

Vplyv automatického riadenia nástrojov na ich opotrebovanie pri vŕtaní

Jozef Jurko

Rozvoj strojárrenskej výroby je zameraný predovšetkým na výrobný proces. Postupne sa zavádzajú nové technologické postupy a technológie, nová výrobná technika s cieľom zefektívniť výrobu súčiastok. Tieto trendy so sebou prinášajú na jednej strane pozitívny vplyv, a na strane druhej ďalšie problémy. Článok je súčasťou riešenia grantovej úlohy VEGA č.1/0406/2003 s názvom „Výskum obrábatelnosti nehrdzavejúcich ocelí v automatizovanej výrobe“.

Úvod

Efektívnosť výrobného procesu závislá najmä od efektívnosti prvkov, ktoré sa v ňom vyskytujú. Pre každý výrobný proces je dôležitá predovšetkým analýza technologickej sústavy SNOP (stroj-nástroj-obrobok-prípravok). Pre technológiu obrábania je výsledok obrábania (produkt podľa požiadaviek zákazníka) definovaný interakciou medzi obrobkom a rezným nástrojom. Komplexné automatizované riešenia pri trieskovom obrábaní nie sú realizovateľné bez efektívnej kontroly funkcie nástrojov (hlavne ich opotrebovania). Nevýhody konvenčných kontrolných systémov sú potlačované digitálnymi automatizovanými systémami riadenia nástrojov. Opotrebovanie rezných nástrojov má rozličné formy a vonkajšie prejavy. Výrazne sa to prejavuje pri obrábaní ťažkoobrábateľných materiálov, ku ktorým sú zaraďované aj nehrdzavejúce Cr-Ni ocele.

Automatizovaný systém riadenia nástrojov

Automatizované systémy riadenia nástrojov TCAS (Tool Control Automatic System) sú systémy na kontrolu opotrebovania nástrojov pri obrábaní na NC strojoch. Možno ich využiť nielen pre rýchlo sa meniacu malosériovú a kusovú výrobu, ale aj pre veľké série a na výrobných linkách. Jednou z ich výhod je to, že nie sú potrebné zložité a časovo náročné zriaďovacie, resp. programovacie postupy. Rovnako ako každý kontrolný systém, aj automatické riadenie nástrojov pracuje s hraničnými hodnotami, ktorých prekročenie spôsobí určité spätnoväzbové reakcie. Podstatné je však to, že tieto hraničné hodnoty nie sú definované v absolútnych hodnotách (napr. vyjadrené násobkom x kN pre reznú silu obrábania), ale vo vzťahu k menovitým hodnotám, teda k Δx . Z toho vyplýva, že nie je podstatné to, na akej úrovni prebieha obrábací postup, podstatná je iba odchýlka od aktuálneho stavu. Nie je preto potrebný vzorový obrobok, s ktorým by museli byť porovnávané aktuálne podmienky, teda ani žiadny vzorový rez.

TCAS spracúva údaje o procese a optimalizuje obrábací výkon. Poruchy procesu, ktoré vznikajú počas obrábania z dôvodu nepravidielnosti triesky alebo nehomogénneho materiálu, sú riadením automaticky vyrovnané a nespôsobujú okamžité vypnutie stroja. Napríklad zvýšenie reznej sily spôsobuje zvýšenie krútiaceho momentu, čo sa na druhej strane prejaví znížením otáčok. Až na základe zmeny otáčok reaguje regulátor a dodá potrebný výkon tak, aby predpísané otáčky boli znovu zabezpečené. Naopak, opotrebovanie nástrojov sa riadením nevyrovnáva. Prostredníctvom TCAS je tak prakticky zabezpečená kontinuálna kontrola procesu obrábania, a tým aj kvalita odchádzajúcich obrobkov.

Pretože súčet všetkých procesných vplyvov sa odráža na zmene otáčok, na analýzu týchto vplyvov nám stačí merať skutočné otáčky vretena s nástrojom. Prednosť tohto postupu spočíva v tom, že otáčky je možné oproti iným prevádzkovým parametrom merať

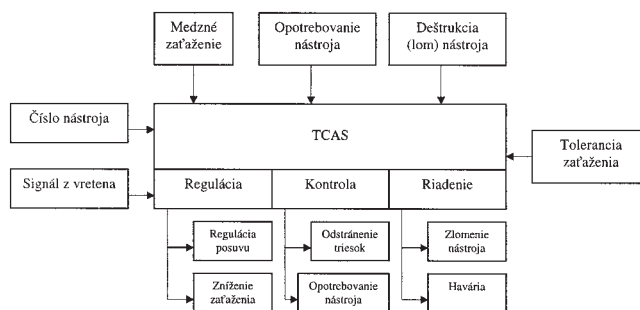
digitálne. Všetky ostatné parametre sú zabezpečené pomocou analógových senzorov s relatívne veľkým technickým rozsahom opatrení na odfiltrovanie úžitkových a poruchových signálov so zodpovedajúcimi stratami presnosti. Zmena otáčok je tak jediným procesným parametrom, ktorý je potrebný pri všetkých riadiacich, regulačných a kontrolných postupoch systému automatického riadenia nástrojov. Prístup k hodnote skutočných otáčok sa môže získať rôznym spôsobom v závislosti od konfigurácie stroja a NC, napr. cez snímač otáčok alebo priamo zo zbernice. Iné komponenty nie sú potrebné.

Na komunikáciu medzi TCAS a strojom sú potrebné výmeny NC prevádzkových signálov, ktoré sú už dodávané riadením a nepredstavujú žiadne dodatočné požiadavky. Ide o:

- číslo nástroja, ktoré je potrebné aj pre menič nástroja,
- signál od vretena, ktorý iniciuje uvoľnenie suportu,
- ovládanie suportu, ktoré je dané povelom „Override“,
- signál „Feed hold“, ktorý môže byť prepojený s „Override“.

Na obr. 1 je zobrazená bloková schéma, ktorá opisuje špecifikované procesné parametre vplyvajúce na otáčky vretena, ktoré sú sledované v priebehu obrábacieho cyklu. Výstupné šípky ukazujú na rôzne reakcie, ktoré sú vyvolané spracovaním týchto signálov. Pojem tolerancia zafáženia zahŕňa nepravidielnosti v chode vlastného stroja a obvykle sa pohybuje v hodnotách niekoľkých desiatin percent.

Je zrejmé, že v intervale prevádzkových výkyvov sa k zmene zafáženia nedá jednoznačne priradiť zmena otáčok. Preto kvalita stroja určuje to, s akou citlivosťou môže realizovať kontrolu postupu. Mimo tohto intervalu je zmena otáčok daná zmenou zafáženia, a preto má pre realizáciu obrábacích postupov zadanie tolerancie otáčok rovnaký význam ako určenie tolerancie zafáženia. Táto tolerancia zafáženia je tiež uvádzaná v percentách, pričom hodnoty otáčok nemajú zásadný vplyv a kontroluje sa iba odchýlka od daného menovitého stavu. Ako je možné rozlišovať medzi normálnymi požiadavkami na zafáženie a procesnými poruchami? Rozdiel medzi touto metódou a kontrolou nástrojov bez adaptívnej regulácie spočíva v tom, že tam sa interpretuje prekročenie zadanej pra-



Obr.1 Schéma komunikácie TCAS s obrábacím strojom

hovej hraničnej hodnoty ako poškodenie nástroja, kde musí stroj byť nutne vypnutý. Ibaže vyššia požiadavka na zaťaženie môže mať mnoho príčin, a nielen neopraviteľné poškodenie nástroja. Môžu sa vyskytnúť nepravidelnosti triesky alebo tvrdšie miesta v materiále, prípadne sa môžu zmeniť rezné pomery nástroja (vrtáka). To sú normálne podmienky, ktoré sa pri niektorej z ďalších otáčok vretena samé zrušia, a preto neopodstatňujú žiadne prerušenie výroby.

Kedže je toto správanie konvenčných kontrolných systémov známe, často sa praktizuje niečo, čo pôsobí proti kontrolnej funkcii. Stanovuje sa stále vyššia prahová hodnota, ale kontrolný systém tak, bohužiaľ, stráca svoje opodstatnenie. V dôsledku to znamená, že ak má byť kontrola nástrojov prispôbovaná výrobe – nie je možná.

V systémoch TCAS sa to rieši tým, že prekročenie hraničnej prahovej hodnoty (teda pokles otáčok nad prípustnou hodnotou) vedie k zníženiu rýchlosti posuvu. Deje sa to s predpokladom, že otáčky pod záťažou sa následkom nižšieho rezného výkonu môžu „opraviť“. Ak by bolo prekročenie len krátkodobé, napr. z dôvodu nepravidelnosti triesky, príčina sa následne odstráni a pri uvedení posuvu späť na menovitú hodnotu, nedôjde k opätovnému prekročeniu tolerancie zaťaženia a postup bez hlásenia chyby pokračuje ďalej. Tento cyklus sa môže v priebehu obrábacieho procesu ľubovoľne často opakovať.

Ak nepostačuje zníženie rýchlosti posuvu na prvom stupni a tolerancia zaťaženia je stále prekročená, možno zaradiť druhý stupeň prevodu nadol. Zadávať ďalšie redukcie by už nebolo užitočné. Pri trvajúcich poruchách preto TCAS generuje signál „Feed hold“, aby umožnil chod nástroja naprázdno. Ak je však po opätovnom záreze nástroja viackrát prekročená tolerancia zaťaženia, je jednoznačné, že ide o neopraviteľnú škodu, a preto je vyslaný signál poruchy.

Poškodenie na čelnej ploche nástroja vedie k permanentnému prekračovaniu tolerancie zaťaženia. Pretože poškodenie zároveň znižuje kvalitu obrábania, je možné určením tolerancie zaťaženia zároveň definovať prípustné opotrebovanie nástroja. Preto nie je nutné do programu zadávať trvanlivosť nástroja. Zároveň je viditeľné, že pri vyšších alebo nižších požiadavkách na hranicu tolerancie musí byť tolerancia zaťaženia adekvátne posunutá.

Záver

Je známe, že nástroje majú rozdielnú kvalitu a určenie trvanlivosti nie vždy zodpovedá skutočnosti. Systémy TCAS sú schopné ohlásiť správny okamih výmeny nástroja. Napríklad: aa plochej tyče (40 x 10 x 100 mm) z materiálu 17242 boli vyrábané otvory s priemerom $D = 5,5$ mm. Na výrobu otvorov bol použitý vrták A 510 od firmy DORMER s povlakom TiN, pri rezných podmienkach: rezná rýchlosť $vc=15$ m/min, posuv $f=0,16$ mm. Najlepší nástroj mal trvanlivosť cca 30 minút, zatiaľ čo najhorší vydržal len 12 minút; stredná hodnota sa pohybovala 25 minút. Potom sa pokusy opakovali so zapnutým systémom TCAS a ukázalo sa, že doba trvanli-



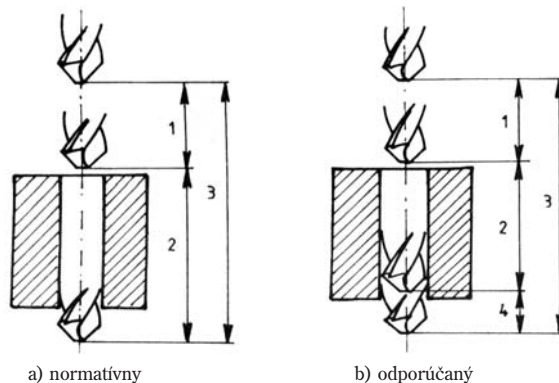
a) so systémom TCAS b) bez systému TCAS

Obr.2 Opatrebovanie vrtákov na hlavnej chrbtovej ploche, pri vrchole a pri hrote

vosti bola 40 minút. Aj v tomto prípade sa vyskytli odchýlky vzhľadom na rozptýl hodnôt, celková úroveň času sa však posunula na vyššiu hodnotu. To je priamy vplyv adaptívnej regulácie, ktorá vycytá špičkové záťaže. Porovnanie opotrebovania vrtákov zobrazuje obr. 2 [2], [3].

Ak teda bola životnosť nástroja určená podľa skúsenosti s najhorším nástrojom, dochádzalo k zbytočnej výmene ešte dobrých nástrojov. So systémom TCAS nie je potrebné zadávať dobu životnosti nástroja, ale naopak, pri zadanej tolerancii zaťaženia možno zistiť mieru opotrebovania každého nástroja, takže zbytočná výmena neopotrebovaných nástrojov odpadá.

Ďalším riešením je optimalizovať postup výroby otvorov, a to definovaním zmeny technologického cyklu (posuvu) rezného nástroja ako znázorňuje obr. 3.



1 – rýchloposuv, 2 – normatívny posuv, 3 – spätný rýchloposuv, 4 – zmenšený posuv

Obr.3 Technologický cyklus procesu vrtania [5]

Týmto návrhom sa môže predchádzať nepriaznivým vplyvom, ako je napríklad tvarovanie húževnatej triesky a jej nalepovanie na obrobok, eliminácia opotrebovania a poškodenia rezných častí vrtákov, znižovanie dynamických charakteristík rezného procesu (rezných síl). Odstránenie týchto vplyvov sa odrazí na zlepšení kvality vyrábaných otvorov [1], [2].

Literatúra

[1] CZÁN, A., Neslušán, M.: Štúdium silových pomerov pri vrtaní. *Materiálové inžinierstvo* 3/2001, s. 61 – 67. ISSN 1335-0803

[2] ČILLIKOVÁ, M., MIČIETOVÁ, A., PILC, J.: Vplyv rezných kvapalín na obrábanie. In: *Nové smery vo výrobnom inžinierstve. VI. medzinárodná vedecká konferencia*. 13. – 14. 06. 2002, KVT FVT, Prešov 2002, s. 174 – 177. ISBN 80-70099-828-8

[3] JURKO, J.: Opatrebovanie rezných nástrojov. *Strojárstvo* 6/2002, ročník VI., s. 60 – 61. ISSN 1335-2938

[4] ONDIRKOVÁ, J.: Ferrografické stanovenie opotrebenia. In: *Medzinárodná vedecká konferencia Obrábanie – výrobná technika* 2001. 2. – 3. októbra 2001, Súľov, Žilina: Sjf ŽU, 2001, s. 159 – 163. ISBN 80-7100-884-2

[5] VASILKO, K., BOKUČAVA, G.: *Technológia automatizovanej strojárskej výroby*. Bratislava, Alfa 1991, 280 s. ISBN 80-05-00806-6

Recenzoval: doc. Ing. Jozef Pilc, CSc.

Ing. Jozef Jurko, PhD.

29

**Katedra výrobných technológií
 Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove TU Košice
 Štúrova 31, 080 01 Prešov
 Tel.: 051/7722 603, kl. 149
 Fax: 051/7733 454
 e-mail: jurko.jozef@fvt.sk**