Učíme se modelovat v Rhinu

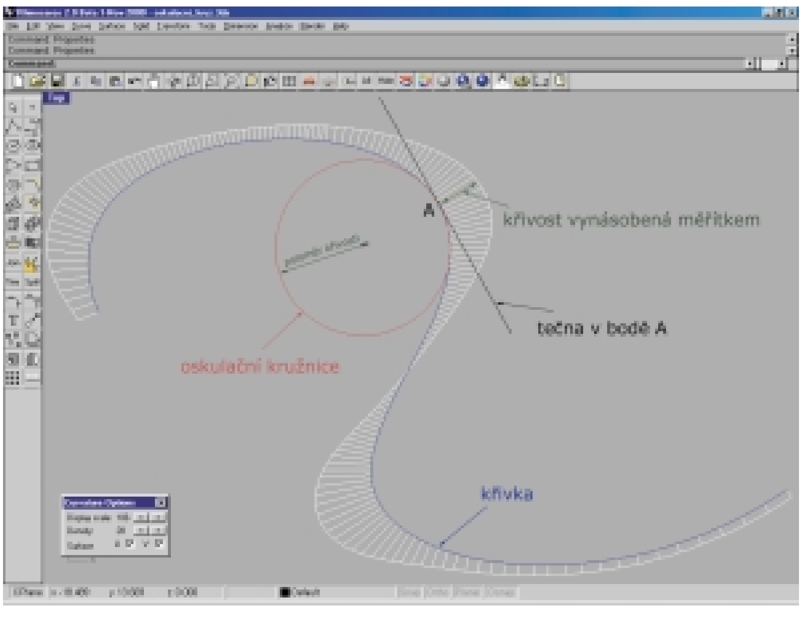
10. díl

JAN SLANINA

Dosud jste se učili pouze modelovat. Asi si řeknete, dá se vůbec v 3D modeláři dělat něco jiného? No asi dá, když se tak ptám. Mám na mysli analýzu, která je minimálně stejně důležitá, jako samotné modelování, protože vám pomůže předejít mnoha chybám a nebo přijít na kloub různým problémům.

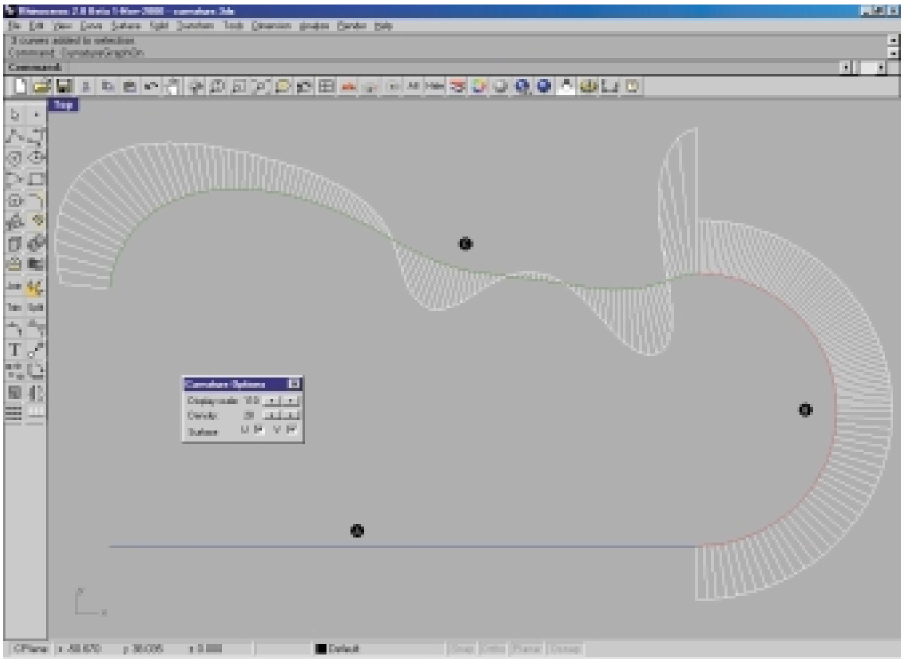
Dnes se budeme věnovat vlastně jen jedinému příkazu - Analyze / Curve / Curvature Graph On, který představuje vyšší školu počítačového modelování a designu. Ne že by byl tak složitý, problémem spíše je, že většina uživatelů mu nevěnuje žádnou pozornost a také to často ani není potřeba - vetřelce nebo jeho kamaráda Ferdu mravence vymodelujete samozřejmě i bez něj. Pokud však začnete seriózně pracovat v oblasti průmyslového designu (samostatnou kapitolkou je automobilový design, ten je pouze pro silné povahy), tak vás po odevzdání nekvalitního modelu nezastaví ani zavřené dveře. Setkal jsem se i s pozoruhodnými názory (vyslovovanými často majiteli CADů za pár milionů korun), že pouze jejich systém je schopen vytvářet “kvalitní plochy” a v něčem, jako je Rhino, není možné takové kvality dosáhnout (no, možná si jenom pletli NURBSy a polygony). Podobné tvrzení je zvláště pikantní v případě, kdy jejich tlustý systém pracuje pouze s Bézierovými plochami. Tak poslouchejte dobře - v Rhinu vytvoříte úplně stejně kvalitní plochy, jako v kterémkoliv “velkém” modeláři a naopak je pravdou, že Rhino nabízí výrazně větší tvůrčí svobodu než mnohé velké systémy, které jsou často zaměřeny na objemové modelování a s plochami si rozumí jen málo nebo dokonce vůbec (nemluvě o noční můře mnohých modelářů - konstrukční historii. Někdy je to šikovný pomocník, jindy totální zabiják). V kvalitě ploch tedy rozdíl není. Rozdíl je pouze v kvalitě a množství modelovacích nástrojů a pomůcek, jako je například automatické zachovávání návaznosti křivek a ploch během jejich editace nebo vygenerování výrobního výkresu po stisku jednoho tlačítka.

Primárním úkolem grafu křivosti je poskytnout představu o hladkosti křivky. S trochou nadsázky lze říci, že vám pomůže odhalit křivky, které se na první pohled tváří jako hladké, avšak k dokonalosti jim mnohé schází. Matematicky a zjednodušeně řečeno (viz první obrázek): v každém bodě A křivky lze nalézt takovou kružnici, která má stejnou první i druhou derivaci jako křivka v tomto bodě. Této kružnici říkáme oskulační kružnice, její poloměr je poloměrem křivosti křivky v bodě A a jeho převrácená hodnota se nazývá křivost křivky v bodě A. Graf křivosti pak představuje spojitou funkci křivostí, sestrojených pro všechny body křivky (pohybujeme se ale v reálném světě, takže program samozřejmě nebude vyhodnocovat nekonečně mnoho bodů, ale bude body vzorkovat s určitým velmi malým krokem a výsledek interpoluje do spojité křivky).



Když zapnete zobrazení grafu křivosti, objeví se menu, které zůstane aktivní až do chvíle, než ho vypnete. Můžete zde měnit dvě hodnoty - Display scale a Density. První hodnota představuje měřítko grafu a je-li nastavena na 100, pak je měřítko 1:1. S každým dalším krokem se zmenší nebo vzroste o jednu polovinu, hodnota 102 tedy znamená zdvojnásobení velikosti grafu, 98 představuje naopak poloviční velikost. Parametrem Density můžete ladit hustotu pomocných vertikálních čárek. Zadáte-li hodnotu 0, budou tyto čárky umístěny pouze v uzlových bodech a v polovinách intervalů mezi uzlovými body. Jen na okraj zmiňuji, že od verze 2.0 je možné zobrazovat graf křivosti i u ploch.

Graf křivosti má vynikající vlastnost - jeho zobrazení je trvalé až do chvíle, kdy ho vypnete. Proto můžete v reálném čase sledovat, jaký vliv na tvar tohoto grafu má editace křivky pomocí řídi-



cích bodů nebo aplikace různých vyhlazovacích a léčebných funkcí (Smooth, Fair, Rebuild atd.) Vyhlazovací funkce však aplikujte po velice malých krocích, doporučuji řádově setiny až desetiny, protože velké změny tvaru křivky mají velmi výrazný (a většinou tudíž nežádoucí) vliv na tvar grafu křivosti. Pojďme si však konkrétně ukázat, jak máme graf křivosti číst a co z něj můžeme vypozorovat.

Na druhém obrázku je nepříliš estetická kompozitní křivka, skládající se ze tří sub-křivek. Ty byly pro větší názornost ponechány jako samostatné křivky a navíc byly ještě různě obarveny. Takže tu máme úsečku (A, stupeň 1), kruhový oblouk (B, stupeň 2) a obecnou křivku (C, stupeň 3). První otázka logicky zní - proč není graf křivosti zobrazen u úsečky? Tak přemýšlejte. Jakou má úsečka křivost? Nulovou, protože je rovná. Pravda, v lihovém komatu je možné i křivé úsečky zpozorovati, ale v reálu se přidržíme toho, že tečná kružnice, reprezentující poloměr křivosti v libovolném bodě úsečky, má nekonečný poloměr a tudíž ani její převrácená hodnota není něco, co byste chtěli potkat večer v parku. Zajímavěji se nám ovšem vyvíjí situace u oblouku. No jo, už slyším první šprty. Oblouk má konstantní křivost a graf křivosti je tudíž ekvidistantou (ofsetem) půlkruhu. Na následující otázku byste už měli najít odpověď sami: pokud bude mít tato kružnice poloměr 10 jednotek a hodnota Display scale = 100, jaká bude křivost tohoto oblouku (jinými slovy, jaká bude délka pomocných čárek grafu křivosti)? Odpověď je 0.1, protože se jedná o převrácenou hodnotu poloměru křivosti (který se v tomto případě shoduje s poloměrem kruhového oblouku), zobrazenou v měřítku 1:1.

Pokračujeme dále - graf křivosti je při přechodu na volnou křivku uskočen, nenavazují zde tudíž křivosti oblouku a volné křivky. Spojitost křivostí, to už jste někdy slyšeli, ne? Správně, jedná se o G2 spojitost, v tomto případě však křivosti očividně spojité nejsou a tudíž zde není ani G2 spojitost. Oblouk a volná křivka jsou pouze G1 spojité. Na problém spojitosti se podíváme za chvíli.

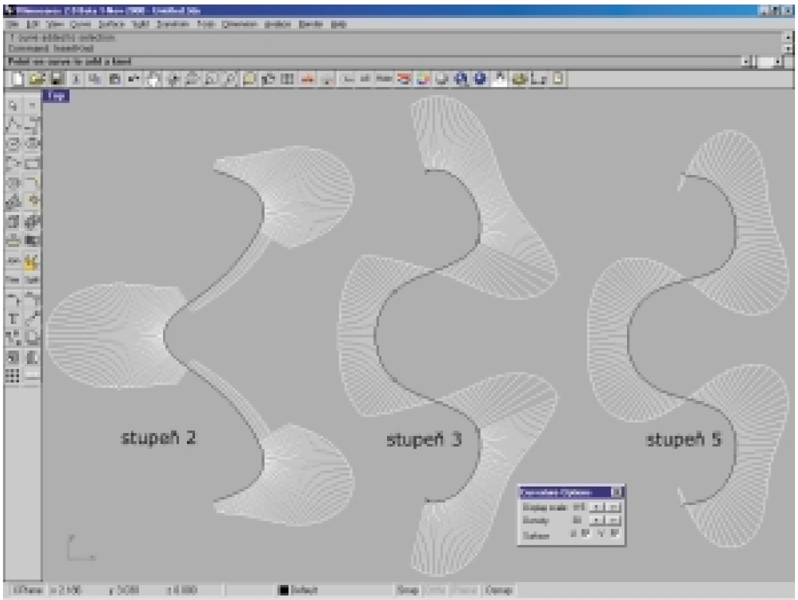
Všimněte si, že graf křivosti v některých místech protíná samotnou křivku. Tento průsečík indikuje inflexní bod a v takovém bodě se křivka mění z konvexní na konkávní nebo naopak. Také zde nastává jev, kdy tečna v tomto bodě křivku protíná, místo toho, aby se jí pouze dotýkala.

Pomocí grafu křivosti můžete hledat například i malé, okem téměř neviditelné smyčky. To je docela důležité, protože takové smyčky mohou lehce vzniknout jako následek operace, provedené s nekorektními vstupními podmínkami - příkladem může být nesprávně nastavená vzdálenost ofsetu křivky. Pokud z takové křivky vytvoříte plochu, budete se za chvíli asi divit, že ji třeba nemůžete stříhat nebo blendovat. Díky grafu křivosti lze případnou smyčku odhalit velice snadno. Kvůli tomu, že má často mikroskopický poloměr, je její poloměr křivosti tak obrovský (převrácená hodnota hodně malého čísla je hodně velké číslo), že graf křivosti v tomto místě doslova září jako slunce a velice promptně mizí mimo plochu obrazovky. Léčebný postup bývá v takovém případě ďábelsky jednoduchý - zobrazte si řídicí body, vyberte skupinu řídicích bodů v okolí smyčky, přibližte si je (ZoomSelected) a bez milosti je smažte. Uvidíte, že se graf křivosti okamžitě “uklidní”.

Jednoduše řečeno, z hladkosti grafu křivosti můžeme usuzovat na hladkost křivky. Je-li graf křivosti hladký, je hladká i křivka (je samozřejmě mnoho stupňů hladkosti a mnohdy nám budou stačit i ty nižší, G2 nebo G1). Jsou-li v grafu křivosti zlomy nebo je-li dokonce odskočený, má křivka vnitřně nižší spojitost, než je její stupeň (teď nemluvím o několika různých křivkách, které jsou navzájem spojeny, ale o jedné, “singl” křivce). A je to tady - situace se začíná komplikovat.”Všichni mi lhali, všichni mi lhali, blázna si ze mě dělali!” zděšeně volá čtenář, který podlehl laciné propagandě a koupil si Rhino, domnívaje se, že v něm bude modelovat pěkně hladké křivky. Ale ne, nebojte se, nejedná se o žádnou nedokonalost Rhina, ale o zákony neúprosné matematiky, jejichž neznalost neomlouvá.

Nejdříve však budu muset trochu odbočit.

Křivka může být tvořena v zásadě dvěma způsoby. Buď se jedná o samostatný segment a nebo o kompozitní křivku, vytvořenou spojením několika segmentů dohromady. Samostatný segment představuje křivku s nejnižším možným počtem řídicích bodů, který je pro daný stupeň přípustný. Minimálně nutný počet řídicích bodů je o jedničku vyšší než stupeň křivky. Zní to sice komplikovaně, ale vlastně je to nesmírně jednoduché. Úsečka je křivka stupně 1, k jejímu sestrojení tedy potřebujete 2 body. Parabola je křivka stupně 2 a k jejímu sestrojení potřebujete 3 body a tak dále. Vždy je rozhodující počet zadávaných bodů. Pokud například v příkazu Curve nastavíte stupeň kreslené křivky na 5 (parametr Degree) a zadáte jen tři řídicí body, bude mít výsledná křivka stejně stupeň 2, protože pro dosažení stupně 5 byste museli zadat 6 řídicích bodů. Jen tak pro zajímavost - NURBS křivka s minimálně nutným počtem řídicích bodů odpovídá Bézierově křivce, Bézierovy křivky jsou tedy poměrně ubohou podskupinou NURBS křivek s některými velice nepříjemnými omezujícími vlastnostmi (například nemožnost přesného vyjádření kuželoseček). Pokud byste chtěli vyjádřit pomocí Bézierových ploch nějaký složitější tvar, musely by mít buď velice vysoký stupeň a nebo velmi mnoho řídicích bodů (což jsou ostatně docela těsně související skutečnosti).



Pokud nastavíte stupeň křivky na 5 a nakreslíte 10 řídicích bodů, bude mít křivka opravdu stupeň 5. Zároveň se tím dopustíte tvorby křivky, která je vnitřně tvořena z několika segmentů. O navazování segmentů se stará Rhino a vy o tom vůbec nevíte. Tato problematika je relativně složitá a tak to vezmu zjednodušeně. Jak už bylo řečeno, segmenty jsou křivky s minimálně nutným počtem řídicích bodů pro daný stupeň. Pokud zadáte větší než minimálně nutný počet řídicích bodů, jsou tyto segmenty navzájem navazovány a místu spoje segmentů říkáme uzlový bod. A dostáváme se k vnitřní spojitosti křivek. Budeme se pro jednoduchost bavit o kubických křivkách (stupeň 3). Samostatný kubický segment je po celé své délce G3 spojitý. Pokud je však interně spojeno několik těchto segmentů, je jejich vzájemná spojitost (v místě uzlových bodů) pouze G2, "celková" spojitost křivky je potom také G2 (co je platné, že je "skoro všude" G3, když je "někde" také G2). To si můžete jednoduše ověřit sami na křivce 2. stupně. V příkazu Curve změňte parametr Degree na 2 (nejsem si jistý, jestli tato možnost byla už v Rhinu 1.1) a nakreslete křivku tak s 10 řídicími body. Příkazem InsetKnot si můžete uzlové body, neboli spoje segmentů křivky zobrazit, abyste věděli, kde zhruba leží. Pak pusťte příkaz Split, zadejte parametr Point (rozdělení v bodě), zapněte jednorázové uchopení uzlového bodu (Tools / Object Snap / Knot) a rozdělte křivku v libovolném uzlu. Ponechejte příkaz Split spuštěný a vyberte jiný bod na křivce (tentokrát libovolný). Stiskněte pravé tlačítko myši a křivka se rozpadne na tři části. Jedno rozdělení jste provedli v místě uzlu a druhé v obecném bodě. Teď pomocí Analyze / Curve / Geometric Continuity změřte spojitost těchto tří segmentů. Zjistíte, že v místě uzlu je spojitost G1 a v místě obecného bodu (tedy někde uvnitř segmentu) je spojitost G2.

Podívejte se na obrázek 3. Vidíte na něm křivky stupně 2, 3 a 5. U první křivky je očividné, že křivosti jsou uskočeny, v určitých místech zcela nečekaně změní svou hodnotu. My už víme, že je to v místě uzlových bodů. Toto chování nám indikuje, že v místě uskočení je křivka interně G1 spojitá, i když všude jinde je spojitá G2. Prostřední křivka má stupeň 3 a chová se už o poznání lépe. Křivost se v uzlových bodech nemění skokově, avšak nemění se ani nijak plynule - populárně řečeno, graf křivosti nepokračuje v místě uzlového bodu v "započatém trendu" a láme se. Mimochodem, u prostřední křivky jsem uzlové body zobrazil, takže si můžete již dříve popsané chování grafu křivosti a umístění řídicích bodů dát do souvislosti. Chování grafu křivosti nám indikuje, že v místě uzlových bodů je křivka G2 spojitá, čili má spojitou křivost (pozor, netvrdím, že graf křivostí je plynulý, tvrdím, že je spojitý a to je něco jiného). Poslední křivka je už velice hladká a interně G4 spojitá. V Rhinu se tento typ křivek používá například na tvorbu plynulého přechodu mezi křivkami. Vyplývá z toho, že byste měli používat křivky stupně 5? To rozhodně ne, v praxi v naprosté většině vystačíte s křivkami a plochami stupně 3.

Graf křivosti představuje jakýsi "přísnější pohled" na tvar křivky. Drobné zvlnění, které by nám snadno uniklo při pohledu pouhým okem, můžeme pomocí grafu křivosti snadno odhalit a doladit. To se týká zejména křivek, získaných 3D digitalizací a nebo nakreslených pomocí velkého počtu řídicích bodů. Samostatnou kapitolou jsou různé průsečíky, ofsety nebo promítané a nabalované křivky - ve všech těchto případech se jedná o křivky, které jsou interpolované v rámci globální tolerance a tudíž může jejich tvar "lítat" i v desetinách milimetru a to může být nepřípustné.

Příště se dostaneme konečně k něčemu příjemnějšímu - k vizuální analýze ploch.