

Optimalizace obráběcího procesu

Ing. Vladislav Koukol, Prof. Ing. Jan Mádl, CSc.

Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, Horská 3, Praha 2

v.koukol@rcmt.cvut.cz; Jan.Madl@fs.cvut.cz

Anotace

Výrobní náklady představují významnou část ceny strojírenského produktu. Základním problémem současné strojírenské výroby je nedostatečná integrace technických a ekonomických parametrů v podnicích, tedy jejich nedostatečné propojení a využití pro optimalizaci pracovních podmínek na výrobních strojích a minimalizace výrobních nákladů. Oblast ekonomiky i vlastních technologických podmínek na výrobních strojích jsou dnes zcela nebo z větší část odděleny. Významnou cestou, jak snížit výrobní náklady bez dalších finančních investic na stávajícím výrobním zařízení, je nákladová optimalizace výrobního procesu. V našem případě optimalizace obráběcího procesu. Nákladovou optimalizaci obráběcího procesu můžeme provést pouze v případě prvotní analýzy technických a ekonomických faktorů, které tento proces ovlivňují, spojení těchto faktorů a poté nalezení hodnoty minimálních výrobních nákladů.

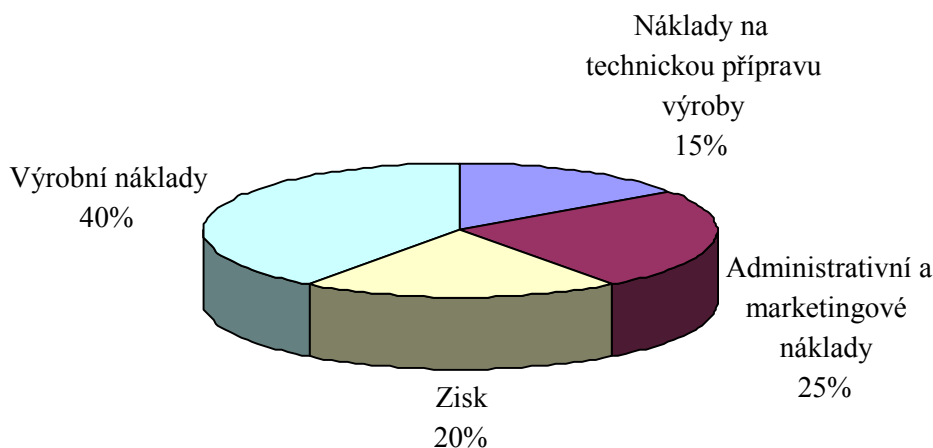
Klíčová slova

náklady, optimalizace, kritérium optimalizace, řezné podmínky

Úvod

Významnou částí světové ekonomiky je strojírenská výroba. Stále vzrůstající světová konkurence v tomto segmentu ekonomiky vytváří tlak na podniky, aby výrobky nebo služby byly produkovány s minimálními cenami, tedy i s minimálními výrobními náklady.

Výrobní náklady představují významnou část ceny strojírenského produktu.



Obr. 1.: Výrobní náklady v ceně strojírenských produktu [1]

Průběžné výsledky inovací, jak technických tak i technologických, přináší vyšší produktivitu práce a tím dochází ke snižování nákladů výroby. Tyto inovace ovšem vyžadují zpravidla dodatečné finanční investice a ve většině případů jde o značné částky. Jedním z dalších způsobů jak snížit výrobní náklady bez dalších finančních investic, je optimalizací výrobního procesu, tzn. lepší využití stávajícího výrobního zařízení.

Technologie obrábění poskytuje největší možnost optimalizace v oblasti: optimalizace řezného nástroje a optimalizace řezných podmínek, včetně trvanlivosti nástroje. Optimalizace



pracovních podmínek, zejména řezných, je dnes jedním z nejslabších článků technologické přípravy výroby. Hlavním důvodem je nedostatečný důraz na problematiku, vzájemného vztahu ekonomiky a pracovních podmínek obráběcího procesu.

Proces třískového obrábění je ovlivněn značným množstvím faktorů. Proto i optimalizace řezných podmínek je poměrně náročná vzhledem k množství vstupních dat ve srovnání s ostatními technologiemi. Do výpočtů vstupují jak data technická tak i ekonomická.

Optimalizace řezných podmínek se realizuje

- podle optimalizačního kritéria,
- v rámci omezujících podmínek daných výrobními podmínkami.

Při optimalizaci řezných podmínek vycházíme z optimalizace řezného nástroje. Podstatou optimalizace řezných podmínek je stanovení optimálních hodnot těchto podmínek (hloubka řezu, posuvu a řezné rychlosti) a též optimální trvanlivosti nástroje. A to podle optimalizačního kritéria v rámci určitých optimalizačních podmínek.

Proč optimalizovat

Základním optimalizačním kritériem je optimalizace z hlediska výrobních nákladů. Proto můžeme podle tohoto kritéria stanovit řezné podmínky obrábění takové, za kterých se daný operační úsek obrobí s minimálními náklady obrábění. Výstupem jsou optimální řezné podmínky a výrobní náklady. Před optimalizací řezných podmínek je vhodné optimalizovat výběr obráběcího nástroje. Je tak možné porovnávat jednotlivé nákladové varianty, jak pro různé výrobní stroje, tak pro různé nástroje.

Podklady pro optimalizaci

Vstupy pro nákladovou optimalizaci řezných podmínek můžeme rozdělit do několika skupin:

vstupy ekonomické, pro nákladovou optimalizaci řezných podmínek je nutné znát skutečné náklady obrábění. Před samotnou optimalizací řezných podmínek tedy musíme provést analýzu struktury nákladů pracoviště a jejich vztah k jednotce výkonu nebo činnosti;

vstupy technické, pevně dané, vstupují do procesu optimalizace jako omezující podmínky. Omezení týkající se obráběcího stroje, nástroje a obrobku. Dále je nutno uvažovat omezení dané komplexním Taylorovým vztahem a stabilitu procesu řezání. Stabilitu je vhodné řešit především geometrií nástroje, případně při výskytu chvění řešit stabilitu dodatečným zásahem do pracovních podmínek.

vstupy časové, slouží pro ocenění výkonů (činností), stanovení kapacity, sledování využití pracoviště a jako normativy;

empirické konstanty, tvoří velmi cennou a důležitou skupinu dat pro optimalizaci. Pro optimalizaci řezných podmínek je prvořadým a nezbytným podkladem vzájemná empirická relace mezi řeznými podmínkami a trvanlivostí nástroje.

Všechny tyto skupiny se **musí vzájemně propojit**. Toto se v našich podnicích vesměs nerealizuje, resp. realizuje nedostatečně nebo i nesprávně.

Podle toho jak přesná data nám vstupují do procesu optimalizace, tak jsme schopni se přiblížit optimálním (minimálním) nákladům.

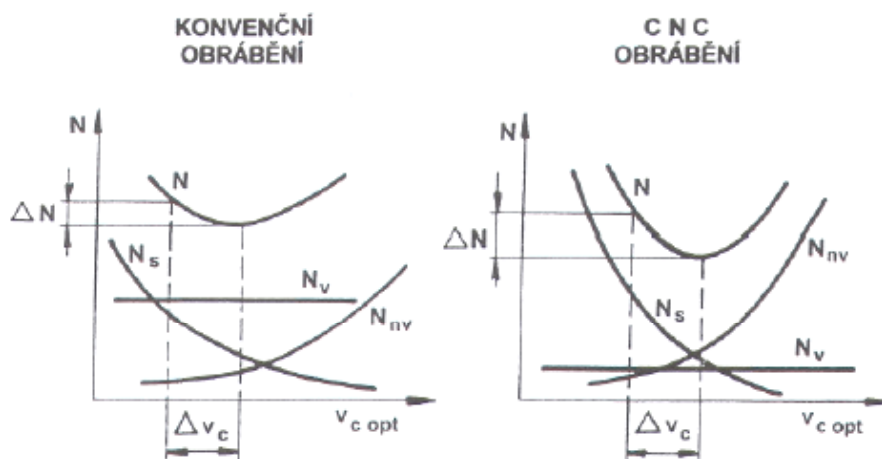
Princip nákladové optimalizace

Principem nákladové optimalizace řezných podmínek je nalézt minimální hodnotu výrobních nákladů obrábění. Podle kritéria optimalizace z hlediska výrobních nákladů, můžeme vyjádřit vztah pro minimalizaci nákladů:

$$N = N_s + N_n + N_{vn} = \min,^1$$

kde: N - jsou výrobní náklady na uvažovaný operační úsek (Kč)
 N_s - náklady na strojní práci na operační úsek (Kč)
 N_n - náklady na nástroje vztažené na operační úsek (Kč)
 N_{vn} - náklady na výměnu břitové destičky vztažené na operační úsek (Kč)

Pro tyto minimální náklady se určí optimální trvanlivost nástroje a na základě této znalosti stanovíme řezné podmínky obrábění. Na obr. 2, vidíme průběh chování složek výrobních nákladů (N_s , N_v a N_{nv}) a celkových výrobních nákladů (N), v závislosti na řezné rychlosti při použití konvenčních strojů a CNC strojů.



Obr. 2.: Závislost výrobních nákladů N a jejich složek na řezné rychlosti v_c . Dle [1] (N_s – náklady na strojní práci; N_{nv} – náklady na nástroje a jejich výměnu; N_v – náklady na vedlejší práci).

Využití nákladové optimalizace

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že CNC obrábění má strmější průběh nákladových křivek než konvenční obrábění. Z toho plyne, že stejná diference řezné rychlosti od svého optima má za následek větší diferenci výrobních nákladů. Podle velikosti odchylky skutečně nastavené řezné rychlosti od její optimální hodnoty můžeme určit ztráty vznikající při obrábění. Tento obrázek podává jasný důkaz o tom, proč je nutné optimalizovat řezné podmínky, speciálně u moderních CNC zařízeních.

Současný stav v procesu optimalizace

Stanovení technologických parametrů se realizuje vesměs na základě technických principů bez vazby na nákladové položky. Jsou používány doporučené pracovní podmínky od výrobců nástrojů. Optimální podmínky jsou však různé v různých podnicích, v závislosti na jejich nákladové struktuře.

¹Tento vztah pro optimalizaci výrobních nákladů neuvažuje položky, které nejsou závislé na řezných podmínkách



Software pro optimalizaci

Optimalizaci řezných podmínek nelze chápat jako proces, který aplikujeme bez znalosti výrobních podmínek a možností podniku, proto i většina komerčně nabízených softwarů nejsou ve skutečnosti softwary optimalizační. Jde u nich obvykle o určitá směrná doporučení. Pro skutečnou optimalizaci je nutný vstup řady dat, které jsou závislé na výrobních podmínkách a možnostech podniku.

Implementace optimalizace

Od roku 2000 probíhá ve Výzkumném centru strojírenské výrobní techniky a technologie při Českém vysokém učení technickém v Praze, fakulty strojní, projekt s názvem Výzkum vysoce výkonných a ekologických způsobů obrábění. Jedním z dílčích úkolů v projektu je také nákladová optimalizace obráběcího procesu.

Níže uvedený způsob řešení optimalizace obráběcího procesu byl aplikován na pracovištích významných českých společností zabývajících se strojírenskou výrobou. Byly zjištěny rezervy ve výrobních nákladech, které se pohybovaly od 15% - 30% v závislosti na výrobních podmínkách a přesnosti vstupních dat.

Způsob řešení problematiky na našem pracovišti (především se zaměřením na obrábění – lze aplikovat v modifikované podobě i na další technologie):

- Stanovení hodinové režijní sazby
 - Stanovení časového fondu pracoviště
 - Přiřazení režijních nákladů pracoviště
- Výpočet optimálních trvanlivostí z hlediska nákladů
- Výpočet optimálních řezných podmínek postupným způsobem
- Výpočet výrobních nákladů při srovnávání možných výrobních variant
- Aplikace optimálních pracovních podmínek
- Stanovení výrobních nákladů pro optimální variantu výroby

Závěr

Optimalizace obráběcího procesu se dotýká každého podniku který obrábí a představuje významnou oblast ekonomiky těchto podniků. V současné době je nákladová optimalizace řezných podmínek v podnicích využívána jen velmi málo. Důvodem je pravděpodobně její náročnost na vstupní data. Ekonomické rezervy plynoucí z vlastního výrobního procesu na stávajícím výrobním zařízení podniků bývají často značné a nebývají vždy plně doceněny. Je v zájmu podniků je využívat. Tato nepříznivá skutečnost plyne z nedostatečného respektování základních technologických a ekonomických vazeb. Obvykle je snahou řešit ekonomické obtíže jinými prostředky, zejména investiční politikou. Přitom mnoho problémů je možné řešit na stávajícím výrobním zařízení. Pokud je v podniku zájem snižovat výrobní náklady, je prvním krokem zajistit podložené informace o skutečnosti z výroby, tedy spojení technické stránky výroby s ekonomickou a výrobu řídit na jejím základě.

Tyto výsledky byly získány za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje 1M6840770003.

Použitá literatura

- [1] MÁDL, Jan; KVASNIČKA, J.: Optimalizace obráběcího procesu. Praha : ČVUT FSI, 1998. 168 s. ISBN 80-01-01864-6.
- [2] ZELENKA, Antonín; PRECLÍK, Vratislav. Racionalizace výroby. Praha : ČVUT FSI, 2004. 132 s.
- [3] ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů. Praha : ČVUT FSI, 1983. 188 s.



- [4] ZELENKA, Antonín; PRECLÍK, Vratislav; HANINGER, Milan. Projektování výrobních procesů II. Praha : ČVUT FSI, 1992. 158 s.
- [5] ZELENKA, Antonín; KRÁL, Mirko. Projektování výrobních systémů. Praha : ČVUT FSI, 1995. 365 s.
- [6] BENHABIB, Beno. Manufacturing: Design, Production, Automation and Integration. New York, USA: Marcel Dekker, Inc. 2003, 589s. ISBN:0-8247-4273-7.

Optimisation of cutting parameters

Vladislav Koukol, MSc., Jan Mádl, Prof., PhD.
Research centre for manufacturing technology, Horská 3, Praha 2
v.koukol@rcmt.cvut.cz; Jan.Madl@fs.cvut.cz

Introduction

Optimisation of the machining process affects each company, which provides machining and represents an important economical area of these companies. Economical funds arise from their own manufacturing process on existing manufacturing equipment and are often extensive and aren't always fully valued. It's on use of companies' interest. This adverse reality comes from insufficient respect of basic technologies and economical continuity. Usually is an effort to solve economical difficulties with different means, especially with capital policy. Many problems could be solved on existing machining equipment. If it's in the company interest to decrease manufacturing costs, the first is to provide the manufacturing current information.

Process of the optimisation cutting parameters

Process of the cut machining is influenced with a lot of factors. Therefore optimisation of the cutting parameters is quite difficult in the view of necessary input data in comparison with other manufacturing techniques. Both economics and technical data enter to computations. Technique of the cutting machining offers significant opportunity in the process of the optimisation in these domains: optimisation of the cutting tool and the optimisation of the cutting parameters including tool life. The first step in this process is the selection of the suitable cutting tool (today, mainly the optimisation selection of the suitable tools) and a consideration of the possibility its substitute. Very often are used unsuitable tools in the view of economic and technology. It is possible to compare each cost variation, both for different tools and for different machines. Optimisation working conditions, especially cutting conditions, these days is the weakness link in the pre production phases. The main reason is insufficient accent on the relation, between economic factors and working conditions of the cutting process.

Application of the cost optimisation of the manufacturing process

Defining the optimal tool life comes out the costs, which arise by machining and this is the base for further purpose to define cutting speed, which has the biggest impact on the tool life. Each company has different structure of the overhead costs, and this is the reason why values of the optimal tool life are not universal. The optimum value of the cutting speed can be found in the point of minimum of the total manufacturing costs (sum of the tool costs and their substitutions, cost of the machine cutting). The biggest savings, acquired by the cost optimisation of the cutting conditions, we can expect at expensive CNC machines.



Conclusion

For the cost optimisation of the cutting conditions is necessary, to join both economics and technical factors and then come up greater integration in the company managing. This is not very often realized in industrial companies or it is realized but insufficient or incorrectly. In compliance, how precise data are entering into the process of the optimisation, then we are able to reach the optimal (minimal) costs.

The results of the project 1M6840770003 were financially supported by the Ministry of Education of the Czech Republic.

