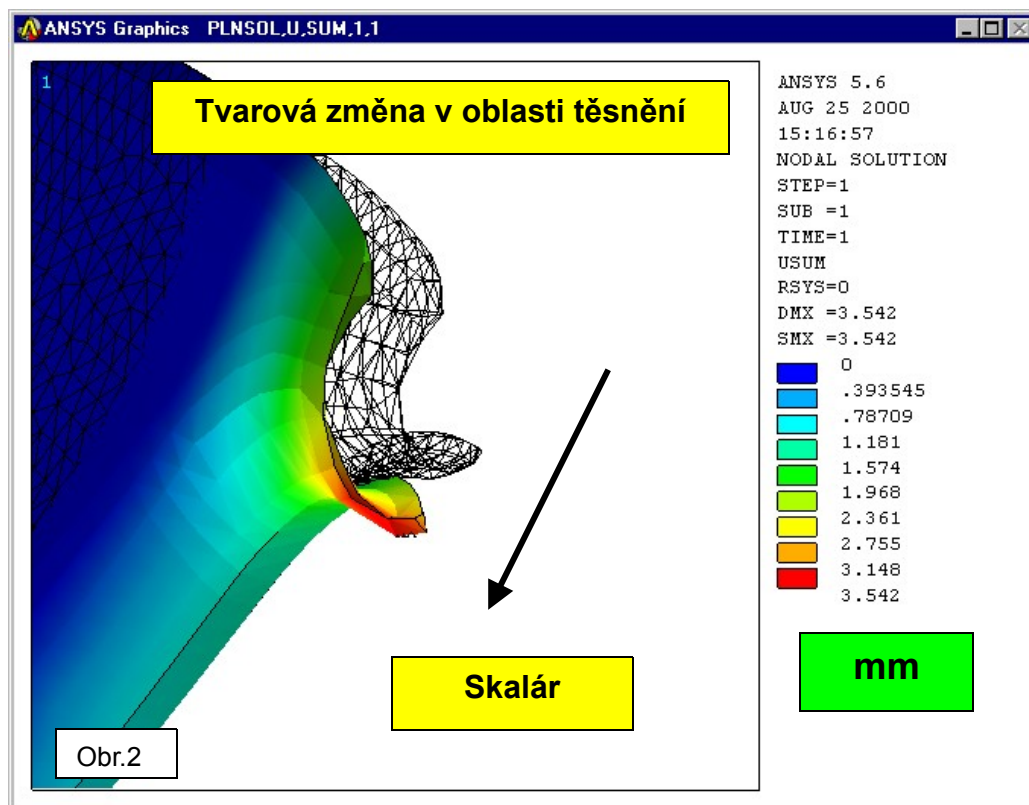


Reverse Engineering (RE) Reversní inženýrství zahrnuje technologie, pomocí kterých se snímají povrchy fyzických objektů a získávají se prostorová data – vzniká virtuální prostorový model. Využití tohoto virtuálního modelu může být následující:

- Kontrola rozměrů – měření tvaru nových forem, opotřebení přípravků
- Měření deformací – posun klíčových bodů například na nápravě automobilu
- Editace (úprava) tvaru a rozměru – nasnímaná data se upravují pomocí systémů CAD
- Dokumentace stávajícího stavu – archivace aktuálního tvaru součástí, technologických celků památkových děl
- Vizualizace – realistické zobrazení nasnímaných dat například za účelem multimediálních prezentací.

Digital Mock-Up (DMU) Digitální sestava slouží ke kontrole databáze **Virtual Produkt Model (VPM)** virtuálního modelu vozu. Z této databáze dílů počítaných na kolize se vytváří stromová struktura (rozpad dílů) přímo v systému CATIA, umožňující přehled o dílech počítaných na kolize pomocí (**4D Navigátor**) a jejich vazbách na okolní díly. Po kontrole každého dílu v systému DMU může být díl uvolněn pro další práci. V případě zjištění kolize je o této skutečnosti vyrozuměn konstruktér, který provede opravu. Po této opravě následuje opět kontrola pomocí 4D Navigátoru.

Finite Element Metod (FEM) Metoda konečných prvků je účinná numerická metoda, umožňující analytické řešení řady rozmanitých inženýrských problémů. Je založena na principu náhrady tvarově složitěho tělesa, nebo soustavy těles, konečným počtem jednoduchých vzájemně spojených geometrických tvarů, tzv. elementů. Vlastnosti a chování



jednotlivých elementů, popsané příslušnými rovnicemi, se dají relativně jednoduše vypočítat. Výpočtem zjištěné výsledky ukazují vlastnosti a stav součásti (soustavy), vystavené zadanému zatížení.

Fyzikální a matematické modely, na nichž je FEM postavena, umožňují v současné době řešení inženýrských problémů z oblasti strukturální analýzy (statika a dynamika), teplo, proudění, elektromagnetické pole, akustika a další. Největší softwarové systémy umožňují řešení tzv. sdružených úloh multifyzikální povahy (současné působení více vlivů, různého fyzikálního charakteru, například statické zatížení plus teplo, nebo elektromagnetické pole plus teplo plus dynamické zatížení). Výsledky výpočtů jsou zobrazovány graficky, nejčastěji jako izoplochy stavu napjatosti, deformace (u statiky) obr.2, vlastní tvary (u dynamiky), rozložení teplot (u teplotních úloh). Trendem poslední doby jsou FEM programy, integrované do CAD systémů umožňující přímou výpočetní podporu konstruktéra. Tyto systémy jsou uživatelsky velmi přátelské a nepředpokládají znalosti FEM jako metody. Je pochopitelné, že možnosti těchto softwarů jsou v porovnání s velkými FEM systémy určenými pro specializované výpočtáře omezené.

Cadmould – Simulační analýza vstřikování plastových dílů. Touto simulační analýzou vstřikovacího procesu lze minimalizovat technické riziko, které je spojeno s vývojem a výrobou plastových dílů. Systém je schopen analyzovat navržený tvar součásti z hlediska vhodnosti tvaru dílu pro technologii vstřikování plastů. Vypočítá plnicí fázi vstřikovacího procesu a stanoví nejvhodnější polohy vtokových ústí, navrhne vtokové systémy, předpoví polohu studených spojů a míst, ve kterých se uzavře vzduch. Vypočte tlakové ztráty, dobu chlazení a potřebnou přídržnou sílu vstřikovacího stroje. Na základě výsledků této analýzy může konstruktér provést patřičné úpravy tvaru součásti ještě v době navrhování a předejde tak následným drahým úpravám hotových forem. Uživatelé simulační analýzy **Cadmould** v Německu dokládají, že v průměru je možné simulačními výpočty 10-ti% až 30-ti% zkrácení vstřikovacího cyklu a 30-ti% až 50-ti% snížení nákladů spojených se zkoušením a dodatečnými opravami forem. Kromě toho se důsledným využíváním CAE výrazně zkrátí doba vývoje. Optimalizační možnosti přinášejí další úspory a zlepšení: úspora materiálu, případná záměna dražšího materiálu za levnější, snížení přídržné síly stroje (úspora režijních nákladů při použití menšího stroje), zlepšení kvality atd.

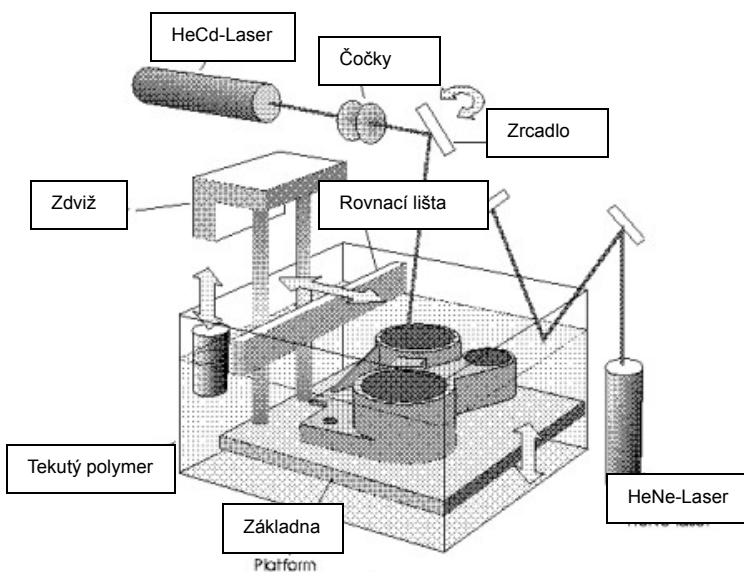
Rapid prototyping (RP) technologie, která umožňuje rychlou výrobu modelů a prototypových dílů z 3-D CAD modelů nebo z 3D skenovaných dat získaných prostorovou digitalizací. Na rozdíl od obráběcích postupů, kdy je tvar součásti vytvářen postupným

odebíráním materiálu je u metody **RP** tvar součásti získáván postupným přidáváním materiálu. Tvar součásti je vytvářen postupně po vrstvách. Z toho je zřejmé, že tyto metody vytvoří jakoukoli tvarovou geometrii, kdy jsou například metody klasického obrábění limitovány. Jednotlivé technologie **RP** se právě výrazně odlišují podle charakteru jakým způsobem se vytváří jednotlivé vrstvy. Základem je 3-D model. Vzhledem k tomu, že různé CAD systémy používají rozdílný matematický základ (Nurbs, Bezier, B-spline ...) k popisu jejich geometrie, vyvinula americká firma 3D Systems univerzální postup pro transformaci 3D modelu do formátu vhodného pro **RP** zařízení, tento formát je označován jako **STL formát**.

Rapid Prototyping Technologie

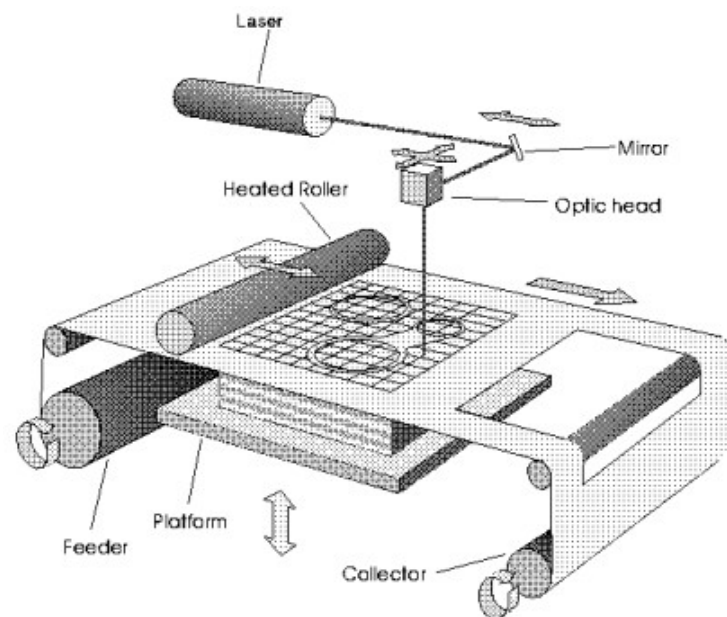
- **Stereo Lithography (SLA)** Stereolitografie patentovaná v roce 1986 nastartovala

revoluci v tomto oboru. Vytváří tří-dimenzionální model z tekutého polymeru citlivého na světlo. Účinkem ultrafialového záření dochází k vytvrzování jednotlivých vrstev tekutého polymeru a postupnému vzniku skutečného modelu podle zadaných CAD dat.



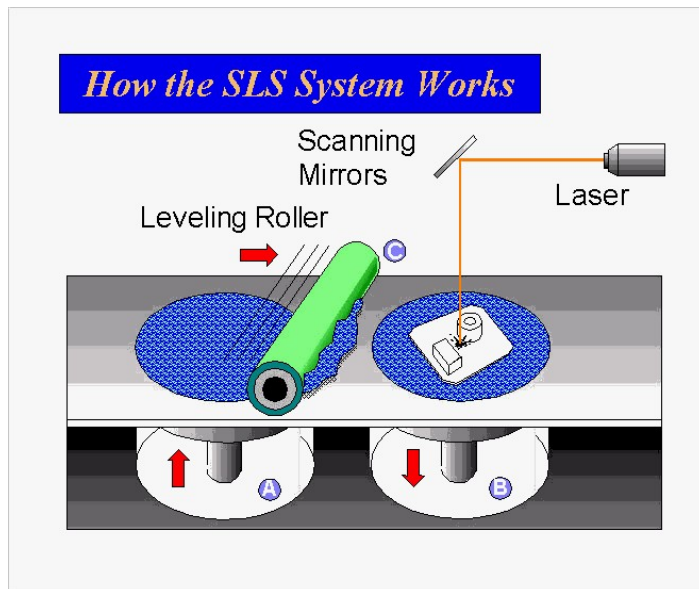
v této technologii vzniká prototyp vrstvením lepivého materiálu. Základní materiál je papírový pás s vrstvou lepidla, který je navinutý na cívce. Lepidlo je aktivováno teplem. Model vzniká postupným přesouváním pásu papíru potaženého oboustranně pěnovou vrstvou přes stavební základnu. Potom tepelný válec stlačí v místě základny nasunutou vrstvu materiálu a dojde ke spojení s modelem. Optický laser vyřízne požadovaný obrys a následně rozřeže přebytečnou oblast

- **Laminated Object Manufacture (LOM)**



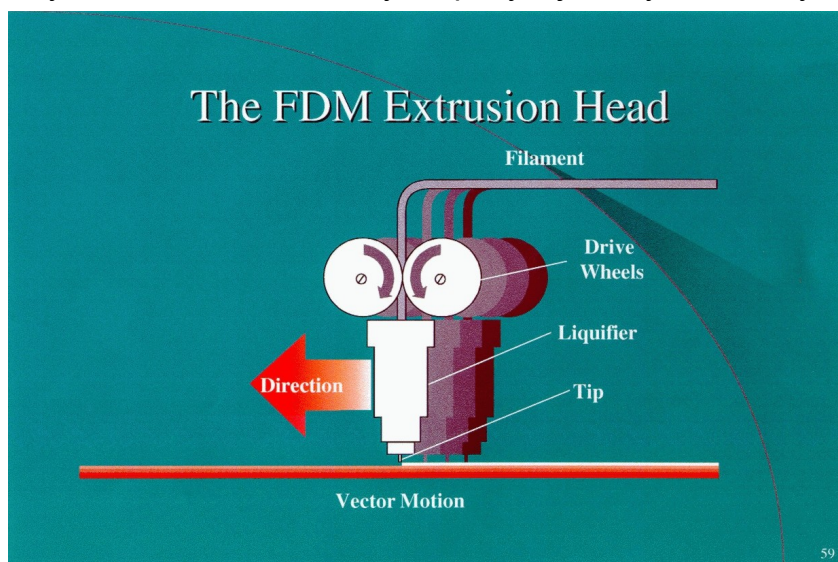
okolního materiálu na malé čtverce. Je tak usnadněno vyjmutí modelu po skončení jeho výroby. V průběhu stavby modelu slouží okolní materiál jako výborná podpora. Protože je prototyp vyroben z papíru je třeba ho nakonec ošetřit nátěrem nebo lakováním, aby se zabránilo nasátí vlhkosti.

- **Selective Laser Sintering (SLS)** tato technologie byla patentována v roce 1989.



místo je opět nanese vrstva prášku. Takto probíhá celý proces dokud není model hotov. Okolní prášek slouží jako podpora dílu dokud není dokončen.

- **Fused Deposition Modeling (FDM)** v této technologii je vlákno z termoplastu vytlačováno z hrotu, který se pohybuje v x/y rovině. Vytlačovací hlavice přitom ukládá



tenké vrstvy materiálu na stavební základnu. Základna je udržována na nižší teplotě, aby roztavený plast rychle ztuhl. Potom základna klesne a vytlačovací hlava uloží další vrstvu materiálu. Podpěry se tvoří společně s dílem. Tento postup se opakuje až do doby než je model hotov. Materiály pro tvorbu modelu mohou být ABS, eleastomery, polykarbonát, PPS a průmyslový vosk.

Výše zmíněné technologie pro tvorbu prototypových dílů jsou důležitou a ne zrovna levnou fází při vývoji automobilu. Vyroběné prototypové díly slouží k ověření správné funkce navržených dílů v době, kdy díly ze sériového nářadí nejsou k dispozici a jejich výroba by z časových i finančních důvodů byla nemožná (výroba sériového nářadí a následně i dílů představuje podle složitosti dobu v řádech měsíců). To je v období vývoje automobilu, kdy dochází k častým změnám hlavní limitní faktor. I když cena takového prototypového dílu není zrovna malá (pohybuje v řádech desítek tisíc korun za díl) je to věc velice potřebná, případná chyba, která by se zjistila až v sériovém nářadí nebo sériové výrobě automobilu je totiž daleko dražší a mohla by mít za následek i posun zahájení výroby. Všechny změny prováděné až v této době jsou nesmírně nákladné.

V budoucnosti dojde k ještě většímu posílení CAD/CAM/CAE systémů při vývoji automobilů, ale i v jiných a nejen průmyslových oblastech. Svědčí o tom i zpráva vydaná společností General Motors kde chce americký koncern namísto skutečných nárazů osobních automobilů proti pevné překážce, posílit počítačové testy převzaté od společnosti IBM, neboť se dají simulovat nejen zcela extrémní situace, ale současně lze ušetřit čas a především náklady. Testy v reálných podmínkách však budou pokračovat i nadále.

Seznam podkladů a použité literatury:

- Škoda Auto a.s. Informační systémy firmy
J.Gabriel, M.Stárek, R.Řídký: . . . Seminář Cadmould a ANSYS, 2003 VUT Brno
W.Palm: Rapid Prototyping
Časopis CAD 3/2004 Komplexní grafické pracoviště VUT Brno
M.Drápela MCAE Systéme, Metoda rychlé výroby prototypů



. Analýza zatížení a deformace plastového obložení