

3.8 AKTIVNÍ KONTROLA A TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA CNC STROJŮ

Pro dosažení bezobslužnosti výrobního zařízení v pravém slova smyslu jsou vyvinuty a nasazeny další specializované automatizační prostředky, které částečně nahradí činnost lidské obsluhy ve zbývajících funkcích, a to při kontrole přesnosti výroby a eliminaci faktorů nepříznivě působících na přesnost výroby, při dozoru nad správnou funkcí stroje a stavem nástrojů (opotřebením, lomy) a konečně i při identifikaci příčin poruch výrobního zařízení a ochraně před jeho poškozením v důsledku vzniklých poruch.

Produktivní proces

Proměnlivost obráběcích procesů může výrobce brzdít v konkurenceschopnosti a ziskovosti. Může způsobit ztrátu času a neefektivitu, vede k vysokým nákladům na jakost a k potřebě vyššího počtu pracovníků a končí pozdními dodávkami a špatnou kontrolou nad výstupy. Pyramida produktivního procesu (obr. 3.8.1) je nástroj společnosti Renishaw, díky němuž lze za podpory inovativních technologií, osvědčených metod a odborné podpory identifikovat a řídit odchylky a proměnlivosti procesů ve výrobní společnosti [www-1].

kových vlastností, které umožňují obrábění v rámci požadovaných hodnot. Kvalitu obrábění mohou zhoršovat [www-2]:

- polohovací chyby obráběcího stroje, které jsou jednou z nejčastějších příčin výroby rozměrových zmetků a zmetků s nekvalitní povrchovou úpravou a které lze připsat geometrickým a dynamickým chybám a chybám vůle uvnitř stroje;
- chyby vznikající dokonce i u nového stroje v důsledku změn v období mezi expedicí z výroby a prvním použitím v továrně;
- vzniklá opotřebením v důsledku provozování stroje.

servisních zaměstnanců. Díky pravidelným kontrolám stavu strojů a určením zdrojů jakýchkoliv chyb je možné minimalizovat úsilí na údržbu a zaměřit se na hodnotnou preventivní práci [www-2].

Vrstva Nastavení procesu se zabývá zdroji proměnlivosti, jako je umístění součástí, velikost nástrojů a odchylky na stroji, které mohou zapříčinit výrobu neshodných dílů. Jedná se o seřízení parametrů, seřízení soustavy stroj-obrobek-nástroj před započatím obrábění [www-1].

Vrstva Aktivní zpětná vazba zahrnuje činnosti a akce prováděné v průběhu obrábění. Tato opatření automaticky vytvářejí odezvu na stav materiálu, na akutní odchylky od očekávaných rozměrů nebo na jiné neočekávané stavy procesu. Jedná se o aktivní kontrolu parametrů v průběhu obrábění [www-1].

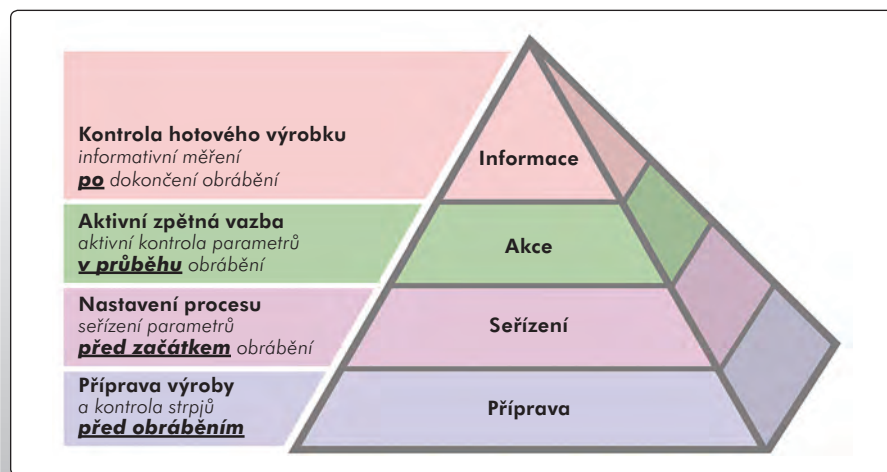
Měření obrobku během obrábění umožňuje [www-3]:

- na základě zjištěných hodnot reagovat na odchylky způsobené například deformací dílce, vychýlením nástroje nebo vlivem teplotních deformací;
- na základě zjištěných hodnot automaticky upravit aktuální hodnoty natočení souřadného systému, aktualizovat parametry obrábění, změnit korekční hodnoty v tabulkách nástrojů a větvit chod programu pomocí logických podmínek tak, aby výsledkem byl bezvadný výrobek.

Měření nástroje během obrábění umožňuje [www-3]:

- kontrolu přítomnosti a polohy nástroje;
- kontrolu velikosti opotřebením nástroje;
- kontrolu celistvosti a opotřebením břitů nástroje.

Vrchol pyramidy, tedy vrstva Kontrola hotového výrobku, představuje proměření vyrobeného dílu a výstupní informace z měření [www-1]. Jedná se o informativ-



Obr. 3.8.1: Pyramida produktivního procesu [Renishaw]

Vrstva Příprava výroby je zaměřena na stabilitu prostředí, ve kterém bude obrábění probíhat. Tato vrstva zahrnuje optimalizaci a monitorování výkonu samotného stroje. Jedná se o preventivní opatření, které musí zabránit tomu, aby se v průběhu obrábění objevily jakékoli neočekávané vlivy, které by mohly způsobit nahodilé chyby. Optimalizace stavu stroje je základním předpokladem pro přípravu výroby, bez kterého nelze realizovat jakoukoli výrobu. Na nepřesném stroji nelze přesně vyrábět. Na základě vyhodnocení parametrů stroje lze prostřednictvím kalibrace, popřípadě opravy dosáhnout ta-

Správně seřízený stroj bude rovnoměrně vyrábět kvalitní díly s menším počtem neplánovaných zastavení. To znamená více času na obrábění a větší proaktivnost



Obr. 3.8.2: Typy aktivní kontroly na CNC obráběcích strojích

ní měření po dokončení obrábění. Měření dílce přímo na stroji umožňuje [www-4]:

- kontrolu důležitých prvků dílce přímo na stroji, před odepnutím a manipulací;
- sledovat stabilitu procesu obrábění.

Aktivní kontrola obráběcích strojů

Hlavním úkolem soustavy aktivní kontroly (AK) je automatická eliminace vlivu různých faktorů, které negativně ovlivňují přesnost obrábění a pracovní způsobilost stroje. Moderně koncipované aktivní kontroly pak kromě výše uvedeného přispívají k dalšímu zvyšování produktivity výroby zkracováním přípravných a vedlejších časů. Těchto přínosů je dosažováno využitím AK pro „doseřazení“ nástrojů v pracovní poloze na stroji, indikací opotřebených a poškozených nástrojů a využitím systémů AK pro proměňování polotovarů obrobků upnutých v poloze pro obrábění na stroji a na podkladě výsledků těchto měření provedenou modifikací part-programu (optimalizace počtu a velikosti hrubovacích úběrů – „řříšek“) [Borský 1992a].

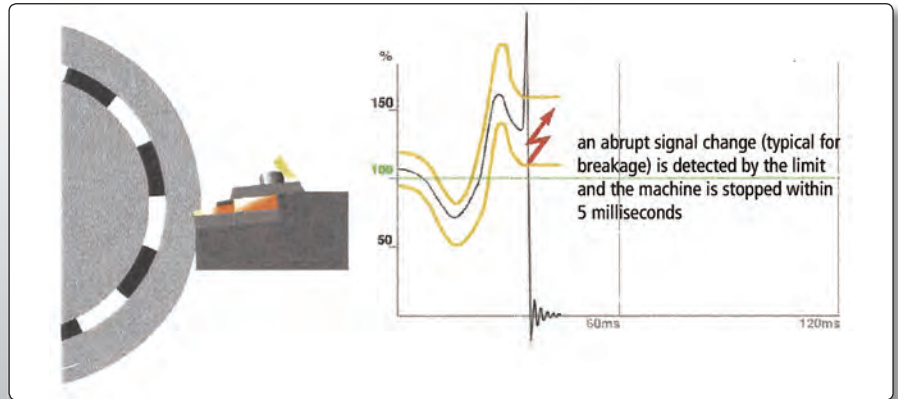
Aktivní kontrola během obrábění (inprocesní)

V závislosti na umístění příslušných snímačů, způsobů měření a vyhodnocování výsledků měření a způsobů provádění korekčních zásahů se soustavy AK dělí do dvou základních typů, na tzv. inprocesní a postprocesní (obr. 3.8.2). Inprocesní soustavy AK pracují se snímači umístěnými na stroji, měření je prováděno buď přímo v průběhu řezného procesu, nebo při jeho přerušení a příslušné korekční údaje jsou CNC systémem generovány pro právě obráběnou součást.

Hlavním znakem postprocesních soustav AK je to, že měření je prováděno na součásti mimo pracovní prostor stroje, většinou ve speciálním měřicím místě (stanici), a příslušné korekční zásahy jsou prováděny při obrábění bezprostředně následující nebo některé další součásti.

Vlastní inprocesní soustavy AK se podle zaměření a způsobu měření dělí do dvou skupin – na soustavy AK, jejichž úkolem je sledovat stav, seřízení a zatížení řezných nástrojů, a na soustavy AK, jejichž úkolem je zabezpečovat požadovanou pracovní přesnost stroje a přesnost výroby.

Pro AK stavu a zatížení nástrojů během obrábění jsou používány speciální monitory nebo bloky AK, realizované v rámci



Obr. 3.8.3: Příklad měření soustružnického řezného procesu [Prometec]

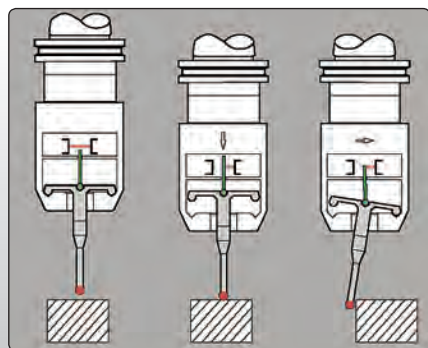
Limit type	Signal characteristic	Examples
1. Overload: Alarm when the limit is exceeded for the response time, T_r , at least.		Steeply rising monitor signals, e.g. in case of: <ul style="list-style-type: none"> • tool breakage • tool or machine overload (e.g. excessively large parts or operating error on machine) • machine collision
2. Underload: Alarm when the signal remains below the limit for at least the response time, T_r .		Falling monitor signals, e.g. in case of: <ul style="list-style-type: none"> • tool breakage (broken-off part of tool is spun away) • incorrect workpiece dimensions (e.g. excessively small parts)
3. Work Over: Alarm when the upper limit for the work value is exceeded.		Work values too large: <ul style="list-style-type: none"> • Tools blunt • Tool breakage or chipping
4. Work Under: Alarm when the work value remains below the lower limit up to the end of the cycle.		Work values too small: <ul style="list-style-type: none"> • Tool breakage • Incorrect workpiece dimensions • Tool or workpiece missing
5. Contact: Message output as soon as the limit is exceeded. The Message is reset when the signal remains below the limit for the response time, T_r , at least.		<ul style="list-style-type: none"> • Detection of contact between tool and workpiece or grinding wheel and workpiece to minimise machining times in air (GAP-Reduce)
6. Missing: Alarm when the limit is not exceeded by the end of the cycle (idle pass).		Excessively low monitor signals due to: <ul style="list-style-type: none"> • missing parts, e.g. parts drops out of holders • missing tools, e.g. broken-off tools
7. Rising Through: 8. Falling Through: Alarm when the time defined limit is passed, but the signal does not pass through the limit in rising or falling mode.		Time-displaced monitor signals due to: <ul style="list-style-type: none"> • broken, shortened tools • missing tools or workpieces • incorrect tools or workpieces Specific monitoring of start and end of cut with tolerances of full cut. Chip jamming or other pronounced changes in the monitor signal do not result in false alarms.
9. Dynamic Limits: The two Dynamic Limits above and below the monitor signal follow the monitor signal continuously to every load level at a limited adaption speed not to be confused with signal pattern or signal lobe. In case of extremely fast crossing of one of the two Dynamic Limits, they are frozen (rendered static) and total breakage, breakage, chipping, workpiece cavity, hard cut interruption, etc. are distinguished one from the other via visual comparison with the monitor signal.		Sudden load changes due to: <ul style="list-style-type: none"> • total tool breakage • tool breakage • tool chipping Slow but large load changes due to variations in cutting depth (hardness, oversize, out-of-roundness of workpieces), such as occur during initial cuts in particular when machining cast and forged parts, are tolerated at a ratio of up to 1:4. The fast detection of breakages via dynamic limits leads to a drastic reduction in false alarms and substantially shorter signalling times after breakage (typically 5 ms after breakage).

Obr. 3.8.4: Typy signálů ze zabudovaných senzorů [Prometec]

3.8 AKTIVNÍ KONTROLA A TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA CNC STROJŮ

CNC řídicích systémů (v rámci PLC části). Okamžité hodnoty zatížení nástrojů jsou získávány buď z měření výkonu hlavního pohonu posuvů, nebo ze snímačů instalovaných na stroji (obr. 3.8.3). K hlavním nedostatkům této metody patří to, že velikost snímané veličiny (výkonu, momentu, osové síly) je zpravidla ovlivňována rušivými vlivy (pasivními odpory, časovými konstantami elektrických prvků aj.). Proto je snaha tyto snímače umísťovat co nejbližší k řeznému břitu, což je však technicky velmi obtížné [Borský 1992a].

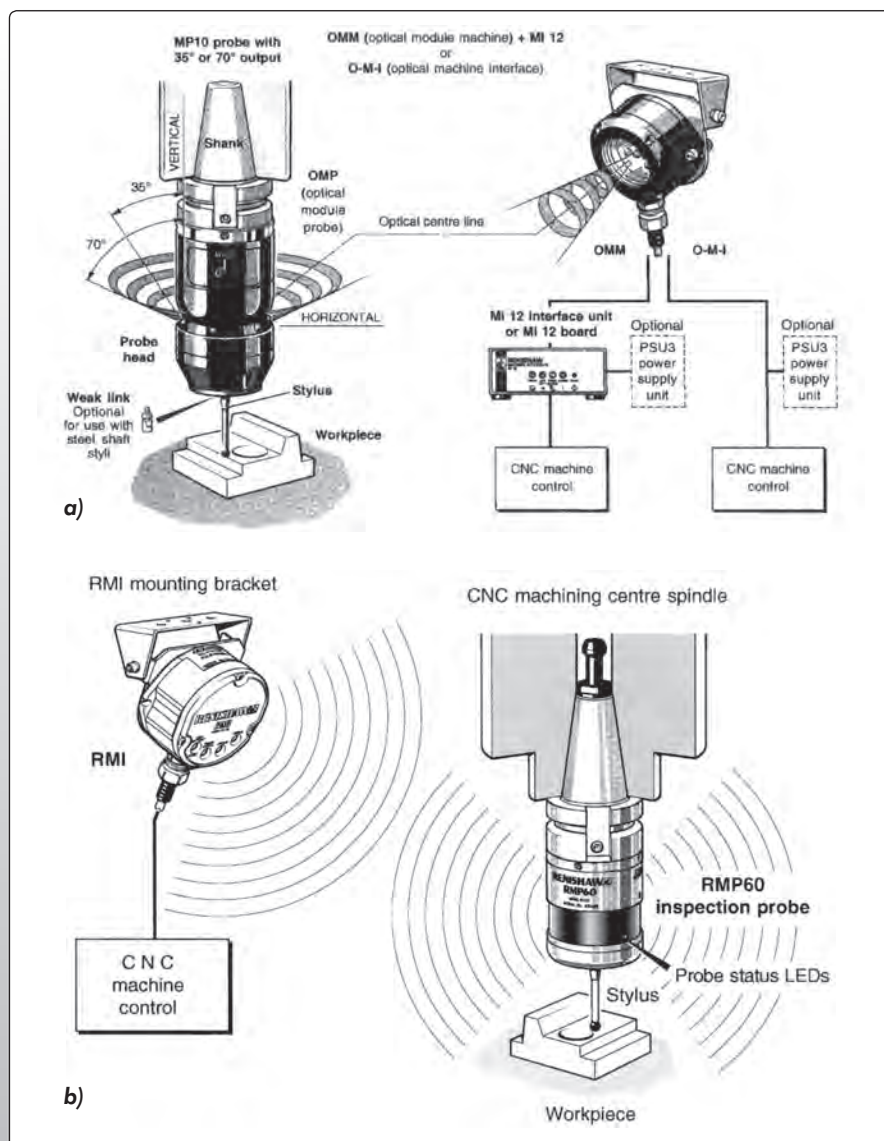
Signály, které je možné obdržet od instalovaných snímačů, jsou (obr. 3.8.4): pře-



Obr. 3.8.5: Měřicí mechanismus obrobkové sondy s optoelektronickým generováním signálu [Blum]



Obr. 3.8.6: Měřicí mechanismus nástrojové sondy s laserovým generováním signálu [Blum]



Obr. 3.8.7: Měřicí sondy obrobku – a) optický přenos, b) rádiový přenos [Renishaw]

tížení, odtížení, práce nad limitem, práce pod limitem, kontakt, missing, rising a dynamické limity.

Dalším typem inprocesní aktivní kontroly je seřízení soustavy stroj-obrobek-nástroj před započítím obrábění – viz též druhá vrstva pyramidy produktivního procesu (obr. 3.8.1).

Aktivní kontrola při přerušení obráběcího procesu (inprocesní)

Tato metoda může provádět kontrolu rozměrů polotovaru, obrobku nebo nástroje v automatickém cyklu přímo na stroji. Toto měření je nedílnou součástí programu ob-

rábění a zahrnuje povely pro měřicí cykly, pro uložení případných korekcí do paměti systému a jejich automatické provedení při následném obrábění [Sláma 2002].

Princip funkce vřetenové sondy pro kontrolu a ustavení obrobku je jednoduchý. Program (měřicí cyklus) řídí pohyb sondy směrem k bodu, jehož souřadnice chceme zjistit. V okamžiku kontaktu kuličky snímacího doteku s povrchem obrobku je do řídicího systému stroje odeslán měřicí (generovaný) signál. Na základě tohoto signálu jsou zaznamenány pozice na odměřovacích pravítkách stroje ve všech osách. Zbytková dráha sondy je vymazá-