

CNC frézování pro průmyslové i komerční využití

Ing. Martin Abel

1 – Úvod do frézování

Pod zkratkou CNC (číslicové řízení počítačem) se skrývá technologie, která používá počítače k ovládání obráběcích a jiných strojů, jež jsou, na rozdíl od klasických strojů ovládaných ručně přes ruční kola nebo páky či mechanicky automatizované vačkami, obsluhované abstraktně programovanými příkazy nahranými na paměťovém médiu. Je to nedílná a nepostradatelná součást dnešního složitého světa produktů a výrobních technik, přizpůsobitelných přáním zákazníka. V současné době se začíná řešit progresivní Industry 4.0 – převratný systém organizace a řízení celého dodavatelského řetězce, a to bude bez použití CNC nemyslitelné.

První číslicově řízené stroje byly vytvořeny ve 40. a 50. letech 20. století, a to na základě stávajících nástrojů, které byly vybaveny motory řízenými instrukcemi na děrované pásce. Tyto rané servo-mechanismy byly rapidně vylepšeny analogovými či digitálními počítači, vytvářejícími tak moderní počítačově číslicově řízené (CNC) obráběcí stroje, které přinesly revoluci ve výrobních procesech.

Technologie CNC nahradila děrné štítky magnetickou paměť, která zvýšila jak počet operací uskutečňovaných strojem, tak jejich přesnost. Jednoduché binární spínání bylo nahrazeno posloupnostmi složitých příkazů, známých jako G-kódy. Tyto kódy se skládají z posloupností písmen a číslic, umožňujících definici třírozměrných prostorových souřadnic, jakož i nastavení počtu otáček za minutu a dalších důležitých parametrů obrábění. G-kód je nutné převést do formy, která umožní stroji správně interpretovat povahu a časování spínacích operací. Řízení motorů a dalších součástí samotného stroje se stále děje převážně za pomoci pravidel vytvořených technologií NC. Jednou z hlavních předností použití počítačů k řízení obráběcích procesů je schopnost automaticky předcházet kolizím

mezi nástrojem a obrobkem, což je procedura, jejíž použití zahrnovalo složité ruční výpočty.

V moderních CNC systémech je design výrobků vysoce automatizovaný s využitím Computer-Aided Design (CAD) a Computer-Aided Manufacturing (CAM) programů. Tyto programy produkují počítačový soubor, který je interpretován k výpisu příkazů potřebných k provozu konkrétního stroje skrz postprocesor, které jsou následně nahrány do CNC stroje pro samotnou výrobu. Protože jakákoliv konkrétní komponenta může vyžadovat použití mnoha různých obráběcích nástrojů – pily atd. – moderní stroje často kombinují více nástrojů do jediné „buňky“. V ostatních případech je použit větší počet různých strojů s externím řízením a lidské či robotické obsluhy, které přemísťují obrobky mezi stroji. V každém případě je komplexní série kroků potřebná k výrobě jakékoliv části vysoce automatizovaná a vytvářený obrobek je téměř shodný s CAD návrhem.

Vizuální kontroly a embosované stupnice zjednodušují seřizování ručně ovládaných strojů pro dosažení požadovaného výsledku. Motory používané v CNC strojích nejsou schopny provádět takové kontroly. Také musejí dostávat přesné pokyny ohledně počtu otáček za minutu a směru otáčení, jak si je vyžaduje prováděná práce, a také ohledně bodu, v němž aktuální pohyb musí skončit.

Dnes se technologie CNC používá ve všech výrobních procesech obsahujících obráběcí stroje. Výrobní procesy slouží k vytváření všech druhů součástí, a podle normy DIN 8580 se dělí do šesti hlavních tříd, a to:

1. Základní tvarování
2. Tváření
3. Řezání
4. Spojování
5. Povrchová úprava
6. Úprava vlastností materiálu

Cílem těchto procesů je výroba součástí a změna vlastností jejich materiálů, což jsou procesy, k nimž lze přistupovat a je realizovat mnoha různými způsoby.

Řezání představuje proces, kde se části polotovaru odstraňují, aby vznikl požadovaný tvar obrobku.

Příkladem tohoto typu procesu jsou obráběcí techniky, jako jsou řezání, pilování, vrtání, frézování a soustružení.

Souřadnice a referenční body

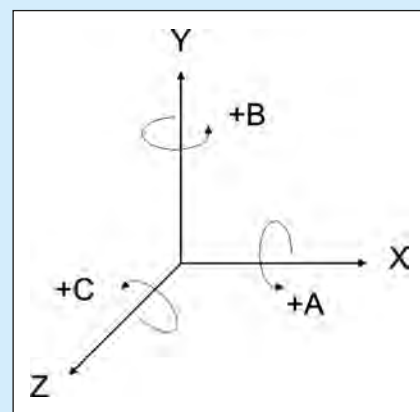
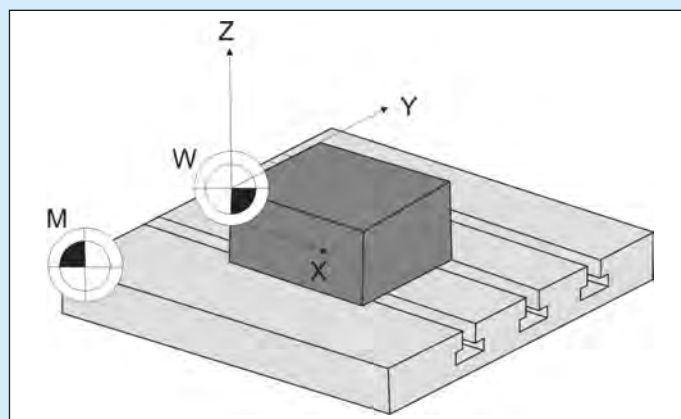
CNC stroje používají k definování polohy obrobku a nástroje pravouhý systém kartézských souřadnic (popsaný v normě DIN 66217).

K ilustraci se používá lidská ruka, kde palec a prostředníček představují kladné osy X a Y, zatímco ukazováček představuje kladnou osu Z (**obr. 1**).

Protože však některé stroje umožňují otáčení nástroje a obrobku kolem jedné nebo několika os, tyto tři prostorové osy nejsou dostačující pro definování všech operací. Tyto přídavné osy poskytují vysoký stupeň volnosti při pohybu a nastavování polohy nástroje a současně umožňují přístup ke všem plochám obrobku z různých úhlů.

Tento systém souřadnic nám dovoluje definovat množinu referenčních bodů, z nichž nejdůležitější jsou nulové body stroje a obrobku (na **obrázku 2** označené M a W). Nulový bod stroje je začátek, od něhož se odvíjejí všechny ostatní souřadnice. Tento bod je u každého stroje předem přiřazen výrobcem. Nulový bod stroje je možno definovat tak, aby bylo možno používat pouze kladnou část prostoru souřadnice, což vede k výlučně kladným hodnotám pro všechny tři osy.

Obr. 2 – Nulové body



Obr. 1 – Tři hlavní osy

Nulový bod obrobku definuje začátek lokálního systému souřadnic, jež stroj používá ke stanovení přesné polohy obrobku. Protože obrobek je možné umístit volně v pracovní oblasti stroje, nulový bod obrobku je nutné změřit na nejvyšší přesně, často s přesností na tisícinu milimetru.

Frézování

Obecně řečeno, frézování kovů je strojní třískové obrábění kovů vícebřitým nástrojem. Hlavní pohyb (rotační) koná nástroj a vedlejší pohyb (přísuv, posuv) obrobek. Klasicky probíhá ve třech osách, ve více než třech osách pracují víceosá obráběcí centra. Frézovací stroj se nazývá frézka, frézovací nástroj fréza. Frézování se dělí na sousledné, kdy se nástroj otáčí ve směru pohybu stolu s obrobkem, a nesousledné, kdy je tomu opačně.

Pro dosažení kvalitních výsledků při frézování potřebujeme vybrat správný frézovací nástroj a znát materiál, který budeme obrábět. Nesprávné používání nástrojů snižuje přesnost a kvalitu



Obr. 3 – válcová čelní fréza s pravořeznou dvoužlábkovou spirálou

vyřáběných dílů. Tj. náš výběr frézovacího nástroje musí respektovat tyto cíle:

- Optimální využití nástroje
- Maximální životnost
- Vysoké rychlosti obrábění
- Vysoká všeobecná kvalita a kvalita povrchové úpravy obrobku.

Samozřejmě se ještě liší požadavky na domácí a průmyslové použití. Průmysloví uživatelé zahrnují opotřebení nástroje do svých nákladových plánů a obecně maximalizují výrobní rychlosti s cílem snížit náklady na zaměstnance a jiné. Naproti tomu nadšenci neřeší nájemné nebo náklady na zaměstnance a obecně potřebují udržet celkové výdaje na co možná nejnížší úrovni. Pro většinu nadšenců je tudíž nesmyslné pořizovat si nástroje průmyslové kvality.

Válcové čelní frézy mají jeden nebo několik zubů k odebírání materiálu z obrobku a každý zub má drážku neboli žlábek, pomáhající odstraňovat odpadový materiál během frézování. Čím je žlábek větší, tím lépe je možné odpad z obrobku odsunout. Válcové čelní frézy se obvykle liší počtem žlábků a podle toho se nazývají jednožlábkové, dvoužlábkové atd. Jakmile třísky a hobliny žlábek ucpou, nemůže již fréza pracovat efektivně. Ideální je jeden žlábek na zub, avšak čím má fréza více žlábků, tím menší musejí být; menší žlábky znamenají horší odstraňování odpadu. Žlábky se liší strmostí a jsou vyřiznuty v pravořezných nebo levořezných spirálách anebo běží přímo k dřívku frézy. Na obrázku 3 je válcová čelní fréza s pravořeznou dvoužlábkovou spirálou.

Žlábky s pravořeznou spirálou odebírají materiál směrem vzhůru, a čím je stoupání mělčí, tím efektivněji jsou třísky odstraňovány. Žlábek má fyzikální charakteristiky podobné závitů šroubu a tam, kde přijde do kontaktu s obrobkem, působí silou vzhůru. To má za následek trhliny v povrchu vláknitých materiálů, jako je třeba dřevo, a pokud neučiníme preventivní opatření, může dojít k nežádoucímu ohybu tenkých materiálů.

Čím je stoupání žlábků strmější, tím je svisle působící síla menší. U rovného žlábků je stoupání nekonečné, takže působící svislá síla je nulová. V zásadě je to dobrá zpráva, ačkoliv to narušuje odebírání třísky. Rovné žlábky se hodí v situacích, kdy je vedle obrobku dostatečný prostor, nebo když k okamžitému odebírání třísek používáte vakuový systém (nebo stlačený vzduch).

Levořezné žlábky působí na obrobek silou směrem dolů. To ještě více zhoršuje odebírání třísky a hodí se pouze v kombinaci s vhodnými odebíracími systémy. Tlak směrem dolů znamená, že



Obr. 4 – válcová čelní fréza s levořeznou (vpředu) a pravořeznou spirálou

okraje frézy mají jen zřídka kdy trahající účinek a obrobek je zatlačován do stolu stroje, což minimalizuje nepřesnosti frézování. Na obrázku 4 je válcová čelní fréza s levořeznou (vpředu) a pravořeznou spirálou.

Jak správně vybrat frézu? Následující praktické zásady jsou dobrým vodítkem při výběru počtu zubů a žlábků frézy:

– Čím je materiál tvrdší, tím méně jej můžete odebrat na jeden řez. Frézy na tvrdé materiály mají více zubů, a tudíž vyšší rychlost frézování.

– Čím je materiál měkčí, tím snáze se řeže a tím více třísek vyprodukuje. Měkčí materiály tudíž vyžadují menší počet zubů a tomu odpovídající velké žlábky.

Co pro nás znamená řezná délka a typ dřívku? Řezná délka je celková délka dostupná pro řezání, měří se od hrotu frézy. Tento rozměr je obzvláště důležitý, jestliže šířka řezu (tj. průměr zubů/žlábků)

je užší než průměr dřívku. V takovém případě je hloubka řezání maximální hloubkou, do níž může fréza na obrobku proniknout. Každý pokus řezat hlouběji způsobí kolizi dřívku s povrchem obrobku. Je-li průměr žlábků větší než průměr dřívku, můžeme frézovat po celé volné délce frézy.

Při řezání přímo do masivního kovu musejí frézovací nástroje vydržet obrovské zátěže. Na různé části frézy působí různé síly. Zvláště řezné hrany jsou vystaveny četným silám, jež se během řezání mění v řádu milisekund.

Aby životnost zubů válcové čelní frézy byla co nejdelší, musejí být co možná nejtvrdší a nejpružnější, zatímco dřívek nemusí být tak tvrdý jako zuby, avšak musí být méně náchylný ke zlomení. Kvalitní frézy jsou proto vyrobeny ze dvou nebo několika různých materiálů navržených tak, aby se vyrovnaly se specifickými silami, jimž je každá část vystavena.

je karbid titanu a karbid tantalniobu. Tyto materiály snižují absolutní tvrdost, avšak zvyšují pružnost. Nástroje z karbidové oceli se opotřebovávají pomaleji než nástroje HSS, snadněji se však lámou.

Monolitní karbidové nástroje jsou celé vyrobeny z karbidové oceli. Nástroje HSS, u nichž jsou z karbidové oceli zhotoveny pouze řezné hrany, se často používají v situacích nepřetržitého používání. Dodávají se rovněž nástroje, jejichž zuby jsou vyrobeny ze syntetického polykrystalického diamantu (PCD) nebo polykrystalického trojmocného nitridu boru (PCBN).

Modulární techniky strojního opracování zahrnují použití výměnného nástrojového vybavení. Modulární řezné nástroje mají vícecetné identické řezné hrany, které je možno po opotřebení pootočít. Po opotřebení všech břitů je nutné vyměnit celý nástroj. Na obrázku 5 je válcová čelní fréza s povlakem TiAlN

Jiné typy nástrojů jsou potaženy nitridy, například nitridem titanu (TiN) nebo nitridem titan-hliníku (TiAlN). Takové povlaky jsou tvrdší než materiál jádra nástroje a poskytují hladký povrch, jenž dále zmenšuje opotřebení. Při použití s měkčími materiály, jako jsou hliník nebo měď, frézy pomáhají předcházet nárůstu hrany. Povlaky také vytvářejí tepelnou bariéru, chránící měkčí materiál jádra před vysokými teplotami, vznikajícími při procesu obrábění.

Závěrem této kapitoly musíme upozornit na současný problém, kdy vrtáky a válcové čelní frézy bývají předmětem četných podvodů. Právě nástroje z HSS a karbidové oceli jsou opravdu houževnaté a mají dlouhou užitečnou životnost. Internetový svět je však plný exoticky znějících nástrojů, údajně s nitridovými povlaky, jež jsou ve skutečnosti pouze namalované. Po krátkém používání se nářez smaže a odhalí nekvalitní materiál vespod. Namísto slibované životnosti stovek prací se výhodně pořízené nástroje často zlomí již při prvním použití.

(Pokračování)

Obr. 5 – válcová čelní fréza s povlakem TiAlN

