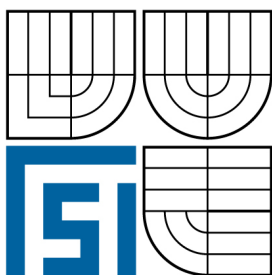


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STUDIE EKONOMIKY TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

THE STUDY OF ECONOMICS OF TOOLING TECHNOLOGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. DUŠAN ONDRÁŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

Téma diplomové práce je zaměřeno na získání metodiky pro rozhodování výrobního manažera pro výběr technologie, vhodného nářadí a řezných nástrojů ke konkrétní zakázce nebo výrobnímu programu. Posouzení výrobního procesu z aspektů procesního řízení a vazeb na ekonomiku tohoto procesu. Analýza a zhodnocení technologických i ekonomických aspektů výrobního procesu třískového obrábění CNC technologiemi v reálném prostředí je zaměřena na oblast nářadí, jeho výběr, nákup, hospodárnost i spotřebu. Na tomto základě je provedeno i procesní řízení technologie obrábění a vyjádření možného měření ekonomickými ukazateli, jako je hospodárnost, produktivita práce, rentabilita apod.

Provedená analýza důležitých faktorů a parametrů tohoto procesu ukázala vliv na ekonomiku firmy. Z firemních podkladů a provedeného průzkumu bylo vytvořeno několik modelových případů, jejichž výstupem je základní metodika. Výstup analýzy naznačuje možné směry manažerského rozhodování a díky komplexnímu technicko-ekonomickému pohledu může sloužit jako metodická pomůcka při rozhodování o vhodné technologii i řezném nástroji, včetně zlepšení řízení a ekonomiky výrobního procesu.

Klíčová slova: Ekonomika a hospodárnost, třískové obrábění, CNC technologie, řezný nástroj, produktivita, optimalizace, životnost nástroje.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis addresses issues related to obtaining methodology for the production manager's decision-making process in the field of technology selection, suitable tooling and cutting tools selection for a specific order or particular production plan. Evaluation of the manufacturing process while taking into consideration complexion of process controlling and contexture to the economy of this process. Analysis and evaluation of technological and economical aspects of a manufacturing process of the CNC chip machining in a real environment is targeted on the field of tooling, its selection, purchase, economy and consumption. The process controlling of technology is based on this analysis as well as the formulation of measuring by economic indicators such as economy, productivity, profitability etc. The analysis of important factors and parameters of this process demonstrated an influence on economy of the company. Several model cases have been created from the company records and from the provided research, the output of which became a basic methodology. The output of the analysis indicates possible directions of a management decision making. Thanks to a complex technical-economic view this thesis can serve as a methodological instrument for decision makers in the field of technology and cutting tool selections as well as an economy of production process improvement.

Key words: Economy and efficiency, chip machining, CNC technology, cutting tool, productivity, optimisation, tool life.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ONDRÁŠEK, D. *Studie ekonomiky technologie obrábění: Diplomová práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 101 s., 14 příloh. Vedoucí práce prof. Ing. Marie Jurová.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Studie ekonomiky technologie obrábění vypracoval samostatně s použitím firemních zdrojů, odborné literatury i pramenů, uvedených v seznamu použitých zdrojů, pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 16. května 2008

.....
Dušan Ondrášek

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Marii Jurové za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce a děkuji všem pracovníkům firem, kteří poskytli cenné informace a zodpověděli dotazy při prováděném průzkumu.

OBSAH

TITULNÍ LIST	Chyba! Záložka není definována.
ZADÁNÍ	Chyba! Záložka není definována.
ABSTRAKT	3
ABSTRACT	3
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 CÍL PRÁCE	12
2 POSLÁNÍ PODNIKU	13
2.1 PODNIK A MANAGEMENT	13
2.2 VÝROBNÍ MANAGEMENT	14
2.3 OKOLÍ PODNIKU	15
3 TRÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ CNC TECHNOLOGIEMI V PRAXI	16
3.1 PRODEJNÍ CENA PRÁCE NA CNC STROJÍCH	17
3.2 STRUKTURA A STÁŘÍ STROJNÍHO PARKU	20
3.3 TRENDY PARAMETRŮ PROVOZU STROJŮ	22
3.4 VLIV ČASOVÉHO FONDU A SMĚN	27
3.5 OBJEM VÝROBY A CNC TECHNOLOGIE	30
3.5.1 VELKOSÉRIOVÁ A HROMADNÁ VÝROBA	31
3.5.2 SÉRIOVÁ VÝROBA	33
3.5.3 KUSOVÁ A ZAKÁZKOVÁ VÝROBA	35
4 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE	37
4.1 PŘEHLED FAKTORŮ PŘI NÁVRHU TECHNOLOGIE	37
4.2 PŘEHLED FAKTORŮ PŘI NÁVRHU NÁSTROJE	39
4.2.1 ROZHODUJÍCÍ FAKTORY DLE PRACOVNÍ FUNKCE	40
4.2.2 PRACOVNÍCI TPV, TECHNOLOGOVÉ, PROGRAMÁTOŘI	40
4.2.3 PRACOVNÍCI NÁKUPU, LOGISTIKY, MTZ	42
4.2.4 VLIV ČASU NA ROZHODUJÍCÍ FAKTORY	44
4.3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ EKONOMIKU OBRÁBĚNÍ	45
4.3.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY	45
4.3.2 VEDLEJŠÍ PARAMETRY A VLIVY	46
5 NÁŘADÍ - ŘEZNÉ NÁSTROJE	47
5.1 NORMOVÁNÍ SPOTŘEBY NÁŘADÍ	50
5.2 TRVANLIVOST A ŽIVOTNOST	53
5.3 ŘÍZENÍ A OPTIMALIZACE ZÁSOB NÁŘADÍ	54
5.4 HOSPODÁRNOST VOLENÉHO NÁSTROJE	57
6 POPIS STAVU VE VYBRANÉ FIRMĚ	61
7 PŮVODNÍ ŘEŠENÍ A OPTIMALIZACE	64
7.1 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH NÁKLADŮ A ČASŮ	64
7.2 ALGORITMIZACE OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ	66
8 ANALÝZA VLIVU PARAMETRŮ ŘEZNÉHO NÁSTROJE	69
8.1 DEFINICE PARAMETRŮ	70
8.2 MODELOVÉ PŘÍKLADY	70
8.3 VLIV PARAMETRŮ	73

8.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MODELOVÝCH PŘÍKLADŮ	74
8.5 EKONOMICKÁ BILANCE REÁLNÝCH OPERACÍ	75
8.5.1 VLIV ZMĚNY PARAMETRŮ	75
8.5.2 VLIV VLASTNÍHO A NAKUPOVANÉHO NÁSTROJE	78
8.5.3 VLIV OSTATNÍCH PARAMETRŮ	79
8.5.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ A HODNOCENÍ	81
8.6 VLIV VLASTNÍHO A NAKUPOVANÉHO NÁSTROJE NA OBJEM ZÁSOB	83
8.7 VLIV PARAMETRŮ NA NESHODNOU PRODUKCI	84
8.8 VLIV PARAMETRŮ NA OBJEM ZÁSOB	86
8.9 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ	87
9 NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ A METODIKA	89
9.1 METODIKA	89
9.2 VYUŽITÍ VOLNÝCH KAPACIT STROJE	90
9.2.1 PODMÍNKY PRO KOOPERAČNÍ VYUŽITÍ KAPACIT	91
9.3 PODMÍNKY METODY	93
9.4 OSTATNÍ PŘÍNOSY	94
10 ZÁVĚR	96
Seznam použitých podkladů	97
Seznam použitých symbolů a zkratk	99
Seznam příloh	101

ÚVOD

Rozvoj průmyslu a strojírenství je v ČR hlavním motorem nejen pro zlepšování základních makroekonomických ukazatelů, ale i pro rozšiřování aplikací moderních technologií a postupů. Přílivem kapitálu v podobě zahraničních investic a postupným rozvojem i budováním celé řady firem dochází k aplikacím špičkových technologií a sofistikovaných postupů, které ve svém důsledku zvyšují produktivitu výrobních procesů.

Strojírenské technologie jsou neustále zdokonalovány a zlepšovány a ve všech jejich úrovních jsou propojeny s ekonomickými a manažerskými kontrolními a řídicími postupy i metodami.

Technologie třískového obrábění je z pohledu historie relativně mladou technologií, jejíž skutečné počátky spadají do období průmyslové revoluce a prudký rozvoj nastal až v první polovině 20. století. Významný podíl spočíval především v automobilovém průmyslu, jehož nástup umocňovala touha i potřeba člověka pohybovat se a přepravovat materiály a výrobky do vzdálenějších míst. Postupné zvyšování poptávky ve druhé polovině 20. století vedlo k rozšíření sériové a hromadné výroby i do jiných oborů průmyslu a tím byla vyvolána vysoká poptávka po vědecko-technickém rozvoji jednotlivých technologií a jimi dosahovaných parametrů. Mezi obory s nejvyšším podílem růstu patří po automobilovém průmyslu především průmysl letecký, vojenský a energetika. Každý průmysl má několik sektorů, forem i segmentů a každý z nich vyžaduje různé technologie, materiály i ekonomické a organizační přístupy. Současné úrovně technologií by nebylo dosaženo bez nasazení logických obvodů, řídicích systémů a dalších prvků výpočetní techniky, která umožnila vyšší stupeň využití strojů a zařízení, výrobních linek, včetně řídicích, organizačních, ekonomických a pomocných procesů. (7)

Strojírenství má ve většině technologií v ČR velmi dlouhou historii a je to náš tradiční obor. Z historického pohledu však došlo k jeho krátkému útlumu v první polovině 90. let. Tento útlum způsobil všeobecný nezájem o strojírenské obory a k úplné revitalizaci, i přes pozitivní vývoj, nedošlo dodnes. Deficit kvalifikovaných pracovníků technických profesí od absolventů učebních oborů až po absolventy vysokých škol (VŠ) v celé řadě případů paradoxně pomohl urychlit aplikaci produktivních technologií třískového obrábění a celého výrobního procesu tohoto oboru. V mnoha případech tak došlo ke skokové změně postavené na aplikaci nejmodernějších technologií a nekonvenčních metod, automatizovaných a robotizovaných pracovišť, vysoce výkonných rezných materiálů a nástrojů, upínacích, manipulačních, kontrolních a diagnostických systémů, ale došlo i ke změnám v organizaci a řízení pracoviště.

Zvyšováním úrovně strojírenství postaveném na vysoké úrovni vzdělávání, vývojových projektech, aplikacích nových technologií, vlastních kvalitních výrobcích s vysokou životností a užitnou hodnotou při optimální ceně, je základním faktorem pro udržení tohoto oboru v ČR a snížení předpokládaného odlivu směrem na východ. Globální trh si však vyžaduje také globální spolupráci a mezinárodní projekty i konkurenční spolupráce jsou dnes spíše nutností než chloubou a předností strojírenských firem.

Třískové obrábění je ve srovnání například s technologií slévání, konkrétně pak přesnou metodou vytavitelného modelu, velmi drahou technologií. Bez obrábění však nelze zabezpečit výrobu velmi přesných součástí, dílů a sestav, které zvyšují životnost výrobků a zlepšují jejich provozní a funkční vlastnosti (spolehlivost). Technologie třískového obrábění je mezioborově spojena s celou řadou vědních oborů (matematika, fyzika, chemie) a je podmíněna ekonomickými a manažerskými aspekty. Současné možnosti třískového obrábění na CNC strojích a obráběcích centrech umožňují, díky výsledkům vědy, výzkumu a praxi, aplikaci několika druhů technologií do jednoho stroje a při kumulaci operací, několika pracovních prostorech, několika upnutých kusech nebo vícevřetených strojích dochází k vysokým úsporám neproduktivních časů a k rapidnímu růstu produktivity práce. Správně naprojektované pracoviště s vysokou úrovní automatizace, mechanizace a počítačové podpory, umožňuje díky vícestrojové obsluze strojů a zařízení nejen vysokou kvalitu produkce, flexibilitu a krátkou průběžnou dobu výroby, ale především vysokou konkurenceschopnost výroby a tím i postavení podniku na trhu.

Většina českých strojírenských firem, které chtějí nejen „přežít“, ale i růst a expandovat, v současném vysoce konkurenčním prostředí, musí trvale zvyšovat produktivitu práce a vyhodnocovat efektivitu všech vynaložených nákladů, především však nákladů výrobních. Kromě přímých (jednicových) nákladů na materiál a mzdy hrají nejdůležitější roli náklady přímo spojené s vyráběnou produkcí. Někdy se tyto režijní náklady definují pod pojmem výrobní režie a režijní materiál.

Kalkulační vzorec na výpočet hodinových nákladů stroje, výrobní režie a režijního materiálu na jednotku produkce, se u jednotlivých firem liší, nicméně u moderních technologií třískového obrábění na CNC strojích v sériové, velkosériové a hromadné výrobě, jsou z výrobních režijních nákladů nejdůležitější většinou náklady na řezné nástroje včetně všech procesů s nimi spojených (seřízení a prostoje, skladování a manipulace, ostření, neshodná výroba).

Správná volba technologie, řezného nástroje a řezných podmínek, nám zajistí zvýšení výkonnosti obrábění, jeho nejvyšší životnost při maximálním počtu vyrobených kusů a minimálních nákladech, ale také zlepšení integrity povrchu. Z toho také vyplývá nutná kontrola zvolené technologie a potřeba speciálního kalkulačního vzorce nebo metodiky, která jde nad rámec běžných „výrobně-technologických“ a ekonomických standardů firmy.

Převážná většina manažerů a vedoucích pracovníků výroby řeší řadu důležitých problémů jednotlivých procesů, ale v mnoha případech se jedná o operativní zásahy a okamžitá rozhodnutí spojené s tzv. „hašením požárů“. Taktéž celá řada rozhodnutí a zavedených praktik v oblasti technologie řezných nástrojů je založena na „pocitech“ a „přesvědčení“, byť někdy podložené vlastní praxí, odborností a dostupnou teorií. (příloha č. 1 a č. 7)

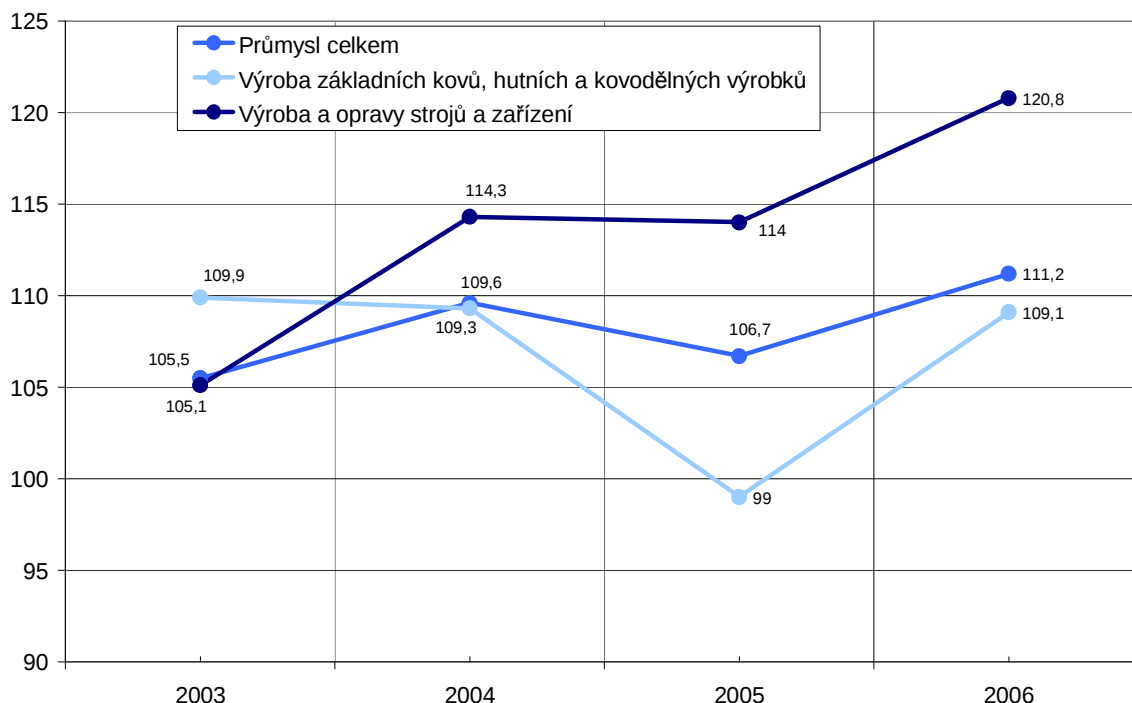
Další problém spočívá v tendenci řešit prioritně operativní problémy, díky čemuž nejsou řešeny systémové prvky, činnosti a procesy, které mají podstatný vliv na výši nákladů a výnosů a strategicky ovlivňují budoucnost firmy.

Základní úvaha ke zlepšení a zjednodušení části výrobního procesu tedy směřovala k řízenému a kontrolovatelnému snížení celkových nákladů spojených s procesem obrábění, zvláště pak řezných nástrojů. Touto formou získáme vhodné podklady ke správným manažerským rozhodnutím, při nalezení odpovědí na otázky typu: co je důležité, jakou to má váhu, co se stane když, kdo ovlivňuje daný problém, kdo za něho odpovídá, kdo rozhoduje?, atd. Z pohledu manažera pak tato problematika umožní lépe plánovat, organizovat, vyhodnocovat i kontrolovat a následně zlepšovat.

Společně s vhodnou stimulací a motivací by jednotliví pracovníci získali jasnou představu a vhodný matematický model k posuzování efektivnosti navržené technologie obrábění u nových výrobků i k posuzování technologických změn u již zavedené technologie na stávající výrobní produkci.

Poznatky uvedené v této práci jsou výsledkem několika provedených průzkumů, rozboru v několika výrobních společnostech a ze získané praxe ve výrobní firmě s vysokým podílem technologií třískového obrábění s CNC obráběcími stroji.

Do projektu byly použity informace, výstupy a zdroje z průzkumu více než 50 výrobních firem a více než 200 pracovníků různých firem. Tři firmy pak byly zdrojem hlavních informací a praktických zkušeností.



Graf 1.1 Graf znázorňuje index průmyslové produkce (předchozí rok odpovídá 100 %). Od roku 2003 je patrné každoroční zvyšování celkové průmyslové produkce a velmi výrazné zvyšování výroby a oprav strojů a zařízení. (23)

1 CÍL PRÁCE

Základní cíl Studie ekonomiky technologie obrábění spočívá v komplexním posouzení výrobního procesu a jeho schopnosti efektivní transformace vstupů na výstupy a posouzení z aspektů procesního řízení a jeho vazeb na ekonomiku.

Na modelových příkladech a podkladech získaných z reálného prostředí, ověříme vazbu a vliv jednotlivých parametrů i podmínek. Na základě ekonomického posouzení získáme metodiku vhodnou pro rozhodování při výběru, aplikaci a vyhodnocení zvolené technologie na konkrétní zakázku nebo výrobní program.

Úvaha na zlepšení celkové ekonomiky technologie obrábění spočívá ve zvýšení efektivnosti výroby maximálního množství jakostních výrobků za jednotku času, při minimálních nákladech. Tento proces při optimálně navržené technologii ovlivňuje nejvíce řezný nástroj, při jehož správně zvolených řezných podmínkách získáme maximální životnost při nejkratším možném strojním čase a snížených neproduktivních časech (výměna, seřízení, prostoje, měření).

Vzhledem k tomu, že pracovníci výroby, technologie, nákupu, logistiky a v mnoha případech také controllingu (resp. ekonomického úseku), řeší nejčastěji dílčí náklady a tyto nejsou vzájemně propojeny do jednoho celku, z něhož vyplývá skutečný vliv celkových nákladů na možné výnosy nebo ztráty výrobního procesu, musí navržená metodika podpořená kalkulačním vzorcem (v sešitě programu Excel) zahrnovat všechny skutečné náklady a jejich vazby. Od často opomíjených nákladů na skladování, manipulaci a seřizování, až po ztráty za prostoje a neproduktivní časy, zpravidla nejdražších aktiv výrobních provozů třískového obrábění, CNC obráběcích strojů. Pro univerzálnost použití nebude předmětem metodiky určování vazeb a vlivů mezi přímými a nepřímými náklady případně variabilními i fixními náklady.

Tato studie řeší souhrnně reálnou ekonomiku a hospodárnost procesu obrábění s řeznými nástroji, ve vzájemné vazbě všech aktivit a činností spojených s efektivním výrobním procesem ve výrobní firmě. Navržená metodika společně s dílčími závěry a vytvořenými tabulkami může sloužit jako pomůcka při rozhodování a řízení výrobního procesu. Usnadní zavedení systémových prvků a pomocí optimalizace dosáhnout lepších ekonomických výsledků firmy.

2 POSLÁNÍ PODNIKU

2.1 PODNIK A MANAGEMENT

Základním smyslem podniku je zabezpečit společnost funkčními, estetickými, bezpečnými a kvalitními produkty při minimálních nákladech.

Tento požadavek lze zajistit optimálním a efektivním využitím práce, technologie, kapitálu, energie, materiálu a informací. Jelikož všechny zdroje jsou v omezeném množství a zpravidla se vzájemně ovlivňují, je základním úkolem managementu firmy zajistit jejich nejlepší využití tak, aby byly splněny cíle podniku a akcionáře. **Mezi základní cíle lze zařadit nepřetržité uspokojování potřeb zákazníků, zaměstnanců a akcionářů.** Podnik je tedy nástrojem pro zhodnocování kapitálu jeho vlastníků a zároveň je podnik institucí pro výkon podnikatelské činnosti.

Podnik (firmu) je možné ze systémového pohledu posuzovat jako otevřený, stále se opakující proces, který získané vstupy transformuje pomocí svých interních procesů na výstupy. Firma je společenství lidí, kteří se spojili k zabezpečování hmotných statků a různých činností pro jiné lidi - zákazníky, za účelem dosažení vlastního prospěchu a zisku. (1, 5)

Klíčem k úspěchu managementu je umění řídit v podmínkách neustálých změn, řídit inovativně a s rychlou realizací inovačních strategií, využívat změn jako příležitostí pro úspěch, zvyšování zisku a k eliminaci rizik. Management lze chápat jako vztah mezi řídicím a řízeným prvkem. Pro správnou funkci a chod firmy se považují za základní prvky managementu čtyři oblasti:

- **Plánování** (výběr úkolů, cílů a činností, alternativy, optimalizace, vyhodnocování, kontrola, evidence).
- **Organizování** (koordinace, identifikace, klasifikace, seskupování, cíle, odpovědnosti, pravomoci).
- **Stimulování** (ovlivňování, stimuly, motivace, chování, aktivity).
- **Kontrola** (měření a kontrolování, vyhodnocování, plánování, odchylky, opatření, zlepšování).

Schopnost realizovat všechny firemní procesy, které jsou společně provázány a vzájemně se ovlivňují, je vymezeno následujícími pěti funkcemi managementu.

- **Technická** (výzkum, vývoj, inovace, technologie, příprava, kalkulace, normování, kvalita, změny, archivace, bezpečnost).
- **Obchodní** (marketing, prodej, podpora, reklama, propagace, servis).
- **Personální** (řízení lidských zdrojů, vyhledávání, výběr, přijímání, vzdělávání, příprava, vyhodnocování, komunikace, kultura).
- **Ekonomická** (finanční zdroje, kapitál, cash flow, náklady, controlling, účtování, oceňování, investice, hodnocení, analýzy, rizika).
- **Výrobní** (výroba, plánování, logistika, zásobování, skladování, opravy a údržba, diagnostika, odpady, ekologie). (4)

2.2 VÝROBNÍ MANAGEMENT

Východiskem výrobního procesu je trh a z něho vyplývající uspokojení potřeb a požadavků zákazníků. Výrobní management je součástí podnikového managementu, který společně s dalšími oblastmi zabezpečuje naplňování těchto potřeb za současného zhodnocování kapitálu.

Vlastní proces řízení výroby je třeba vidět jako složitý proces úkolů týkajících se základních rozhodnutí i zaměření výkonů – **strategické** řízení, jejich zabezpečování – **taktické** řízení, i rozhodování o ekonomickém provádění probíhajících procesů – **operativní** řízení.

Není rozhodující pouze JAK, CO a KDY vyrobit, ale ČÍM, KDE a PRO KOHO. V celém výrobním managementu musí platit základní princip hospodaření spočívající v zajištění optimálního vztahu ke zhodnocování vstupů na výstupy.

Produkce, výroba a výrobní proces jsou cílevědomou činností, která je základem existence lidské společnosti. Výrobky a služby (hmotné i nehmotné ekonomické statky) jsou přetvořené výrobní vstupy. Výrobní proces potřebuje k vytvoření přidané hodnoty a nové užité hodnoty několik faktorů.

Základními výrobními faktory jsou:

Práce – lidský kapitál, cílevědomá činnost, kterou člověk tvoří hodnoty a uspokojuje tím svoje potřeby. Práci lze považovat za faktor vyspělé ekonomiky, protože čím je ekonomika vyspělejší, tím je dražší lidská práce a tvoří podstatnou část z nákladů na výrobu výrobku nebo zajištění služeb. Je ovlivněna úrovní vzdělání, kvalifikací, praxí a tvořivostí pracovníka, který je nositelem pracovní síly. V tržně orientovaném prostředí s funkčním konkurenčním prostředím je práce hodnocena a posuzována na základě potřeb vyžadovaných ze strany zákazníků. Tím dochází k velmi významným diferencím mezi jednotlivými pracovními činnostmi a ovlivňování celého cyklu (výchova-vzdělávání-očekávání-uplatnění).

Přírodní zdroje – půda, suroviny, nerostné bohatství a všechny ostatní přírodní zdroje.

Kapitál – může být fyzický hmotný i nehmotný majetek, finanční majetek, výrobně technologické činitele – výrobky, které fungují dlouhodobě a uplatňují se hlavně v procesu výroby.

Tyto tři základní výrobní faktory přinášejí důchod, rentu, mzdu a zisk.

Úroveň řízení výroby má z hlediska výše pohledu na řízenou problematiku a z hlediska času několik úrovní:

1. Strategická úroveň (vytvoření strategie a její aktualizace, dlouhodobé plánování, koncepce trhu, výrobků, zdrojů a konkurenční pozice, ekonomické a sociální důsledky).

2. Taktická úroveň (uskutečnění strategie a dosažení konkurenční výhody, určení šíře a hloubky výrobního programu, rozhodování o vybavení výrobního systému a jeho organizaci).

3. Operativní úroveň (plánování, organizování, výroba a kontrola v reálném čase a prostoru, krátká doba rozhodování i plánování).

Ve výrobě a výrobním managementu je klíč k realizaci marketingové koncepce a k dosažení konkurenční výhody firmy. K docílení konkurenční výhody vedou dvě základní cesty:

1. Jedinečnost v nákladech (management, systém, proces, organizace, plánování, kontrola, vývoj – výzkum – technologie - výroba, výrobní náklady, produktivita, nákup, organizace).

2. Jedinečnost ve výrobku (inovace, spolehlivost, životnost, využitelnost, bezpečnost, účinnost, záruka, jakost, servis a podpora, značka, marketing).

Ekonomika výroby je založena na efektivním a hospodárném využití majetku, nakládání s pracovními silami a lidskými zdroji, využívání materiálu, energií a služeb. (2, 5)

2.3 OKOLÍ PODNIKU

Podnik je obklopen okolím, kterým je neustále ovlivňován a nucen chovat se určitým způsobem. Tento způsob podmiňuje dosažení stanovených cílů a také způsob i formu jejich dosahování. Podnik však může současně toto okolí ovlivňovat a zvyšovat tak svou šanci na úspěch. Čím více dokáže podnik své okolí ovlivnit a čím méně je nucen svým okolím ovlivňovat své zájmy, cíle, procesy a postupy, tím je podnik úspěšnější a zvyšuje svou konkurenční výhodu. Okolí podniku se člení na:

- geografické,
- politické,
- právní,
- ekonomické,
- ekologické,
- technologické,
- sociální,
- etické,
- kulturně historické.

S přihlédnutím k danému tématu je nejdůležitější okolí technologické.

Technologické okolí dává výrobním společnostem neustále nové příležitosti ke zvýšení účinnosti a efektivnosti výrobního procesu. Pokud se rozhodne běžná výrobní společnost využívat své stávající technologie až do jejich životnosti, může dojít nejen k zastarávání stávajících výrobků, ale i ke snížení obchodních příležitostí, konkurenceschopnosti firmy a tedy i existence podniku. Technologické okolí je tedy nutné sledovat minimálně stejně aktivně a důsledně jako například ekonomické. (5)

3 TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ CNC TECHNOLOGIEMI V PRAXI

Technologie třískového obrábění pomocí NC a CNC strojů a zařízení má relativně krátkou historii. Od jejich počátků v 70. letech se tyto technologie neustále zdokonalují a tento dynamický trend se předpokládá i v následujících letech.

Z počátku velmi jednoduché programovatelné NC stroje s jedním vřetenem a ruční výměnou nástroje zabíraly velkou výrobní plochu a jejich produktivita nebyla významně vyšší než u konvenčních strojů. Díky své vysoké pružnosti a stupni automatizace se zpočátku osvědčily především v malosériové výrobě a díky možnosti obrábět složité tvarové rovinné a prostorové plochy i v kusové výrobě. (15)

Výpočetní technika a počítače zvyšovaly možnosti programování, konstruování, modelování i simulace včetně řízení a kontroly funkce stroje a průběhu výrobního procesu. V průběhu předcházejících dvaceti let však prošla konstrukce strojů, použitých materiálů a řídicích systémů tak rychlým vývojem, že dnešní špičkové stroje a obráběcí centra nahradí i desítky operací běžně zajišťovaných na konvenčních strojích. Dlouhá životnost strojů, vysoká produktivita práce, dosahovaná geometrická i pracovní přesnost a polohování, tak umožnila masové rozšíření CNC technologií i přes několik překážek v podobě vysoké pořizovací ceny, mnohdy problémovému servisu a dodávkám náhradních dílů (zpravidla ze zahraničí, problém s jazykovou vybaveností), kurzovými vlivy, dodací lhůtou i náročností přípravy výroby.

Modulární konstrukce strojů umožňují nejen jejich efektivní výrobu, servis, údržbu a provozování, ale také velmi snadné přizpůsobení stroje na technologii potřebnou k obrábění daného výrobního sortimentu. Dnešní stroje umožňují snadný a jednoduchý přístup k jejich programování, vzdálené kontrole, diagnostice i servisním úkonům. CNC stroje a obráběcí centra mohou být konstruovány jako specializované jednoúčelové stroje vhodné pro hromadnou i velkosériovou výrobu, stroje pro široký sortiment výrobků s několika různými technologickými operacemi, ale také stroje kombinované s montážními, kontrolními a měřicími i balicími operacemi. K obráběcím strojům se čím dál častěji doplňují robotizované jednotky, jejichž automatizace a mechanizace umožňuje nejen vkládání a vyjímání kusů ze stroje, ale také další úkony snižující potřebu lidské práce. Výkony strojů se díky vývoji jejich částí a sestav neustále zvyšují. Hranice otáček vřeten se vyšplhala na $30\,000\text{ min}^{-1}$, u vysokorychlostního obrábění na $60\,000\text{ min}^{-1}$ (u center s magnetickým uložením vřetene až na $200\,000\text{ min}^{-1}$) při výkonech 30 kW a životnosti $1000 \div 10\,000$ hodin. Lineární pohony a kinematika umožňují zrychlení až na úroveň 3 g (běžně pak do $0,8 \div 1\text{ g}$). Rychlosti rychloposuvu již přesáhly úroveň $100\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a dostaly se až na úroveň $120\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ (běžně $\sim 50\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$). Neproduktivní časy způsobené prodlevami při výměně nástrojů jsou mezi jednotlivými operacemi (čas třískatříska) zkráceny na 1,2 s (běžně $3 \div 4\text{ s}$). Objektivně je však třeba říci, že výkon, dynamický rozsah i úroveň parametrů zkracují životnost dílčích prvků stroje a zkracují časový cyklus do střední nebo generální opravy.

3.1 PRODEJNÍ CENA PRÁCE NA CNC STROJÍCH

Z ekonomického hlediska patří technologie CNC obrábění mezi finančně náročné technologie. Na rozdíl od technologií tváření, u kterých se velmi drahý nástroj používá v provozu několik desítek až tisíc hodin bez podstatného zásahu na obnovu nebo údržbu, je technologie třískového obrábění velmi náročná na provozní kapitál díky velmi rychlé obměně poměrně nákladných prvků, mezi které patří řezné nástroje a jejich ostření a seřizování, řezné prostředí, upínače, nástrojové držáky atd. Díky rychlému opotřebování na rozdíl od technologie tváření si kladou vyšší nároky na měřicí a kontrolní techniku, kterou je nutné (vzhledem ke změnám rozměrů řezných nástrojů) častěji měřit, vyhodnocovat a následně provádět korekce v řídicím systému stroje.

Ekonomický parametr, zohledňující všechny náklady obsažené v kalkulačním vzorci, je se započtením zisku (marže) konečným parametrem, který zákazník spatřuje obvykle v nabídkové nebo nákupní ceně. Pro posouzení trhu výrobních kapacit třískového obrábění s CNC technologiemi byl proveden průzkum výše prodejní ceny hodiny práce na CNC strojích. Cena je uvedena bez DPH a je v ní započten i zisk. Doprava a jiné specifické podmínky jsou řešeny samostatně (dávky, čištění, balení).

V ČR se v letech 2007-2008 pohybuje běžná prodejní cena hodiny práce na přesných a výkonných obráběcích CNC strojích pro třískové obrábění nejčastěji v intervalu od 800 do 1200 Kč za hodinu práce (graf 3.1). Cena hodiny práce se odvíjí především z vysokých pořizovacích nákladů na pořízení stroje, příslušenství a potřebného výrobně-technologického vybavení včetně odborného obslužného personálu (programátor, seřizovač, údržbář).

Pořízení nových běžných obráběcích strojů pro třískové obrábění menších a středních obrobků je vzhledem k ceně ($2 \div 15$ mil. Kč) velmi dobře připravenou a výpočty podloženou investicí.

Stroje s nejlepšími výkonnostními parametry (otáčky, výkon včetně rychloposuv), pracovním prostorem a příslušenstvím se špičkovými technologickými možnostmi, jsou o více než 50 % dražší než běžný standard. Univerzální obráběcí centra umožňují svou konstrukcí šestistranné obrábění výrobků. Kombinace soustružení a frézování a vyvrtávání je doplněna o broušení nebo také obrážení.



Obr. 3.1 CNC frézka STAMA MC331 (SRN) s otočným paletovým stolem pro snížení doby výměny obrobku.

Nadstandardní výbava spočívá například ve 4. a 5. ose, více pracovních prostorech s výměnnými paletami nebo upínači, několik obráběcích vřeten obrábějících synchronně v jednom pracovním cyklu, úhlové a zrychlující hlavy, dlouhotočné lunety, automatizované přídatné zásobníky předseřazených nástrojových držáků, polotovarů i výrobků.

Pomocná zařízení k měření a kontrole výrobku, laserové bezkontaktní sondy, dotykové a optické nástrojové sondy (měření délky i průměru, kontrole opotřebení a zlomení nástroje) a obrobkové sondy (identifikace ustavení obrobku, jeho polohy a rozměrů).

Pro HSC obrábění (vysokorychlostní obrábění - HSC High Speed Cutting) i vysoce přesné obrábění malých obrobků se specifickými požadavky je u CNC strojů aplikována aktivní kontrola a redukce vibrací, detekce a analýza nevyváženosti pracovního stolu stroje a také detekce s analýzou a aktivní kompenzací teploty u vybraných částí stroje (vřetena, pouzdra, vodící prvky).

Vysokotlaké chladičské zařízení (s tlakem řezné kapaliny i nad hranici 100 barů) a mikronovou filtrací společně s vnitřním chlazením nástrojů prostřednictvím nástrojových držáků se aplikuje stále častěji a již není výsadou jen specifických operací (hluboké vrtání, vrtání vysoce legovaných ocelí, korozivzdorných ocelí a těžkoobrobitelných slitin). Pomocí vysokotlakého chlazení řeznou kapalinou lze při přesném nasměrování trysek mezi čelo nástroje a spodní plochu třísky docílit rychlého odvodu třísky a tím také snížení opotřebení nástroje. Tímto způsobem můžeme docílit zvýšení řezných podmínek a zkrátit čas obrábění nebo prodloužit trvanlivost.

Také přídatné odměřování pro seřizování a korigování nástrojů, zařízení na separaci a odstraňování třísek z pracovního prostoru, jejich sběr a doprava do sběrných nádob, vizuální i zvuková signalizace stavu stroje (majáky, sirény, zvukové signály), bezpečnostní prvky (světelné brány, senzory a čidla pohybu) jsou téměř běžným standardem. Pro vysoké výkony obrábění je používáno nepřímé chlazení částí strojů, motorů, vřeten i upínačů. Nepřímé chlazení zvyšuje životnost, zlepšuje spolehlivost a snižuje příčiny negativně ovlivňujících přesnost stroje nebo počet zásahů údržby.

Zprovoznění pracoviště si kromě samotného stroje s příslušenstvím vyžaduje celou řadu dalších investic a podmínek. Kromě potřebného kvalifikovaného a proškoleného personálu jak v dělnických, tak v technických profesích, což je dnes jeden z největších problémů, je to soubor dalších investic a nákladů, aktivit a činností (pokud již nejsou ve firmě realizovány).

Pro přípravu technologie je potřeba vhodný softwarový produkt, na němž je možné připravit nejen řídicí program, ale také provést simulaci obráběcího cyklu s nastavením takových parametrů a okrajových podmínek, jako tomu bude přímo na pracovišti výrobního provozu. Dnešní možnosti této počítačové podpory jsou již na vysoké úrovni a existuje celá řada nejen vhodných CAD-CAM systémů, ale i speciálních výukových i simulačních systémů (například SINU-TRAIN od firmy SIEMENS).



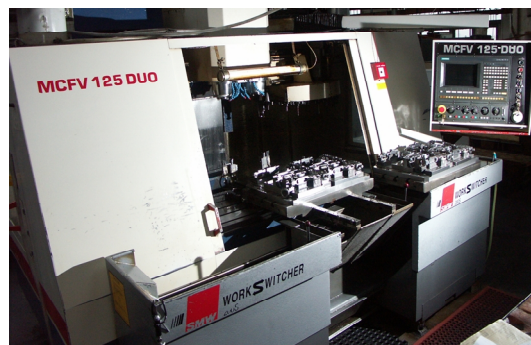
Obr. 3.2 CNC soustruh INDEX G200 (SRN) s hlavním vřetenem a protivřetenem má celkem 12 řízených os a všechny pozice pro 28 nástrojů umožňují provádět i operace frézování. Díky vysokotlakému zařízení (max. 60 barů) lze provádět i hluboké vrtání.

Mezi další investice lze zařadit například potřebné kontrolní a měřicí zařízení, náhradní sady nástrojových držáků a nástrojových systémů, seřizovací přístroje, zabezpečení ostření nástrojů, manipulaci a výdej řezných nástrojů atd.

V ČR se používají obráběcí centra vyrobená u nás i v zahraničí. Ze zahraničí jsou to nejčastěji stroje německé, švýcarské a italské výroby, méně často pak stroje anglických, španělských a rakouských firem. V posledním období se zvyšuje podíl strojů z USA, Japonska a Jižní Koreje.

Vybrané názvy výrobců a dodavatelů obráběcích strojů, s nimiž se můžeme setkat v ČR nejčastěji:

TAJMAC - ZPS, KOOSVIT MAS, TOS Varnsdorf, TOS Kuřim, INTOS Žebrák, TOS ČELÁKOVICE, STAMA, INDEX, TRAUB, HERMLE, BURKHARDT, STARRAGHECKERT, WYSSBROD, PFIFFNER, TORNOSA, KELLENBERGER, MAZAK, DECKEL MAHO GILDEMEISTER, TBT, CHIRON, SORALUCE, KRYLE, CINCINETI, HAAS, BROTHER, MORI-SEIKI, MITSUBISHI, OKUMA, NAKAMURA, MATSUURA, KITAMURA, HITACHI, SUGINO, HYUNDAI-KIA, DAEWOO.

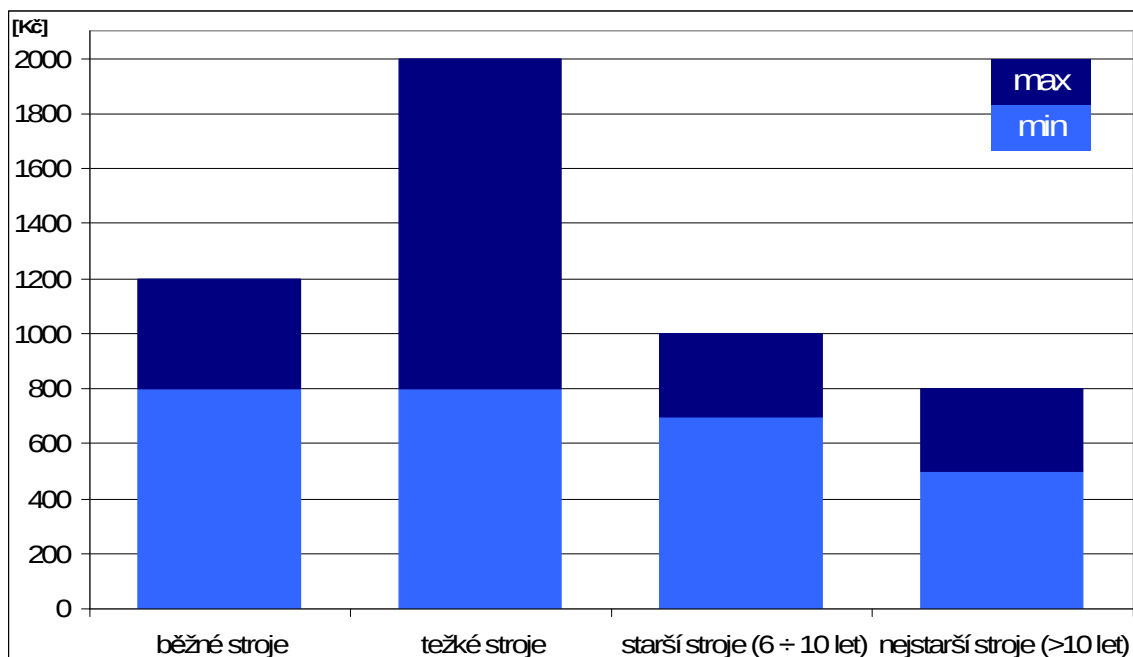


Obr. 3.3 CNC frézka MCFV 125 DUO firmy Tajmac-ZPS (ČR). Dvě vřetena, 2 x 24 nástrojů a paletová výměna výrazně zvyšují produktivitu.

Zvláštní skupinu tvoří stroje pro obrábění velkých a těžkých obrobků (odlitky, svařence, výpalky), CNC horizontální a vertikální frézky a vyvrtávačky, CNC karusely, apod. Cena těchto strojů se pohybuje v řádech desítek miliónů korun a jejich instalace a zprovoznění si vyžaduje zpravidla pečlivou projektovou a následně i stavební přípravu (základy, dráhy a tratě, jeřáby nebo manipulační ramena). Nevýhodou těchto strojů je velmi problematické začlenění do stávajících výrobních prostor (struktura základů, rozměry vstupních vrat, výška pod jeřáb, el. rozvaděč, kolejová vlečka, apod.). Běžná prodejní cena hodiny práce se pohybuje od 600 Kč do 900 Kč (u technologií konvenčních) a od 800 do 2000 Kč u CNC. Využití těchto strojů je zpravidla pro menší série nebo pro typizované výrobky. Seřízení těchto strojů je ve srovnání od menších a středních CNC strojů velmi časově náročné (řádově několik hodin) a vyžaduje vysokou kvalifikaci obslužného personálu. Využití těchto strojů je vzhledem nákladům na pořízení i samotným provozním nákladům většinou spojeno i s kooperační výrobou, resp. prodejem volných kapacit stroje jiným firmám.

Nižší hodinové náklady pod 800 Kč jsou pouze u starších technologií, které jsou zpravidla již účetně odepsány a nejsou tedy zatíženy odpisy, leasingovými nebo úvěrovými splátkami. Provoz těchto strojů je však velmi výhodný, protože náklady na jejich provoz spočívají především na opravy, údržbu i ND a samozřejmě v nákladech provozních (TPV, programování, řezné nástroje, nástrojové držáky, řezná kapalina, upínače, přípravky, seřizování, obnova, apod.).

Nejnižší sazby pod 600 Kč na hodinu jsou pak u velmi starých technologií, které jsou již málo výkonné, často poruchové a méně přesné. Slouží většinou pro výrobu několika málo operací nebo pro jednu konkrétní operaci. Na těchto strojích nelze dlouhodobě plánovat a realizovat sériovou výrobu a spolehlivě plnit závazky svým odběratelům. Riziko poruchovosti je příliš vysoké a dosahovaná kvalita produkce je příliš nízká.



Graf 3.1 Výše prodejní ceny hodiny práce na CNC strojích dle typů a stáří. Tmavě modré pole zobrazuje interval prodejní ceny od minima do maxima v Kč/hod. (příloha č. 2)

Prodejní cena za hodinu práce na CNC strojích se liší dle firemních nákladů započtených v kalkulaci, výši režijních nákladů, kapacitního vytížení strojů, způsobu přípravy práce a její náročnosti, ale také pokud si materiál, řezné nástroje, upínáče nebo měřidla dodá zákazník sám.

Část průzkumu prodejní ceny byla provedena přímým oslovením vybraných firem a byla požadována cena ve struktuře Nhod/materiál/prodejní cena. (příloha č.2)

3.2 STRUKTURA A STÁŘÍ STROJNÍHO PARKU

Neustále probíhající výzkum a vývoj konstrukce strojů společně s nově aplikovanými materiály a inovacemi vycházejících z požadavků trhu a z praxe na základě zpětné vazby, zkracuje inovační cyklus. Kontinuální přísun novinek a inovačních změn na CNC strojích nutí firmy obnovovat strojní park nejen z důvodu obměny za staré, již dosluhující zařízení, ale z důvodu udržení konkurenceschopnosti firmy a tím i udržení nebo zvyšování tržního podílu a prosperity firmy.

Vzhledem k velmi silnému marketingu je mnoho inovací v podobě nových funkcí a zlepšených nebo rozšířených parametrů zákazníkům prezentováno jako skoková změna nebo klíčový prvek k úspěchu. V praxi je však v mnoha případech celá řada těchto zlepšení nevyužita a výrobní proces z pohledu technologického ani ekonomického nijak neovlivňují. V průběhu delšího časového období výrobci strojů připraví v rámci inovačního cyklu skutečně významnou skokovou změnu nebo se v některých ohledech stanou průkopníky nového směru i technického řešení, které se po určitou dobu chová jako nutný standard a umocňuje touhu zákazníků po jejich vlastnictví. (16)

Strojírenské firmy, které vyrábí CNC stroje a obráběcí centra v posledních letech zkracují životnost svých výrobků a z obráběcích strojů se stává spotřební zboží. Prvním důvodem jsou výkonnostní parametry a druhým je systematickým zkracování životního cyklu výrobku podpořené marketingem a rychlejším přísunem inovací. U některých strojů vyrobených v posledních pěti letech již nelze předpokládat, že se s nimi v provozu setkáme v následujících deseti letech. Morální a technické zastarání stroje je sice důvodem k jeho obměně za stroj nový, ale v mnoha případech je jeho provozování na dané operaci dostatečné a vzhledem k potřebám a sériovosti plně vyhovující. V celé řadě českých firem se můžeme setkat s NC a CNC stroji starými 10 až 20 let. Nové stroje stejné značky již však stejnou dobu životnosti nemají a náklady na jejich údržbu jsou po uplynutí 6 až 10 let na tak vysoké úrovni, že je potřeba tyto stroje vyřadit, provést modernizaci nebo generální opravu. Modernizace strojů provedená na základě konstrukce starého stroje je běžnou záležitostí a některé modernizované stroje postavené na původní konstrukci dosahují v dílčích oblastech lepších parametrů než stroje nové (vibrace, tuhost). Ekonomika jejich provozu i cena modernizace je z pohledu návratnosti vložených prostředků výhodnější. Často se také postupuje prodejem již využitého a zaplaceného stroje třetí straně za relativně nízkou cenu.

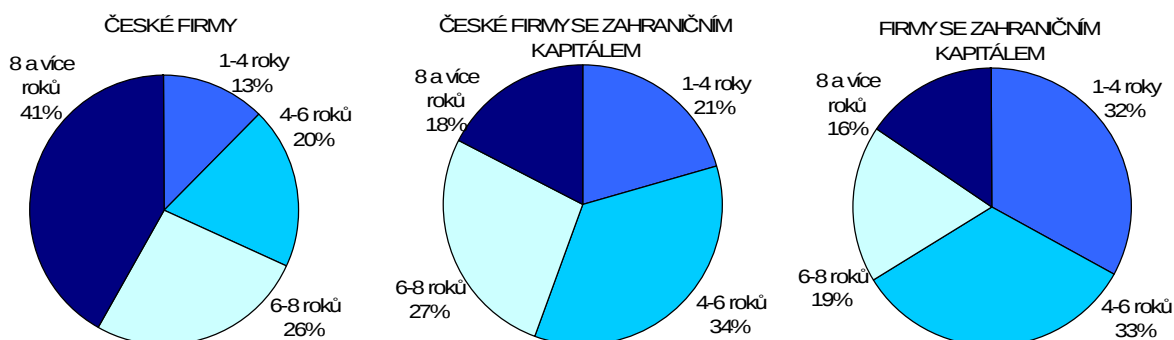


Obr. 3.4 Fotografie CNC strojů starší výroby stále využívaných v nepřetržitém provozu. Zleva: CNC frézka se čtyřmi vřeteny a paletovou výměnou SORALUCE CMV-4H (rok výroby 1986, Španělsko), CNC frézka se třemi vřeteny a 4. osou s výměnným systémem upnutých obrobků WYSSBROD MC 510 3N (r.v. 1988, Švýcarsko), NC stroj pro hluboké vrtání otvorů se čtyřmi vřeteny a automatizovanou manipulací s polotovary i výrobky TBT M500-4-1200NC (r.v. 1995, SRN).

Úroveň nasycení strojírenských firem CNC technologiemi je na dobré úrovni a vzhledem k rostoucím prodejem nových strojů má pozitivní trend. V porovnání se zahraničními firmami však české firmy (s dlouhou historií) využívají stále vyšší počet konvenčních strojů než konkurenční firmy v zahraničí.

Při obecném pohledu na stáří používaných strojů lze konstatovat, že **čím vyšší má firma jedinečnost ve svém výrobku a službách, a čím slabší a menší je počet jejich konkurentů, tím nižší je riziko při provozování starších strojů a technologií.**

Z provedeného průzkumu vyplývá, že většina českých firem má sklony k maximálnímu využití starých strojů. V praxi to znamená, že dokud je stroj schopen provozu, je i přes vyšší náklady na jejich provoz a údržbu, provozován až do úplného odstavení způsobeného ukončením výroby ND, nemožností opravy, vysoké zmetkovitosti a problematické bezpečnosti. Pokud některá firma vlastní uvedených strojů více, jsou z těchto problémových strojů „kanibalizovány“ součásti a prvky, které jsou demontovány a použity pro udržení provozuschopnosti stroje druhého. Cyklus obnovy je tedy u českých firem delší, než je běžné například v SRN, Rakousku, Švýcarsku apod.



Graf 3.2 Struktura průměrného stáří CNC strojů dle typů firem. (příloha č. 3)

U firem s vyšším podílem (více než 50 %) nebo plným podílem zahraničního kapitálu, případně firem založených na „zelené louce“ bylo průzkumem zjištěno, že odstavení a obnova CNC strojů a zařízení je prováděna v kratším časovém intervalu a je tím dosahováno nejen vyšší produktivity, ale aplikací nejmodernějších technologií se zvyšuje konkurenceschopnost firmy a tím i možnost zvýšení ziskovosti nebo zajištění vyššího podílu na trhu. (příloha č.3)

3.3 TRENDY PARAMETRŮ PROVOZU STROJŮ

Konstrukce i použité materiály dnešních strojů umožňují dosahovat vysoké výkonnosti a přesnosti. Tempo zvyšování hodnoty rychloposuvů, výměn nástrojů a velikosti pracovních prostorů si vyžádalo nejen velmi kvalitní vodící plochy, využívání valivého vedení, lineární pohony, elektrovřetena, účinné převodovky a hydraulické systémy, ale také zvyšování aktivních bezpečnostních prvků, senzorů a snímačů, které vyhodnocují stav a provoz stroje a optimalizují jeho funkce za účelem snížení opotřebení a životnosti stroje i jeho částí. Moderní stroje jsou schopny tyto údaje online zobrazovat na displeji panelu operátora, uchovávají historii těchto údajů a zobrazují kritické situace a minima i maxima.

Nejnovější trend umožňuje dokonce bezdrátový přenos těchto údajů na mobilní telefony nebo internetové stránky, včetně alarmu u odpovědného pracovníka (vedoucí pracoviště, dispečer, údržbář nebo servisní pracovník).

Dálkovou diagnostiku a monitoring je možné propojit s adaptivním řízením a provádět tak optimalizaci parametrů obrábění. Nevýhoda dálkové diagnostiky a monitoringu však spočívá v absenci nastaveného standardu, který by umožnil efektivní propojení různých strojů a řídicích systémů se kterými se na pracovišti můžeme setkat.

Životnost stroje ovlivňuje kromě provozu stroje a samotného procesu obrábění celá řada dalších negativních faktorů. Díky nim se zvyšuje opotřebení a zkracuje životnost strojního vybavení a ve svém důsledku se zvyšují režijní náklady na provoz stroje nebo pracoviště a prodlužuje návratnost investice do tohoto vybavení. Pro maximální využití této technologie je nutné systematicky zjišťovat i analyzovat příčiny prostojů a na základě výsledků přijímat opatření vedoucí k jejich eliminaci.

Plýtvání aktivami i lidskou prací ovlivňuje negativně produktivitu výrobního procesu i důležité poměrové ukazatele, jejichž limity i trendy vyžadují akcionáři, banky a jiné subjekty závislé na formě financování aktivit firmy (včetně institucí posuzujících požadavky na různé formy dotací). Většinu ztrát z plýtvání lze účinně snížit nebo úplně odstranit.

Mezi nejčastější příčiny problémového stavu strojů patří:

- kolize stroje vlivem nesprávné obsluhy operátorem a seřizovačem;
- kolize stroje vlivem odlaďování programu nebo chybami v programu;
- kolize vlivem nahodilých chyb ve výrobním procesu (nečistoty, rozměry polotovaru, výpadky el. energie, stlačeného vzduchu);
- nesprávně zvolená technologie a její vliv na prvky stroje;
- nesprávně zvolený rezný nástroj nebo rezné podmínky;
- nesprávně zvolené pracovní prostředí (procesní kapaliny a jejich stav);
- nedbalost a nedostatečná kvalifikace, praxe a vzdělání pracovníků;
- přetěžování stroje manuální změnou parametrů (zrychlením posuvů na ovládacím panelu operátora);
- přetěžování stroje vlivem opotřebení nástroje a zvýšením rezných sil;
- neprováděná preventivní i běžná údržba stroje a diagnostika;
- špatně provedená údržba nebo výměna dílů stroje;
- provozní podmínky okolí (teplota, vlhkost vzduchu, prašnost) a nevhodné umístění stroje (tuhost, vibrace, elektromagnetické rušení, hlučnost);
- nevhodné nebo žádné využití systémových možností řídicího systému (adaptivní řízení, omezující kritéria a parametry)
- absence kontrolních a bezpečnostních prvků (samozhášecí systém, kontrola zlomení nástrojů, kontrola vysunutí polotovaru, kontrola odebrání polotovaru);
- opotřebení upínacích a vodicích ploch;
- nízká / vysoká upínací síla (poškození závitů, nevhodná regulace);
- nedostatečná komunikace mezi zainteresovanými pracovníky;
- nevhodná organizace a kontrolní mechanismy.

Čím nižší stupeň kontrolních, bezpečnostních a záznamových prvků obráběcí stroj má, tím více chyb a havarijních událostí zůstává neidentifikováno a příčiny zvýšené poruchovosti nebo nákladů na údržbu a servis jsou neoprávněně přičítány „nekvalitně zkonstruovanému a špatně vyrobenému stroji, nevhodné technologii i reznému nástroji“.

V těchto ohledech je vždy vhodné prověřit možnost nákupu a instalace dodatečných kontrolních prvků nebo alespoň kamerového systému. Vhodnými organizačními postupy, kontrolními mechanismy včetně administrativního zpracování chybových hlášení, poruch a oprav, lze snížit náklady na opravy stroje zpravidla o více než 50 %.

Rostoucí počet poruch i prostorů CNC strojů má zásadní vliv na tyto faktory:

- termínové plnění zakázky (ohrožení spokojenosti zákazníka);
- délku průběžné doby výroby (včetně následných plánovaných zakázek);
- zvýšení rozpracované výroby a tím i „zmrazených“ financí v oběžných zásobách;
- nutnost přeplánování výroby (např. ERP, MRP I, II, III, APS, Kanban);
- zvýšení prostojů u následujících pracovišť s dalšími operacemi;
- možnost nahromadění zastavené produkce a vznik úzkého místa;
- obsazení potřebných výrobních a skladových ploch;
- vícenáklady na provizorní řešení (přeseřízení druhého stroje, výroba odlišnou technologií, kooperace apod.);
- organizační řešení obslužného personálu (přesun pracovníků na jiné pracoviště, náhradní volno, apod.);
- ukazatel vnitřní neshodné výroby (zastavením a opětovným spouštěním nebo přeseřením se zvyšuje výskyt neshodných výrobků), zhoršení způsobilosti procesu.

Při navrhování a projektování pracovišť v sériové výrobě se osvědčují následující pravidla:

- zajištění zaměnitelnosti strojů (například stroje stejného typu i výrobce);
- zajištění zaměnitelnosti nebo duplicity technologií (uchování původní technologie, duplicitní technologie, kooperační partner);
- snížit plánované kapacitní vytížení pracoviště o skutečné prostoje (obsahující například pravidelnou i nepravidelnou údržbu), které nelze eliminovat a plánovat v mezích reálně dosažitelného časového fondu.

Obecně jsou dnešní trendy jednotlivých provozně-ekonomických parametrů obráběcích strojů závislé na několika základních faktorech:

- kvalitě konstrukce a výroby stroje, jeho tuhosti, řídicím, kontrolním a bezpečnostním prvkům;
- výkonnosti stroje a jeho limitům (maximální výkon/doporučený výkon);
- systému údržby, její kvalitě a formě (včetně vlivu ND);
- zvolené technologii, řezných nástrojů a obráběcích podmínek;
- režimu provozu stroje (směnnost, přestávky, okolí, prostředí);
- požadované přesnosti stroje a velikosti a četnosti výrobní dávky;
- způsobu upnutí obrobků a nástrojů.

Následující trendy vybraných parametrů byly zjištěny v průběhu desetiletého sledování ve výrobním podniku s více než 110 CNC stroji různých typů i technologií od několika výrobců, provoz strojů byl u více než 90 % z nich nepřetržitý. Současně byly tyto trendy zjišťovány z informací externích servisních techniků a spolupracujících firem s podobnou technologií.

- **Náklady na stroj** – Nejčastější způsob financování CNC technologií je pomocí cizích zdrojů (finanční, operativní nebo zpětný leasing, podnikatelský úvěr, investiční úvěr, půjčka). Nejvyšší jsou tedy počáteční náklady díky akontaci nebo první splátce úvěru. Další náklady jsou vzhledem k délce odpisu a platbám za úvěr konstantní. Po splacení stroje jsou již přímé náklady za pořízení stroje nulové. Díky tomu klesá hodinová sazba za provoz stroje. Pokud je daná technologie v rámci konkurenčního prostředí vyhovující, je období po zaplacení stroje nejvýnosnější částí životního cyklu CNC stroje (bez zahrnutí ostatních vlivů). Snižování nákladů za pořízení stroje je možné při opakovaně realizovaných nákupech u stejného dodavatele, případně odběrem více strojů v jediném obchodním kontraktu. V praxi se nejlépe osvědčil systém vyjednávání o výši ceny nejprve pro jediný stroj a následně rozšířit poptávku na dodávku dalších strojů a požadovat tak další snížení ceny a bonusy. S rostoucím počtem strojů byly dodavatelem snižovány marže a vstupní náklady na stroj byly nižší nebo byly poskytnuty výrazné slevy na další příslušenství stroje, servis nebo školení zaměstnanců.
- **Náklady na jakost** – Bezprostředně po instalaci jsou náklady na neshodnou výrobu díky optimalizaci technologie (nástroje a podmínky) a postupnému zapracování obslužného personálu (operátoři, VD) a pomocného personálu (seřizovači nástrojů apod.) vysoké. Po několika týdnech nebo měsících dochází k poklesu nákladů na jakost a k ustálenému stavu, v němž je procento neshodné výroby na optimální (tj. velmi nízké) úrovni. S vyšším počtem odpracovaných hodin a s vyšším počtem servisních zásahů postupně vzrůstá podíl neshodné výroby. Prodlužuje se také doba seřízení stroje a zvyšuje se četnost kontroly a měření. Z uvedených důvodů také rostou náklady na provozování a obnovu kontrolního a měřicího zařízení (včetně kalibrace). Po uplynutí pětiletého provozu se zvýšily počty neshodných výrobků i počty opravitelných výrobků. Díky změnám v dosahované přesnosti stroje je nutná vyšší úroveň dohledu obsluhy stroje na výrobní proces a vyšší četnost měření výrobků.
- **Přesnost stroje** – Vysoká geometrická přesnost stroje (přímost, rovnoběžnost, kolmost, obvodové házení) je v prvních dvou až třech letech provozu téměř konstantní. Pouze v prvních měsících provozu vykazuje opakované měření vyráběných součástí mírné odchylky a zvýšený rozptyl. Důvodem je „zabíhací“ proces, při kterém dochází ke vzájemnému opotřebení funkčních ploch a prvků stroje, ovlivňujících výkonnost i přesnost. Po čtyřech až pěti letech běžného provozu se přesnost stroje postupně zhoršuje a především u operací kde je nutný nájezd a obrábění ve třech a více osách současně je tento jev znatelný. Zkušenost z CNC frézky vypovídá o zhoršení přesnosti o 50 ÷ 150 % (např. z $\pm 0,01$ mm na 1000 mm zhoršení na $\pm 0,02$ mm). U CNC soustruhů pak o 50 – 100 % (z $\pm 0,01$ mm na 1000 mm zhoršení na $\pm 0,015$ mm). Zvyšuje se četnost korekcí prováděných obsluhou a některé technologické uzly je nutné ošetřit i změnou řídicího programu. Vzrůstá četnost odchylek a vad, které zatěžují změnové řízení a způsobují prodlužování průběžné doby výroby, zvyšování rozpracované výroby a tím i vázaných finančních prostředků v oběžných aktivech. Průběh zhoršování přesnosti stroje může ovlivnit spokojenost zákazníka a z tohoto důvodu je nutné věnovat technologii, výrobě, kontrole a údržbě zvýšenou pozornost. Zákazník očekává při dlouhodobé spolupráci zlepšující trendy díky rutinnímu provozu a zavedenému systému zlepšování.

Pokud je součástí SMJ vyhodnocován index způsobilosti procesu nebo stroje a je zaznamenáno zhoršení ukazatelů, musí být v rámci statistické regulace procesu navržena opatření. Je-li hodnota $C_m < 1,33$ znamená to, že stroj není schopen bezpečně a trvale vyrábět v požadované toleranci. Navrhovaná opatření mnohdy neodstraní příčinu, ale pouze snižují riziko předání neshodného výrobku na další operaci nebo jeho expedici k zákazníkovi. Mění se požadovaná četnost předepsaných kontrol i měření nebo kontrolní plány. Provádí se také korekce technologie (změna řezných podmínek a způsob obrábění) nebo je požadován zásah údržby. V mnoha případech jsou však tyto náklady na opravu nebo výměnu některých dílů stroje natolik vysoké, že je výhodnější provozovat stroj při nižší přesnosti, ovšem za splnění podmínky minimalizace posunu neshodné výroby na další pracoviště například zvýšenou kontrolou a tříděním výrobků. Přesnost stroje se už dále zhoršuje minimálně.

Ze sledování provozu skupiny několika shodných strojů s totožným výrobním sortimentem nebylo po šestém roce provozu stroje zjištěno žádné další výrazné zhoršení přesnosti vyráběné produkce. Pro minimalizaci finančních ztrát za neshodnou produkci, případně nepravidelné avšak velmi vysoké náklady za opravu stroje, je vhodné vyhodnocovat dlouhodobou způsobilost procesu a provádět pravidelnou analýzu způsobilosti stroje. Z těchto hodnot lze zjišťovat trendy a na jejich základě definovat úkoly k odhalení příčiny a opatření k minimalizaci následků.

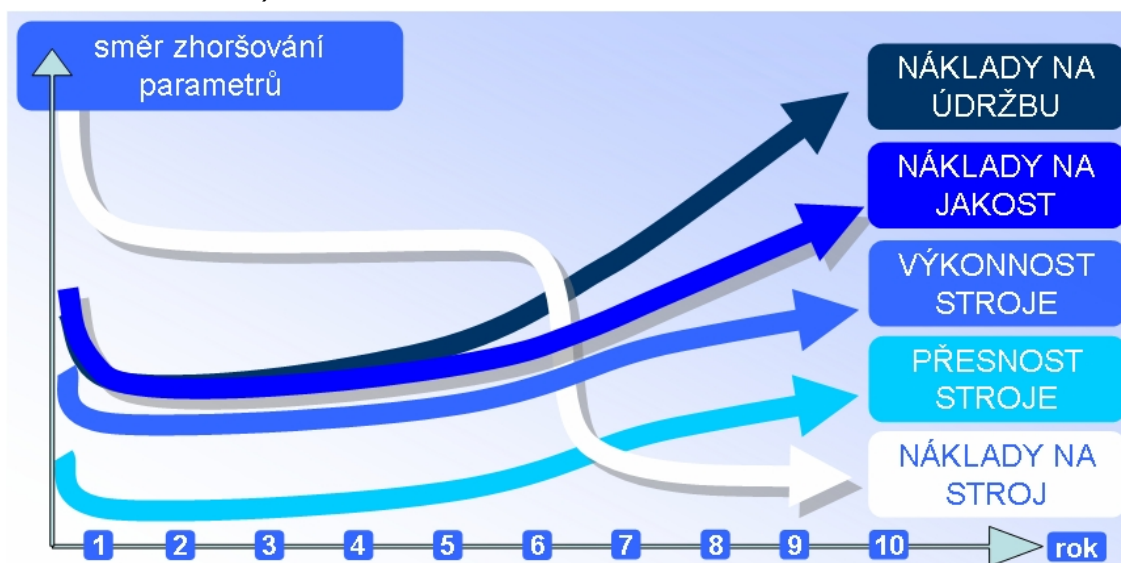
- **Náklady na údržbu** – Při nepřetržitém provozu jsou v prvních dvou až třech letech náklady na údržbu a opravy stroje a příslušenství minimální. V prvních cca 6 měsících se často vyžaduje zásah externího servisního technika především z důvodu neznalosti obsluhy stroje, chyb operátorů a nízké úrovni praxe vlastních pracovníků údržby. Po tomto období spočívají servisní zásahy především v doplňování a výměně provozních kapalin a filtrů. V následujícím období se stupňují malé i středně složité opravy a výměny některých exponovaných částí (ložiska, snímače, senzory a spínače, balufy, řemeny, ložiska, pouzdra). Po více než šesti letech provozu však náklady na opravy, údržbu a ND stoupají příliš rychle a stroj se dostává do častých kapacitních problémů způsobených prostoji. Další využití této technologie je možné jen při zpřísněném režimu a krátké periodě preventivních prohlídek, případně středních oprav některých částí stroje. V posledních letech jsou však některé náhradní díly a jejich výměna ve stroji natolik komplikované, že je nutné společné řešení s výrobcem stroje. Provádí se generální opravy nebo modernizace strojů.

Z organizačního pohledu se stroje přesunují do vedlejší výroby s nižšími kapacitními, technologickými i jakostními nároky nebo se stroje nabídnou k odprodeji. Znalosti pracovníků údržby je nutné neustále rozšiřovat a je vhodné se zaměřovat na novinky nejen v oblasti provozních kapalin (oleje, maziva), ale také na snímače, ložiska, řemeny, kuličkové šrouby, odměřování a indikace polohy, pohony, atd. Zvyšování jejich kvalifikace by mělo probíhat v rámci procesu personalistiky dle vzdělávacího plánu.

- **Výkonnost stroje** – Výkonnost stroje má obdobný průběh jako přesnost stroje. Vysoká výkonnost je v prvních dvou až pěti letech téměř konstantní. Pouze v prvních měsících provozu vykazuje mírné odchylky a rozptyl. Důvodem je „zabíhací“ proces, vyznačující se vzájemným opotřebením a sladěním funkčních ploch a prvků stroje, které přímo ovlivňují výkonnost i přesnost.

Po pěti až šesti letech běžného provozu se výkonnost stroje zhoršuje a především u operací s velkými řeznými rychlostmi a vysokým objemem odebíraného materiálu je nutné použití kvalitnější řezné nástroje nebo zkrátit dobu výměny stávajících. Cílem je snížit řezné síly a momenty působící na prvky stroje, které jsou ukazatelem potřebného příkonu stroje a následně jeho stavu i životnosti. V extrémních případech je nutné přepracování řídicího programu, změna technologie nebo úplné vyřazení některých operací. Dochází k prodlužování strojního času a snižování produktivity práce. Zvyšuje se četnost a odůvodněnost požadavků na změnové řízení k úpravě výkonových norem. Se zvyšujícím se stářím stroje je vhodné vyhledávat nové technologické možnosti, řezné materiály a ověřovat nastavené parametry pro dosažení optimálních hodnot.

Pracovník TPV, dílenský technolog a programátor musí mít široký přehled znalostí i aktuálních trendů v těchto oblastech a tento přehled je základní podmínkou po minimalizaci poklesu produktivity práce. Čím více provozů, dílen, pracovišť, strojů, operací a řídicích programů má programátor ve své kompetenci, tím více je ohrožen systém zpětné kontroly, zlepšování i aktualizace technologie pomocí nejnovějších poznatků v oblasti řezných nástrojů a jejich podmínek. Pokud programátor připravuje technologii a řídicí program pro nové výrobky a inovace starých výrobků, zůstává tak technologie u již zavedených výrobků ve stavu po spuštění technologie do sériového provozu (tj. po uzavření ověřovací série).



Graf 3.3 Schematické znázornění zjištěných trendů parametrů závislých na době provozu obráběcích strojů.

3.4 VLIV ČASOVÉHO FONDU A SMĚN

Investiční i provozní náročnost CNC technologií je pro zajištění vysoké rentability a rychlé návratnosti ovlivněna časovým fondem, směnováním a způsobem provozování této technologie.

Efektivní využitelný časový fond stroje nebo pracoviště by měl zohlednit tyto faktory a plánování výroby by mělo mít zpětnou vazbu o skutečném

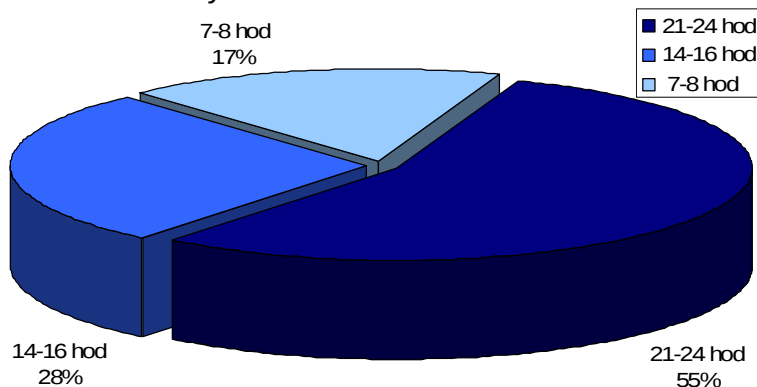
(statisticky dlouhodobě ověřeném) průběhu vytížení pracoviště a o skutečných prostojích. Efektivní využitelný časový fond - počet pracovních dnů je ponížen o nepracovní dny (soboty, neděle, svátky). (2)

$$F_{ef} = d \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) \quad (3.1)$$

- d - počet pracovních dnů,
- h - počet hodin jedné směny,
- s - směnnost,
- g - počet vzájemně zaměnitelných pracovišť,
- z - relativní podíl nevyhnutelných časových ztrát (plánované prostoje z nominálního časového fondu); většinou je v rozpětí 0,90 ÷ 0,95.

Časový fond výrobního zařízení v případě CNC strojů je nutno využívat na maximum a na rozdíl od konvenčních technologií nebo u převážné většiny kusové či zakázkové výroby je počet hodin provozu stroje a tím i koeficient směnnosti vyšší.

Z provedeného průzkumu vyplývá, že více než 50 % firem využívající CNC technologie, pracuje v nepřetržitém provozu. Skladba směn a systém střídání pracovníků na pracovišti je různorodý. Směny jsou v délce 12 hodin nebo 8 hodin a střídání pracovníků na směnách je po 2 nebo 3 dnech, méně často pak v týdenních intervalech. Nepřetržitý provoz je zajišťován v průběhu celého roku mimo plánované odstávky v době nařízené celozávodní dovolené (část v letním období a část v zimním období). Státní svátky, soboty a neděle jsou považovány za normální pracovní den ovšem s vyššími nároky na osobní náklady zaměstnanců díky stanoveným příplatkům a sazbám v zákoníku práce, případně bonusům stanovených kolektivní smlouvou nebo motivačním systémem firmy.



Graf 3.4 Četnost firem dle jejich pracovního režimu na pracovištích s CNC stroji (počet provozních hodin stroje za den). Více než 55 % firem pracuje v nepřetržitém provozu, 21 ÷ 24 hod/den. (příloha č. 4)

Z hlediska směnnosti a doby provozu CNC strojů lze konstatovat, že u většiny moderních CNC technologií je vhodné maximalizovat jejich denní dobu provozu a směřovat k trvalému, nepřetržitému provozu. (příloha č.4)

Více než 90 % firem (statistický vzorek je z průzkumu cca 80 firem) využívá tyto technologie v minimálně dvousměnném provozu. Při porovnání s dobou provozu strojů před 5 a 10 lety, je zde stále patrný růst. Intervaly střídání směn jsou buď po 8 hodinách, nebo po 12 hodinách.

Harmonogramy střídání směn se u jednotlivých firem liší, ale v podstatě se jedná o modifikace pouze 6 hlavních modelů. Při konzultacích s výrobními manažery převládá názor o výhodnější variantě střídání směn po 12 hodinách. Z pohledu pracovních dnů byl nejčastěji preferován systém střídání: 2 dny po 12 hodinách ranní směna, 2 dny volno, 2 dny po 12 hodinách noční směna, 2 dny volno, atd.

Úkolem výrobního manažera je navrhnout takový funkční model střídání pracovníků, který minimalizuje dobu prostojů způsobených střídáním a náběhem pracovníka na požadovanou úroveň výkonové křivky, společně s optimalizací na podmínky daného regionu a možnosti pracovníků. Nutné je přihlídnout k průměrnému věku pracovníků, úrovni komunikace a spolupráce mezi střídajícími směnami, dopravní dostupností atd.

Nedostatečná úroveň předávaných informací mezi střídajícími směnami způsobuje velmi často prostoje CNC strojů a zvyšuje náklady na vyráběnou produkci.

Příklad:

- *Pracovníci si při střídání nesdělí informace o opotřebení nástrojů nebo rozměrech blížících se k hranici tolerančního pole. Než pracovník detailně změří první výrobek, může díky automatickému chodu stroje a krátkému cyklu dojít k výrobě neshodné produkce.*
- *Pracovníci si nepředají informace o stavu stroje (provozní kapaliny, běžná údržba, smazané chybové hlášení nebo upozornění na řídicím panelu stroje, atd.). Díky tomu může dojít k přerušení provozu stroje. U každého zastavení stroje v průběhu obrábění může dojít k poškození obrobku i rezného nástroje. Největším problémem zůstává hrozba zalomení, poškození nebo opotřebení nástroje zastaveného v řezu, velikost tohoto problému je významná u menších a středních obrobků kdy je rezný nástroj několikanásobně dražší než obrobek. U starších strojů nelze stroj zprovoznit od místa zastavení a někdy je nutné součást vyjmout nebo program projet znovu od začátku nebo určité části znovu. Výsledkem tohoto postupu je v mnoha případech nevyhovující rozměr obrobku nebo struktura povrchu. Stávající CNC stroje již umožňují spuštění řídicího programu prakticky v kterékoli části programu (najetí od bloku - věty) a minimalizují tak neshodný výrobek způsobený zastavením stroje.*

Výrobní manažer musí tyto problémy eliminovat systémem evidence střídání směn, v němž jsou chronologicky zaznamenány důležité události procesu.

Snížení náročnosti evidence lze zajistit využitím tabulek a aplikací, které může nabízet i řídicí systém stroje. Ze zjištění ve výrobních provozech vyplývá, že řízené výměny nástrojů pomocí počítadla kusů a stanovené životnosti nástroje v řídicím systému, není téměř vůbec využíváno. Z těchto důvodů dochází například u rezných nástrojů, které lze přeostrěním a případným povlakováním opětovně použít, k jejich úplnému znehodnocení (zlomení nástroje, nadměrné mechanické nebo tepelné zatížení znemožňující přeostrění).

Včasná výměna řezného nástroje je také důležitá vzhledem k náročnosti procesu speciálního čištění povrchu v lázních a případnému mechanickému čištění k odstranění oxidických sloučenin před procesem odpovlakování a konečnému povlakování. (12)

Důležité údaje vhodné k evidenci a sledování:

1. Označení pracoviště, stroje, součásti, operace.
2. Jméno, příjmení, osobní číslo, čas zahájení směny a ukončení směny.
3. Plánované i neplánované odstávky stroje (prostoje).
4. Počet vyrobených kusů nebo dávek, počet neshodných kusů.
5. Číslo měněného nástroje, celkový počet kusů vyrobených předcházejícím nástrojem.
6. Doplnění provozních kapalin.
7. Prováděné opravy a údržba, čísla chybových hlášení.
8. Upozornění důležité pro následující směnu.
9. Upozornění pro nadřazeného (materiální zajištění, opravy, zlepšení, atd.)
10. Mimořádné události směny.

Umožňuje-li evidenci a správu některých parametrů řídicí systém stroje nebo jiný systém dostupný na pracovišti, je vhodné ho použít.

3.5 OBJEM VÝROBY A CNC TECHNOLOGIE

Objem výroby, její struktura i členění, velikost výrobních dávek, způsob plánování a řízení výroby, jsou klíčové parametry ovlivňující rozhodování o aplikacích vhodné technologie a zároveň ovlivňují jejich provozní faktory.

Podniky v dnešním globálním prostředí usilují o zvyšování rentability své výroby prostřednictvím zvýšení její sériovosti. Umožňuje-li to trh a kapitálové zdroje výroba je rozšiřována a umožňuje využívání výrobních linek a pracovišť s vysokým stupněm automatizace a mechanizace. Opakovaná výroba na linkách se odlišuje od kusové výroby tím, že její předvýrobní etapy jsou mnohem náročnější nejen na její navrhování a přípravu, ale i na dobu trvání této etapy. Základním cílem těchto linek a pracovišť, u nichž dochází k propojování CNC technologií, je kromě ekonomického faktoru (vysoká rentabilita vložených investic), také faktor omezování prostoje, zvyšování efektivity práce obslužného personálu, strojů i zařízení, snižování neshodné produkce, zlepšení materiálových toků, snížení a optimalizaci vstupů do výrobního procesu náročných na pracovní kapitál. Typy CNC strojů i jejich parametry jsou ovlivněny všemi výše uvedenými faktory, které jsou závislé na objemu vyráběné produkce.

Kvalitní podnikatelský plán rozvoje výroby se neobejde bez marketingových analýz a zkušeností celé řady pracovníků z různých oborů (obchod, servis, technologie, plánování, řízení výroby, nákup, logistika). Důsledná předvýrobní příprava vyžaduje úzkou spolupráci mnoha odborníků s vysoce tvůrčím

zaměřením. Od vývojových pracovníků, konstruktérů, výpočtářů, technologů, programátorů, ekonomických analytiků až po manažery, kteří pro to vše dokáží zajistit potřebný kapitál. Náročnost předvýrobních etap je velká a všechny činnosti musí probíhat ve velké rychlosti, abychom dokázali dodat požadovaný produkt ve správný čas na správné místo (trh, distributor, kooperant, zákazník). Je třeba rychle plánovat, bezprostředně organizovat, ve vhodném okamžiku regulovat a následně i kontrolovat stovky činností i aktivit. Všechny však musí neustále splňovat podmínky schválených rozpočtů a limitujících parametrů. Se vzrůstajícím objemem výroby roste i náročnost těchto etap a i nepatrné odchylky od plánu nebo cíle mohou způsobit nejen finanční ztrátu, ale i ztrátu trhu nebo zákazníka.

Z těchto důvodů je nutná vysoká motivace tvůrčích pracovníků. Vyplatí se rozdělovat zaměstnance na ty, co mají tvůrčí potenciál a na rutinní pracovníky. Podle těchto základních skupin pak vytvořit další podmínky a dle nich je vhodné také zaměstnance odměňovat.

Výrobní kapacita je definována jako maximálně dosažitelný objem produkce, který může daná výrobní jednotka (stroj, linka, pracoviště, provoz, podnik) vyrobit za určitou, časově ohraničenou dobu (minuta, hodina, směna, den, týden, měsíc, čtvrtletí, pololetí, rok). Časový faktor je společně s výrobní kapacitou jedním z primárních vstupů pro proces plánování a řízení výrobního procesu. (3)

Z hlediska faktoru času a z požadovaného cíle dosáhnout vícesměnný, nepřetržitý nebo kontinuální provoz, který je vzhledem k dostupným zdrojům nejefektivnější, rozdělujeme následující výrobní systémy:

1. Nepřetržité výrobní systémy
2. Přerušované výrobní systémy
3. Výrobní projekty

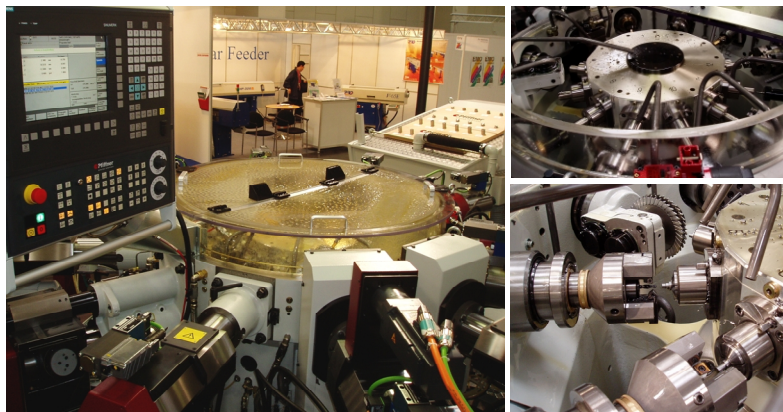
3.5.1 VELKOSÉRIOVÁ A HROMADNÁ VÝROBA

Hromadná výroba patří do skupiny nepřetržitých výrobních systémů, které se specializují a zaměřují k produkci velkého množství několika málo standardizovaných výrobních položek. Ve výrobním procesu se obecně uplatňují vysoce standardizované metody a zařízení. Velké množství vyráběné produkce zajišťuje promítnutí velmi vysokých investic a pořizovacích cen automatizovaného výrobního zařízení do vysoké produktivity a nízké ceny výrobků. Hromadná výroba dosahuje nejvyšší úrovně efektivnosti a její výrobní proces má zpravidla předmětné uspořádání s výjimkou vybraných částí procesu a specifických technologických celků. (3)

CNC technologie a obráběcí stroje obsahují celou řadu speciálních prvků a jsou navrženy a sestaveny pro výrobu velmi úzkého výrobního sortimentu. Jejich části jsou vyráběny u výrobce stroje na zakázku. Nejčastěji podle dodané výkresové dokumentace nebo požadavků stanovených investorem. Využitelnost těchto strojů pro jiné typy výrobků je minimální, protože je to technicky nebo ekonomicky nevýhodné. Vysoká úroveň monitorování procesu a diagnostika je společně s nejvyšší úrovní aktivní i pasivní bezpečnosti standardem.

Robotizovaná pracoviště, vysoký podíl automatizace a mechanizace snižuje objem lidské práce a neproduktivních časů. Propracované detaily i rozmístění pracovních pomůcek na pracovišti snižuje přípravné časy a složitost úkonů. Ergonomie a jednoznačnost jejich použití snižuje riziko vzniku neshod.

Obr. 3.5 Modulární obráběcí centrum pro hromadnou výrobu malých obrobků pro automobilový průmysl. Stroj Pfiffner RT100-12 má 12 včetně a rotační revolverovou hlavu s 12 nástroji a $24 \div 36$ řízenými osami (Švýcarsko).



Ceny používaných strojů a obráběcích center jsou na rozdíl od svých základních variant vyšší i o desítky procent. Odzkoušení a zprovoznění této technologie je náročné na čas i odbornou kvalifikaci přijímacího personálu. V mnoha případech jsou na stroji implementovány nové prvky nebo jedinečné příslušenství, které ještě nebylo aplikováno, není dlouhodobě ověřeno a může vykazovat jinou úroveň výstupů, než bylo původně požadováno. Kvalita výstupu a produktivita výrobního procesu na těchto strojích je tím vyšší, čím lepší bylo zadání a předané podklady nutné pro navržení této technologie.

U velkosériové a hromadné výroby a zpravidla jednoúčelových strojů nebo CNC strojů seřazených na typové výrobky, jsou nároky na obsluhu a její znalosti nižší. Standardem je vstupní školení a seznámení obsluhy se základy ovládání řídicího systému, funkcemi stroje, výměny nástrojů, vkládání a vyjímání obrobků a jednoduchých provozních zásahů (doplnění rezných kapalin, odstraňování třísek, výměny nebo nastavení filtračního systému apod.). Přestože je obsluha většinou zapracovaná a zaškolená pouze na daný typ výroby splňuje také základní požadavky nutné ke sledování a ovlivňování výrobního procesu (zlomení nástroje, odvod třísky). Některé podniky mohou použitím automatizovaných technologií snížit náročnost obsluhy jen na přípravu a doplňování polotovarů a nástrojů do automatizovaných zakladačů a zásobníků výrobních linek. Po obrobení a vyjmutí dílu ze stroje nebo zásobníku je prováděna namátková kontrola rozměrů dle technologického postupu pomocí předepsaných měřidel. Obsluha musí umět rychle a jednoznačně rozhodnout o shodě dílu s požadavky výrobní dokumentace. Shodný uloží do přepravní bedny, na pás, trať apod. V případě, že je díl neshodný opravitelný, označí se a zaeviduje (někdy se používá také barevné označení těchto dílů, často žlutou barvou). Opravuje se později ve větších dávkách samostatně na daném pracovišti nebo se opraví na jiném pracovišti. Neshodné výrobky operátor skladuje odděleně na určeném a označeném místě (používá se značení neshodného dílu červenou barvou). U této výroby hraje velmi vysokou roli i vynucený administrativní proces spojený s evidencí počtu vyrobených kusů, počtu kusů vyrobených jednotlivými nástroji, doba výměny a doplňování rezné kapaliny nebo rezných olejů, čištění a úklid stroje, kalibrace měřidel, naměřené hodnoty rozměrů apod.

Většina těchto dat je shromažďována v elektronickém formátu, například pomocí PC, čárových kódů nebo předtištěných formulářů dále zpracovávaných do elektronické podoby.

K upínání zpravidla větších počtů dílů slouží především speciální operační upínače a přípravky uzpůsobené pro rychlé, přesné i automatizované ustavení a upnutí dílu. U obráběcích center jsou rozšířené sofistikované upínací a výměnné systémy (např. EROWA, CHICK, RÖHM, SMW, LANG, SOMEX, BENZ, SCHUNK). Lidskou práci nahrazují hydraulické, pneumatické a elektrické upínací systémy ovládané NC programem i ručně.



Obr. 3.6 Rychlovýmenné upínače se systémem EROWA umístěném na otočném stole WYSSBROD (4. osa) umožňujícím natáčení výměnných upínáčů (5. osa). Umístění na CNC frézce KRYLE KVC 5F (Anglie).

Z pohledu znalosti technické dokumentace je nutná pouze znalost „čtení“ technologických postupů a jejich návodů, které jsou pro vysokou sériovost rozpracované z operací až do úkonů a pohybů, mnohdy doplněné obrázky, schematickými náčrty nebo fotografiemi. Obecně je výrobní proces velmi přesně popsán a definován. Vizuální prvky, organizační pravidla, pořádek a čistota, jsou základem pro sledování a vyhodnocování efektivnosti výroby.

3.5.2 SÉRIOVÁ VÝROBA

Sériová výroba spadá do přerušovaných výrobních systémů, které se vyznačují menší úrovní specializace než ve výrobě hromadné. Produkce v sériové výrobě spočívá ve výrobě stanoveného množství méně standardizovaných položek v ucelených výrobních dávkách. Abychom zajistili nejvyšší úroveň využití zdrojů a potřebnou úroveň rentability je sortimentní skladba ve srovnání se specializovanými nepřetržitými výrobními systémy širší a skládá se z více typů výrobků a jejich variant. S rostoucí šíří technologie i vlastní výroby klesá schopnost efektivního využití všech zdrojů a firma je nucena hledat vytížení svých zdrojů formou kooperací nebo vedlejší výrobou.

S menšími výrobními dávkami a tedy i častějšími změnami výroby pak nároky na obsluhu vzrůstají. Je vyžadována dostatečná praxe (dva a více let), znalost základů programování, čtení výkresové dokumentace, znalost základních parametrů rezného procesu, jejich vzájemný vliv a vazba. Potřeba kvalifikovanějších dělníků vyžaduje propracovanější motivační systém a pro dosažení nejlepších výkonů je v mnoha případech znát širší část daného technologického toku výrobku. Obsluha musí navíc od velkosériové výroby provádět

základní kontrolu dílů před jejich upnutím do stroje, kontrolu samotného procesu obrábění (zlomení nástroje, odvod třísky, hlučnost, vibrace, příkon motorů a pohonných jednotek apod.). Při koncentraci více strojů do jednoho pracoviště nebo dílny stoupá možnost vícestrojové obsluhy a pro snížení prostojů a průběžné doby výroby jsou na obslužné práce zajištěni další pracovníci (seřizovač, pracovníce výdejny náradí, manipulační dělník, řidič vysokozdvizného vozíku, pracovník údržby, atd.). S menšími výrobními celky, nižší četností i velikostí výrobních dávek provádí přeseřizování strojů na jinou výrobu, seřizování strojů, výměny nástrojů a drobnou údržbu stroje většinou obsluha stroje. Nejčastěji obsluha s nejdelší praxí a zkušenostmi.

Vzájemná zaměnitelnost operátorů je na dobré úrovni a u technologicky podobných strojů a zařízení snižuje negativní efekty lidského činitele, například prostoje z důvodu nemoci a dovolené.

Výrobní produkce je optimalizována do výrobních dávek, které zajistí nejen včasné dodání k zákazníkovi, ale i potřebnou logistickou návaznost na další operace i pracoviště (vliv nedokončené výroby). U těchto systémů je velmi důležitá počítačová podpora ve formě informačních technologií pro proces plánování a řízení výroby.

CNC technologie a obráběcí stroje jsou v této oblasti nejčastěji zastoupeny a jedná se zpravidla o standardní výrobní řady strojů. Jejich univerzálnost umožňuje výrobu nejen odlišných variant výrobků, ale při dostatečném vybavení příslušenstvím (upínací a vodící prvky, řezné nástroje, dorazy, atd.) i jiných výrobních skupin, které vyžadují odlišnou technologii nebo její parametry, které je však stroj schopen svým rozsahem zabezpečit. Multifunkční obráběcí centra, integrující několik technologií do jednoho celku umožňují díky několika osám dosažení vysoké produktivity na relativně širokém výrobním sortimentu technologicky podobných produktů.

U složitějších operací kde je více technologických základů (přepínání a polohování obrobku), je pak buď dle statistických metod, nebo po vyrobení předepsaného počtu kusů, nutné doplňkové měření díky kterému se ověří vybrané geometrické tolerance, které vždy nelze spolehlivě měřit a vyhodnocovat pomocí běžných komunálních ani operačních měřidel (ukázky měřících strojů a operačních měřidel jsou v kapitole 6 obr. 6.2 a 6.3). Měření se provádí na finančně nákladné kontrolní a měřicí technice (souřadnicové měřicí stroje, optoelektronické měřicí stroje, digitální profilprojektory, měřicí stroje s CCD kamerami, skenery). Měření na těchto strojích je však příliš nákladné a dlouhé v porovnání se standardními metodami a proto se využívá jen jako doplňkové. V případě přeseřizování výroby, poruchy stroje nebo jeho odstavení na delší dobu je pak toto měření provedeno před odsouhlasením spuštění výrobní dávky. Díky tomu se používá celá řada statistických a vyhodnocovacích metod, které precizně sledují a vyhodnocují nejen kvalitu, ale i průběh konkrétního výrobního procesu. Analýza způsobilosti procesu a regulace tohoto procesu je standardní nástroj SMJ (stejně jako u hromadné výroby).

U tohoto druhu výroby nachází zajímavé uplatnění moderní vysokorychlostní obrábění. Vzhledem k vysokým frekvencím otáčení vřetena s nástrojovým držákem a nástrojem je nutné ošetřit aspekty bezpečnosti práce.

Nesprávné seřízení, vada materiálu nebo nekvalitní prvek systému stroj – nástroj – obrobek – přípravek, může způsobit nejen materiální škody, ale především ohrožení zdraví a života obsluze stroje. Totéž platí o vysoké teplotě odcházejících třísek z místa řezu. Všechny aspekty musí podchytit technolog již při návrhu technologie a při jejím zavádění musí tyto aspekty ověřit. Spuštěním sériové produkce se stává zvolená technologie rutinní záležitostí a opatrnost i odstup operátorů vzhledem k potenciálním rizikům klesá.

3.5.3 KUSOVÁ A ZAKÁZKOVÁ VÝROBA

Kusová výroba neboli samostatné výrobní projekty a zakázky jsou určeny souborem unikátních, jedinečných, složitých a návazných činností i aktivit. Přípravují se a realizují ve vymezeném čase. Podobnost výrobků i četnost případného opakování jejich výroby je velmi nízká nebo žádná. Výrobky a jejich provedení i parametry se odlišují konkrétními požadavky zákazníků. Podobnost je u většiny případů založena na jedinečné technologii firmy nebo jejich postupech a na výrobně organizačních procesech. Výrobní proces v kusové a zakázkové výrobě je podobný procesu přípravy nového výrobku pro sériovou výrobu. Výrobní proces má nejčastěji technologické uspořádání. (3)

U kusové a zakázkové výroby realizované pomocí CNC strojů a zařízení, jsou nároky na obsluhu a její znalosti několikanásobně vyšší. Zaškolení, praxe a vědomosti obsluhy musí jít až na úroveň drobných detailů. Zaměnitelnost obsluhy je v mnoha případech téměř nemožná a pracovníci mají o 10 % až 30 % vyšší průměrnou mzdu než v hromadné nebo sériové výrobě.



Obr. 3.7 Měření rovinnosti 4. osy
číselníkovým úchylkoměrem.

Znalost obsluhy stroje a řídicího systému je požadována na vynikající úrovni. Základy programování jsou nutným standardem včetně znalosti základních vlastností řezných nástrojů, řezných podmínek a vzájemných technologických vazeb konkrétního druhu obrábění. U specifických výrobních činností provádí návrh technologie, tvorbu řídicího programu i jeho odlaďování pracovník obsluhy stroje. Výměny nástrojů, upínání a vyjímání dílců je rozšířeno o dovednosti ustavování upínače a obrobku, odměřování nulových bodů, seřizování nástrojů a zadávání dat a korekcí. Pro využití všech možností stroje je obsluha seznámena se všemi funkcemi a parametry stroje. Vynucené i periodicky prováděné provozní zásahy k doplnění řezných kapalin, odstraňování třísek, výměny nebo nastavení filtračního systému apod. jsou totožné jako u sériové výroby, ovšem vzhledem k počtu vyráběných kusů a objemu odebraného materiálu je četnost výrazně nižší.

Obsluha splňuje požadavky nutné ke sledování a ovlivňování výrobního procesu (příkon, výkon, zatížení), s dlouhodobou praxí je schopna také rozpoznat technický problém pomocí zvukových (vibrace, úroveň a forma hluku) nebo vizuálních znaků (směr odvod třísky, tvar i barva třísky, opotřebení řezné hrany, rozstřikování řezné kapaliny apod.). Po obrobení a vyjmutí dílu ze stroje následuje detailní kontrola rozměrů dle výrobní nebo v mnoha případech i konstrukční dokumentace. Používají se speciální (operační) i komunální měřidla a kontrolní přístroje. Obsluha musí umět rychle rozhodnout o shodě nebo neshodě dílu s požadavky výrobní dokumentace, ale musí znát vliv technologie na dosahovanou přesnost výroby. Shodný díl po proměření pokračuje na další operace. V případě, že je díl neshodný opravitelný, zajistí zpravidla na konci směny nebo před přeseřizemí další výroby jeho opravu.

V tomto výrobním segmentu se úspěšně prodávají i CNC stroje s dialogovými řídicími systémy. Jedním z průkopníků těchto systémů pro souvislé řízení a dílenské programování je i firma Heidenhain. Moderní systémy s interaktivním grafickým rozhraním vhodné pro jednoduché a rychlé dílenské programování snižují nároky obsluhy na znalost ISO programování.

Používané obráběcí stroje splňují především univerzální hledisko a rozsah jednotlivých parametrů odpovídá struktuře zakázkové výroby. Velmi často je u těchto strojů upřednostňováno široké rozpětí technických parametrů (výkon včetně, velikost pracovního stolu) před vysokou produktivitou (rychloposuvy, doba výměny nástroje, vysokotlaké chlazení). Úroveň automatizace, diagnostiky, ergonomie i bezpečnosti je u těchto strojů na základní úrovni.

Z pohledu znalosti technické dokumentace je nutná dobrá znalost „čtení“ výrobních a konstrukčních výkresů, technologických postupů, technických norem. Mezi největší problém zakázkových výrob ve vybraných firmách patří nutnost provádění obslužných, podpůrných nebo druhořadných prací vysoce kvalifikovaným a tím i finančně nákladným, výrobním dělníkem – specialistou. Proto je žádoucí snižovat podíl těchto činností a přenechávat je méně kvalifikovanému personálu, případně je řešit mechanizací, automatizací nebo jinými prostředky. Nejčastější odebírání kapacit těchto specializovaných pracovníků spočívá v čekání na materiál a nářadí (nebo jeho hledání), práce s jeřábem, vysokozdvíhým vozíkem nebo jinou manipulační technikou, třídění, čištění a doprava kusů, úklid mimo pracoviště nebo jiné v mnoha případech krátkodobě „velmi důležité“ činnosti a aktivity.

Fluktuace dobrých, již zapracovaných a zkušených pracovníků kusové a zakázkové výroby je pro firmu vždy velkou finanční ztrátou a pro konkurenční firmu, která tyto pracovníky získá, významným přínosem v podobě úspor finančních prostředků.

4 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE

Technologie navrhovaná pracovníky TPV nebo dílenskými technologi je při rozhodování o jednotlivých variantách a jejich parametrech ovlivňována několika faktory. Tyto faktory nejsou u středních a velkých firem posuzovány jednotlivci, ale nejčastěji několika pracovníky, útvary nebo pracovními týmy.

V každé firmě se uvedené faktory posuzují jinak a mají různou váhu a prioritu. Obecně se však celá řada důležitých faktorů zanedbává nebo se vůbec neposuzují. Celá řada použitých podmínek a parametrů je vnímána odbornými pracovníky jako samozřejmost a uvažování i rozhodování nad některými z nich je v podstatě automatické. U více firem byla zjištěna skutečnost, že některé podmínky nebo faktory neposuzuje žádný pracovník, jelikož skupina pracovníků jiného pracoviště si myslí (nebo předpokládá), že uvedený faktor posuzuje ve firmě někdo jiný, nebo je tento faktor nedůležitý. (příloha č.1, č.6, č.7)

Navrhování technologie má své specifické podmínky a ovlivňuje ho typ výroby:

- výroba prototypů nebo funkčních vzorků;
- příprava vlastní výroby nového produktu;
- výroba ověřovací série (nulté, pilotní);
- udržování, zlepšování a obnova zavedené výroby;
- vedlejší vlastní výroba na vytížení kapacit pracoviště;
- kooperační výroba dle zákazníkem dodané dokumentace;
- kooperační výroba s materiálem nebo technologií dodanou zákazníkem;
- kooperační výroba s kompletní vlastní přípravou i nákupem materiálu.

4.1 PŘEHLED FAKTORŮ PŘI NÁVRHU TECHNOLOGIE

Za základní faktory při navrhování vhodné technologie můžeme považovat:

technický faktor

- konstrukce výrobku a požadavky technické dokumentace;
- jakost materiálu a jeho stav (licí kůra, způsob TZ, druh i stav polotovaru);
- výstupy a závěry oponentního jednání;

plánovací faktor

- objem požadované produkce;
- sériovost a velikost výrobní dávky včetně její četnosti;
- životnost výrobku a marketinkové předpoklady, analýza trhu;
- analýzy již realizovaných prodejů a zpětná vazba;
- disponibilní kapacita a vazba na termín zahájení a ukončení výroby;

technologický faktor

- dostupná technologie a její možnosti, parametry a podmínky;
- produktivita práce a výkonnost dané technologie;
- řešení obdobných výrobků nebo operací, zkušenost a praxe;
- možnost koncentrace operací v jednom upnutí, minimalizace přepínání;
- prostředky a zařízení k přípravě technologie (hardware, software);
- simulační technologie a pomůcky, výpočtové modely, nomogramy;

strategický faktor

- soulad se strategií firmy nebo vlastníka (akcionáře);

- soulad se stanovenými prioritami (omezeními, okrajovými podmínkami);

ekonomický faktor

- náklady na operaci přímé i nepřímé;
- způsob zpracovávání a odvádění výrobních dat;
- prokazatelnost, kontrolovatelnost a dohledatelnost nákladů;
- schopnost splnit limit stanovených nákladů;
- vazba na účetnictví (spotřeba, evidence, odpisy, hmotná odpovědnost);
- platební podmínky (splatnost, zálohové faktury, zápočty, akreditivy);
- měna a kurzové vlivy;

personální faktor

- dostupnost potřebných lidských zdrojů;
- potřebná/skutečná kvalifikace a praxe pracovníků-operátorů;
- certifikáty a doklady o kvalifikaci a proškolení pracovníků;
- vliv fluktuace pracovníků na pracovišti;
- věková skladba pracovníků na pracovišti (hrozba odchodu do penze);
- schopnost zvládnout náročné zaškolení na novou práci;
- týmová práce a týmový duch na pracovišti;
- úroveň předávaných zkušeností od kolegů při příchodu na pracoviště;
- hodnota předaných informací od služebně i profesně starších a zkušených pracovníků, umění naslouchání a selektování;

organizační faktor

- možnost zastupitelnosti operátorů;
- vhodnost a možnost směnování na pracovišti;
- možnosti vícestrojové obsluhy a její vazby na prostroje a produktivitu;
- schopnost kontroly procesu a jeho zlepšování (kamerový systém, systém kontrolních bodů, čárové kódy, kontrolní hlášení);
- dostupnost podkladů potřebných k výrobnímu procesu (konstrukční, technologické a výrobní výkresy, rozpisky, technologické postupy, návodky, kontrolní plány, protokoly, atesty);
- změnová služba, její systém, pravidla, rychlost a dostupnost;
- podmínky pro samostatnou a tvořivou práci;
- možnosti a podmínky rozhodování nebo spoluúčasti při rozhodování;
- forma vedení a řízení nadřízeným pracovníkem (diktát/volnost/rady/aj.);

jakostní faktor

- dostupnost a vhodnost měřicí a kontrolní techniky;
- vazba na normy, identifikaci, evidenci a kalibraci;
- schopnost rychlého, opakovatelného, jednoznačného a přesného měření;
- cena a náklady ve vztahu k přípravě a době měření;
- podmínky skladování a provozního používání měřicího zařízení;
- životnost měřicího zařízení;

faktor bezpečnosti a hygieny práce

- zajištění bezpečnosti pracovníka a pracoviště;
- použité ochranné pomůcky a prostředky;
- dostupnost a aplikovatelnost bezpečnostních a hygienických prvků;
- vliv na kritické situace (zahoření provozních kapalin, odvod třísek);

faktor legislativní a právní

- vazba na zákony, vyhlášky, předpisy a normy;
- právní vazby (pojištění firmy a zaměstnanců, uzavřené smlouvy);

faktor ekologický

- nezávadnost použitých výrobních prostředků a kapalin;
- emise vznikající v přípravě, realizaci a po ukončení výrobního procesu;
- množství odpadů související s danou produkcí;
- možnost skladování, svozu a likvidace odpadů;
- podmínky vyplývající ze zavedených systémů (IMS, EMS, QMAS, atd.);
- energetická náročnost technologie;

faktor logistický

- manipulace a skladovatelnost výrobní dávky;
- identifikovatelnost a vizuální přehlednost výrobní dávky;
- možnost rychlé kontroly velikosti, jakosti a neporušenosti výrobní dávky;
- schopnost zajistit včas potřebné množství nářadí v dané ceně i kvalitě;
- možnost mít více dodavatelů a mít možnost nahraditelnosti;

faktor údržby a oprav

- skutečný stav zařízení a jeho vliv na výkon a možné zatížení;
- rizika a důvody odstavení technologie (plánované, neplánované);
- historie technických problémů (poruchovost, dostupnost servisu, dostupnost náhradních dílů, reakční doba).

4.2 PŘEHLED FAKTORŮ PŘI NÁVRHU NÁSTROJE

Z pohledu rozhodování o konkrétním nástroji nebo druhu zvolené technologie se pracovník rozhoduje dle následujících kritérií:

1. vlastní znalosti, zkušenosti a praxe;
2. teoretické znalosti i praktické zkušenosti spolupracovníků, kolegů, týmu;
3. firemní know-how, systémy a databáze;
4. informacemi získanými prostřednictvím
 - konzultací s obchodními zástupci firem zajišťujících dodávky nástrojů;
 - veletrhů, výstav, dnů otevřených dveří a firemních prezentací;
 - internetem a prostřednictvím médií (tiskové zprávy, články a publikace v odborném tisku, prezentace, videa, CD, apod.);
5. cena nástrojů (méně častěji i platební podmínky a měna);
6. výkonem obrábění (poměr objemu třísek k jednotce času nebo nákladů);
7. opotřebením nástrojů a jeho průběh (včetně kontroly a možnosti vyhodnocování průběhu opotřebením);
8. kvalitou nástrojů a jejich inovativním řešením, značka, image;
9. použitelnými řeznými podmínkami a jejich limity (výkon stroje, řezné síly);
10. vyměnitelností, seřiditelností, modulárností a univerzálností;
11. možnosti přestavění, renovace, oprav, opakovaným použitím;
12. skladovými zásobami nářadí ve firmě a distribuci;
13. možnost výdejních (samoobslužných) automatů na nářadí;
14. dodacími termíny, minimální odběrové množství;
15. vliv důvěry a úrovně komunikace a vztahu s dodavatelem nástrojů, technická podpora a odborné znalosti a zkušenosti dodavatele;
16. návrhem technologie, řezných nástrojů i podmínek dodavatelem CNC stroje;
17. ostatními podmínkami a úrovní ponákových spokojenosti zákazníka (reklamace, výměny, řešení krizových situací).

Kromě výše uvedených faktorů je potřeba upozornit na vliv poměrně nového faktoru při návrhu a rozhodování o řezném nástroji. V posledních letech organizují výrobci nástrojů návštěvy menších skupin stávajících i potenciálních zákazníků a odborné veřejnosti ve svých výrobních provozech. Kromě prezentace výrobních technologií, nových výrobků a ukázek jejich aplikací lze navázat i neformální vztahy mezi zákazníky a zvýší se tím možnost vzájemné spolupráce mezi firmami, v nichž pracují. (příloha č.1, č.6, č.7)

4.2.1 ROZHODUJÍCÍ FAKTORY DLE PRACOVNÍ FUNKCE

Každá organizace i firma má odlišný přístup k rozhodování o aplikaci řezného nástroje. Technologicky a organizačně podobné firmy, které dodávají své produkty do stejného tržního segmentu, mají více shodných postupů nebo podobný přístup k rozhodování, na rozdíl od firem rozdílného technologického i organizačního zaměření.

V interním prostředí firmy je však také celá řada organizačních jednotek (odborů, útvarů, úseků), které zabezpečují v rámci organizační struktury různé procesy, funkce a činnosti. Mezi těmito jednotkami jsou různé zvyklosti i pravidla. Každý útvar má z pohledu interních cílů jiné priority i způsob rozhodování. Díky odpovědnosti, pravomocím, zkušenostem, znalostem i osobnímu přístupu a požadavkům manažera dané organizační jednotky, tak dochází i v totožných záležitostech ke zcela odlišnému výsledku.

Pro příklad lze uvést několik zjištění:

- *Pracovník útvaru nákupu rozhoduje o nákupu spojovacího materiálu pro celou firmu na základě jiných pravidel než mistr výrobní dílny.*
- *Pracovník TPV připravující technologii výroby má jiné priority i klíčové faktory k nákupu řezného nástroje, než výrobní technolog organizačně začleněný ve výrobním provozu.*
- *Mistr nástrojárny má odlišné klíčové faktory pro aplikaci řezného nástroje, než mistr střediska obráběcích strojů v sériové výrobě.*

Obecně nejsou priority, cíle a pravidla posuzování nákupu náradí u pracovníků technologie, výroby a nákupu, totožné a téměř ve většině firem jsou odlišné. U několika firem bylo prokázáno, že v průběhu posledních deseti let, byl na základě výsledků poradenských firem nebo manažerských postupů, zcela přerušen tok spolupráce a komunikace (při rozhodování o nákupu řezných nástrojů) mezi jednotlivými útvary. K tomuto jevu došlo u firem větší velikosti (více než 1000 zaměstnanců) a ovlivnila se spolupráce útvarů mezi dvojicemi pracovníků nákupu a technologie, nákupu a výroby, výroby a technologie.

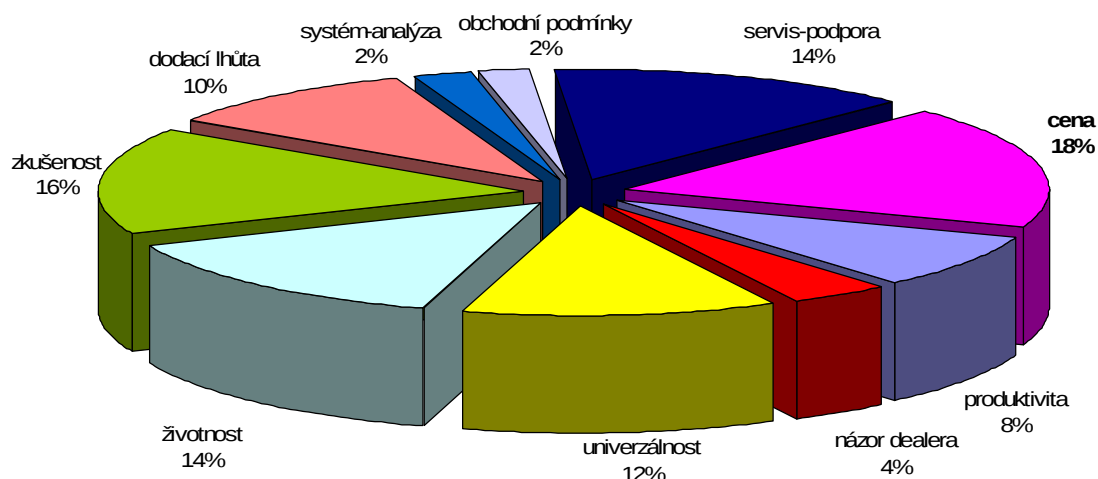
4.2.2 PRACOVNÍCI TPV, TECHNOLOGOVÉ, PROGRAMÁTOŘI

Z provedeného průzkumu u více než 50 pracovníků (TPV, technologů a programátorů), kteří navrhují nebo rozhodují o koupi konkrétního řezného nástroje, vyplývá, že v každé firmě jsou zavedena jiná pravidla a tato pravidla nejsou definována popsáním postupem nebo systémovou analýzou.

Pozitivní zjištění spočívá v relativně širokém rozpětí posuzovaných faktorů.

Negativní zjištění spočívá v neprovázanosti těchto parametrů a absenci komplexního hodnocení pomocí systému nebo analýzy.

Vzhledem k odbornosti a technickému myšlení těchto pracovníků, je faktor ceny příliš vysoký. Zarážející je velmi malý důraz na produktivitu, která je v tomto případě poměrovým ukazatelem nákladů na řezný nástroj a jeho dosažené výkonnosti (ovlivněné řeznou rychlostí, posuvovou rychlostí, šířkou záběru ostří, atd.). Pod produktivitou si lze však představit jakýkoliv jiný poměr mezi výstupy a vstupy.



Graf 4.1 Rozhodující faktory pro volbu řezného nástroje (výsledek průzkumu u 50 pracovníků TPV, technologů a programátorů). (příloha č.1)

Opakovaně prováděné a používané výpočty trvanlivosti, životnosti ani optimalizace řezné rychlosti pro dosažení maximální výrobnosti nebo maximální životnosti, nebyly zjištěny u žádné z dotazovaných firem.

Vysoké procento faktoru životnosti i zkušenosti bylo i u faktoru servisu a podpory. Z uvedeného zjištění vyplývá skutečnost, že kromě neustálého přísunu informací o novinkách a technických možnostech řezných nástrojů od jednotlivých dodavatelů, si někteří pracovníci firem díky technické podpoře dodavatelů ulehčili nutnost orientace ve výpočtech a volbách optimálních řezných podmínek ve vazbě na trvanlivost a náklady.

Prokazatelně byl potvrzen trend, kdy zákazník (nejčastěji technolog) požaduje od dodavatele ucelenou nabídku na vhodný řezný nástroj pro danou operaci. Volba typu nástroje, řezného materiálu, povlaku i řezných podmínek je tak paradoxně přenesena na dodavatele. Nevýhoda spočívá v minimálním teoretickém rozboru a kontrole navrženého řešení odpovědným pracovníkem technologie. Pracovník ověřuje technologii s daným nástrojem, nejčastěji bezplatně dodaným vzorkem, i řeznými podmínkami. Je tak vnitřně uspokojen, že v případě nedostatku nebo nesprávné volby za něho vyřeší problém dodavatel (bezplatnou náhradou za nový, nově navržený nástroj nebo řezné podmínky).

Navrhování nástrojů odborným pracovníkem firmy dodávající nástroje má však samozřejmě celou řadu pozitivních faktorů. V mnoha případech je tak díky znalosti dosažitelných řezných podmínek a praktickým zkušenostem z aplikací na obdobných případech tato podpora neocenitelná.

Sníží se doba přípravy a testování nové technologie i odladění dané ope-

race nebo řídicího programu. Sníží se také prostoje i náklady na případné havarijní situace (zlomení nástroje vlivem nevhodného typu, upnutí, řezných podmínek, prostředí, atd.). (příloha č.1)

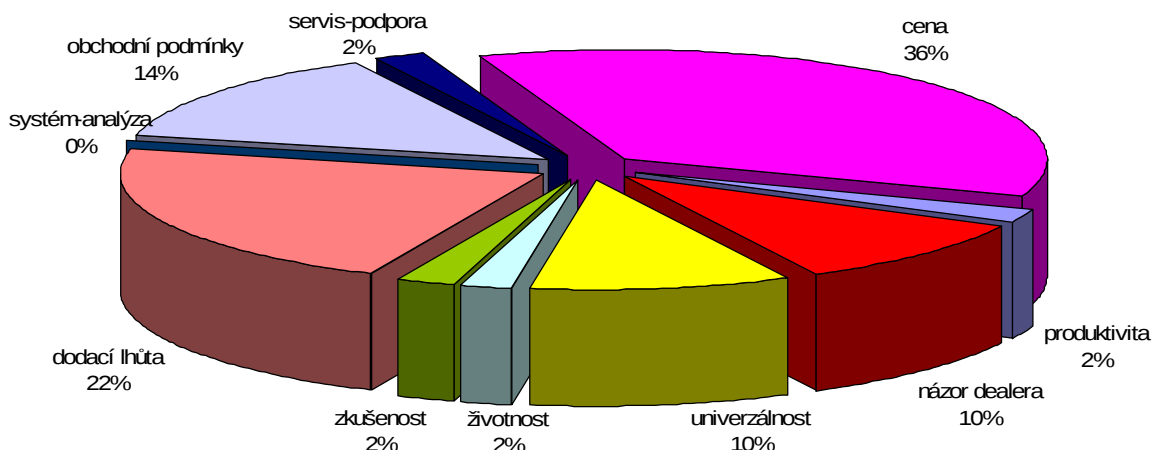
Riziko přisunu nekvalitních a nepodložených informací o vhodnosti a parametrech řezného nástroje od dodavatele, vzrůstá s počtem článků v dodavatelském řetězci (počet distributorů a dealerů), nekonkrétními referencemi a nízkou úrovní technické podpory.

Teoretickou znalost moderních trendů a možností v oblasti řezných nástrojů, společně se znalostí základních podmínek, závislostí a výpočtů, by však měl mít každý pracovník TPV, technologie a programátor, případně každý další pracovník rozhodující o použití konkrétního řezného nástroje na danou operaci.

4.2.3 PRACOVNÍCI NÁKUPU, LOGISTIKY, MTZ

Z provedeného průzkumu u více než 50 pracovníků (útvárů nákupu, logistiky nebo MTZ), kteří rozhodují nebo realizují koupi konkrétního řezného nástroje, vyplývá, že pravidla a podmínky jsou v mnoha případech podobná nebo totožná. Klíčové faktory a jejich podmínky nejsou definována popsáním postupem nebo systémovou analýzou. Nejčastěji je pouze popsán proces nákupu dle příslušných směrnic systému managementu jakosti (dále jen SMJ) dle normy ČSN EN ISO 9000, ČSN EN ISO TS 16 949, VDA, SIX SIGMA, aj.). Tímto způsobem jsou předepsány základní postupy procesu a částečně snižují možnosti zcela individuálního přístupu pracovníků.

Průzkumem nebyla zjišťována kvalifikace ani odborné znalosti těchto pracovníků, ale bylo zjištěno, že u více než poloviny firem zabezpečovali nákup pracovníci bez znalosti firemních technologií a výrobního procesu.



Graf 4.2 Rozhodující faktory pro volbu řezného nástroje (výsledek průzkumu u 50 pracovníků nákupu, logistiky nebo MTZ). (příloha č.1)

Pozitivní zjištění spočívá v prvních třech klíčových faktorech, které jsou z ekonomického hlediska výhodné. Cena, dodací lhůta i obchodní podmínky mají velmi vysoký vliv nejen na výši nákladů, ale ovlivňují také úroveň zásob a tím i nároků na provozní kapitál.

Stávající trend je kromě nízké ceny zaměřen na dodání nástroje na pracoviště bezprostředně před zahájením výroby (metoda JIT). Snižují se tím nároky i náklady na skladování a profinancování. Negativní zjištění spočívá v neznalosti technologie a výrobního procesu, které je dáno nízkým zájmem o životnost nástroje, produktivitu a systémovou analýzu. Požadovaná vysoká univerzálnost nástroje snižuje objem skladových zásob, zvýší počet odebraných nástrojů a tím také sníží cenu i platební podmínky. Stejnou úroveň dosahuje i parametr názor dealera. Pracovník nákupu je tak ovlivňován kromě ekonomických faktorů také externím prostředím a tento vliv je vyšší než faktory interní zkušenost, životnost, produktivita nebo technická podpora. (příloha č.1, č.6, č.7)

Z obchodních podmínek byl nejčastěji uveden faktor dlouhé doby splatnosti faktur, výdejní automat nebo jiná forma konsignačního skladu. Řešení dodávek pomocí výdejních automatů, toolboxů, zakladačů a jiných forem konsignačních skladů snižuje nároky na práci nákupu i četnost požadavků výroby a následných objednávek. Díky platbě až za skutečně odebrané nástroje se snižují nároky na jejich skladování a společně s výbornou adresnou evidencí lze na konkrétní výrobky lépe přiřadit režijní náklady nebo optimalizovat proces. Doplňování nástrojů do 24 hod není výjimkou. (příloha č.15)

V případě dílčích nebo neúplných vstupních informací, nejednoznačného zadání nebo vyhodnocení klíčových faktorů, se pracovník nákupu rozhoduje především dle ceny. Vazba ceny na další faktory například poměrovými ukazateli je však minimální nebo žádná. Nedostatek tedy spočívá v tom, že ekonomické podmínky nejsou společně s dalšími podmínkami vzájemně vyhodnoceny a porovnány. Hodnocení návratnosti vložených prostředků za nákup řezných nástrojů je prováděno minimálně nebo velmi omezeně. Paradoxně tak dochází k situaci, kdy pracovníci firmy vyhodnocují návratnost investice do obráběcího stroje za několik milionů korun, ale návratnost nákladů na řezné nástroje, jejichž roční náklady jsou násobkem nákladů na stroj, posuzovány nejsou.

Vzhledem k trvale rostoucí nabídce řezných nástrojů se na trhu zvyšuje podíl velmi nekvalitních nástrojů, které se vyrábí na starších výrobních linkách a technologiích, používají se řezné materiály i geometrie, jejichž výkonnostní parametry byly postačující před několika lety. Jejich nízká (z pohledu nákupu tedy velmi zajímavá) cena však může také znamenat i několikanásobně nižší produktivitu i životnost. Záruka, úroveň technické podpory i znalosti limitujících faktorů daných řeznými nástroji jsou velmi omezené a problémy s aplikací velmi levných nástrojů v konečném důsledku zdražují výrobní proces.

Pozn. Za nekvalitní nástroje však v tomto smyslu nelze automaticky považovat řezné nástroje asijského původu. Právě výkonnost nástrojů těchto výrobců roste velmi progresivně a díky rychlému rozvoji školství a vzdělávání, podpořeného zahraničními stážemi v technologicky vyspělých zemích, je společně s aplikacemi nejmodernějších technologií silnou konkurencí pro stávající výrobce. Marketingový vliv značky (jméno výrobce nástrojů), tak v globálním světě mírně klesá. To se však stále netýká nejúspěšnějších výrobců. (11)

4.2.4 VLIV ČASU NA ROZHODUJÍCÍ FAKTORY

Nezávisle na způsobu i podmínkách rozhodování různých útvarů i pracovníků, ovlivňuje tento proces i faktor času.

První faktor spočívá v celkové době používání řezného nástroje od jeho zavedení do výroby. Je zcela běžné, že původně provizorně navržený a odladěný nástroj v ověřovací sérii (dále jen OS) pro konkrétní operaci je již kvalitativně zastaralý ve srovnání s aktuálními parametry nových nástrojů nabízených dodavateli. Bohužel je však specifikace nástroje zadána v systému (rozpiska, technologické postupy, návody, nomenklatury, apod.) a tím dochází k jeho neustálému automatickému nákupu a doplňování do skladu, zásobníku nebo dílny.

Příklad:

- *Při navrhování technologie pro OS byl navržen takový řezný nástroj, u něhož se v jejím průběhu nevyskytl žádný problém. Po spuštění sériové produkce nevykazoval výrobní proces s daným nástrojem žádné úchytky od zavedeného standardu. Nástroj se tak stal běžným standardem a na rozdíl od problematických uzlů je tento brán jako bezproblémový a je přehlížen. Po několika letech používání stejného nástroje na konkrétní operaci lze však na trhu nalézt jiné řešení s vyššími lepšími parametry i výkonem. Důvodem je neustálé zlepšování řezných materiálů, povlaků, konstrukce i geometrie nástrojů.*

Druhý časový faktor je závislý na prioritě dané činnosti nebo procesu ve vztahu k plánovaným termínům, limitům nebo jiným časově ohraničeným organizačním podmínkám a možnostem.

Příklad:

- *Pracovník útvaru nákupu rozhoduje o nákupu řezného nástroje z pohledu požadovaného termínu dodání až v momentě požadavku vygenerovaného systémem. Je-li skutečná nebo dodavatelem avizovaná dodací lhůta vhodného nástroje delší než požadovaná, pracovník nákupu upřednostní objednání náhradního nástroje shodného typu s vyhovujícím dodacím termínem, ovšem s velkým rizikem plynoucího z jiné konstrukce, geometrie i materiálu nástroje.*
- *Pracovník technologie nebo programátor připravující technologii i řídicí program, upřednostní nákup takového řezného nástroje, u kterého zná vhodné řezné podmínky a životnost, nebo takový nástroj ke kterému jsou od dodavatele dodány podklady s těmito informacemi nejdříve.*
- *Pracovník údržby má v případě havarijní opravy stroje na úzkém místě jiná kritéria pro nákup vadného ložiska než pracovník nákupu běžně zajišťující dodávky materiálu.*

Vyhodnocení průzkumu: Z provedeného průzkumu vyplývá, že způsob i podmínky rozhodování jsou u každého jednotlivce individuální. Pokud není definován transparentní systém, který do značné míry vymezuje podmínky pro získávání a zpracování údajů i jejich analýzu a podmínky vyhodnocování, zvyšuje se neobjektivnost posuzování.

Absence systému způsobuje, že několik pracovníků řeší obdobný problém nebo formu rozhodování několika různými způsoby a jsou dosaženy zcela odlišné výsledky. Pořadí a váha jednotlivých kritérií je individuální a i při stanovených podmínkách zaměstnavatelem je odpovědný pracovník posuzuje nejčastěji dle svého uvážení.

Minimalizace problémů a rizik souvisejících s neobjektivním posuzováním nebo nestandardním postupem pracovníka lze řešit nastavením systému, pomocnými výpočty, formuláři, databázemi, evidencí a kontrolními prvky. (příloha č.1, č.6, č.7)

4.3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ EKONOMIKU OBRÁBĚNÍ

Ze získaných firemních zdrojů jsme sepsali všechny nákladové položky související s technologií třískového obrábění na CNC strojích. Dále byl proveden soupis všech činností definovaných technologickým postupem, popisem pracovních funkcí a popisem procesu ve směrnících SMJ.

Z těchto materiálů jsme určili seznam všech parametrů, které ovlivňují proces třískového obrábění a mají na něho přímou nebo nepřímou ekonomickou vazbu. I v tomto případě platí pravidlo, že jakékoliv činnosti nebo aktivity spojené s tímto procesem nesou určité náklady. Naším cílem bylo tyto náklady identifikovat a ověřit ve výpočtu celkové bilance jejich váhu. Podle typizovaného sběru dat by se mohly porovnávat výsledky jednotlivých nástrojů a operací mezi sebou. Parametry jsme rozdělili do dvou skupin.

První skupina nazvaná ZÁKLADNÍ PARAMETRY obsahuje všechny opakovaně zjistitelné a měřitelné parametry, k nimž lze bez výraznějších problémů přiřadit konkrétní finanční náklad nebo výnos, s přijatelnou přesností.

Druhá skupina nazvaná VEDLEJŠÍ PARAMETRY obsahuje všechny sekundární vlivy, jejichž hodnota nákladů nebo výnosů není jednoduše měřitelná. V této skupině jsou uvedeny vlivy některých přínosů vycházejících z případů, v nichž je použití nakupovaných nástrojů nebo nástrojů vlastní výroby.

Všechny základní parametry byly použity v modelových příkladech. Zároveň bylo s těmito parametry počítáno při analýze ekonomiky u reálných operací. (19, 20, 21, 22)

4.3.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY

- Cena nástroje, držáku a příslušenství (pouzdra, kleštiny, nástavce).
- Počet vyrobených kusů do ostření, otočení nebo do výměny, množství odebraného materiálu za jednotku času.
- Celkový počet ostření a celková životnost nástroje.
- Počet kusů vyráběných měsíčně a ročně (nebo v dávce a její četnost).
- Doba seřízení a upnutí nástroje včetně manipulace s nástrojem.
- Náklady na jedno seřízení (přípravný čas), celková doba a počet seřízení ročně, celkové roční náklady na seřízení.

- Čas cyklu nebo operace s daným nástrojem (jednotkový strojní čas).
- Doba na vyrobení roční produkce.
- Sazba za prodej 1 hodiny kooperace a 1 hodiny vlastní výroby.
- Hodnota tržeb z kooperace nebo prodeje vlastních výrobků získaných zkrácením času cyklu.
- Počet kusů a hodnota nákladů za nástroje nutné pro roční produkci, nástroje nutné ve skladě, počet ks nástrojů nutných na výrobní dílně.
- Maximální počet a hodnota neshodných výrobků důvodu seřizování.
- Konstrukce a provedení stroje (výkon, pracovní prostor, zásobník nástrojů, možnost výměny nástrojů za chodu stroje, chlazení, diagnostika, aj.)

4.3.2 VEDLEJŠÍ PARAMETRY A VLIVY

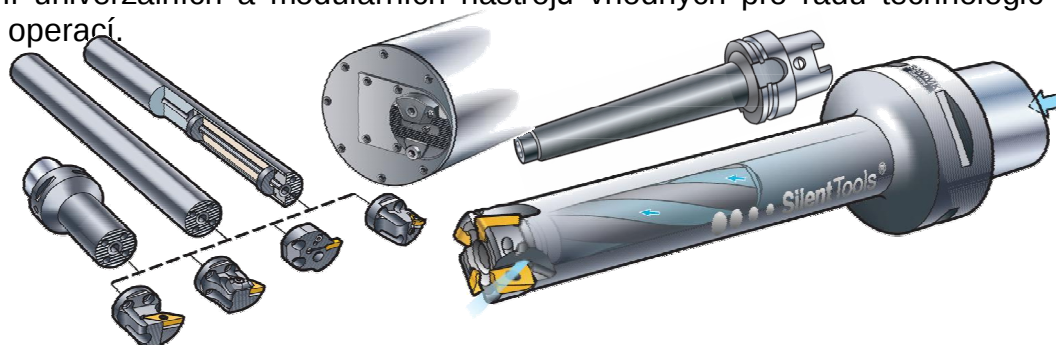
- Vliv vyššího počtu vyrobených kusů s novým nástrojem do prvního přeoštění. Ověřeno u více než 80 % aplikací řezných nástrojů.
- Vliv kvalitnějších řezných materiálů použitých „prvovýrobcem“ (třída kvality, velikost zrna, struktura, konstantní fyzikální, chemické a mechanické vlastnosti, kvalita povlaků a čistota výrobního procesu, apod.). Někteří výrobci řezných nástrojů prodávají dalším zpracovatelům prokazatelně jinou kvalitu nástrojů, než používají pro svou vlastní výrobu.
- Vliv hospodaření firmy s vlastními finančními prostředky a rozdíl vůči ceně peněz z cizích zdrojů (úvěry, fondy, půjčky, cena kapitálu).
- Vliv profinancování provozního kapitálu a vazba na CF (splatnost faktur u nakupovaných nástrojů v délce 30 ÷ 60 dnů, u velkých a stabilních odběrů 90 ÷ 120 dnů).
- Vliv vyšších nákladů na manipulaci s větším počtem nástrojů.
- Vliv technické podpory a odborné pomoci včetně skutečné možnosti reklamace v případě nákupu nástrojů od externích firem.
- Vliv možnosti rychlé výměny za jiné typy nástrojů, možnosti dodávek nástrojů JUST IN TIME a vliv na snížení provozních nákladů, platba až po jejich vyskladnění u obráběcího stroje na výrobní dílně (používání speciálních výdejních skříní, toolboxy, napojené na intranet, internet nebo GSM bránu).
- Rozdíl mezi čistou současnou a budoucí hodnotou použitých peněz.
- Hodnota skladových ploch a náklady na manipulaci.
- Vliv investic do vývoje skutečných inovací (ne pouze kopírování).
- Vliv reálných informací z trhu a zkušeností z aplikací nástrojů v oboru u jiných firem.

5 NÁŘADÍ - ŘEZNÉ NÁSTROJE

Z výrobně technologického vybavení pro CNC obrábění jsou po investičních nákladech a mzdových nákladech finančně nejnáročnější také provozní náklady na nářadí a činnosti s nimi spojené. Největší podíl z nich mají náklady na řezné nástroje, nástrojové držáky, přípravky, upínače, dílenská měřidla, měřicí technika, řezné prostředí, brusivo, seřizovací přístroje a pomůcky. Ve srovnání s těmito náklady jsou ostatní náklady na provoz stroje, mezi něž patří spotřeba elektrické energie, topení, osvětlení, odsávání, klimatizace, poměrně nízké. Hodnocení a posuzování nářadí ve výrobním procesu je v této práci zaměřeno na řezné nástroje.

Problematika výroby řezných nástrojů a materiálů je natolik složitá, že bez kvalitního výzkumu a vývoje včetně následného testování a provozních zkoušek nemá výrobce při stále vzrůstajících požadavcích moderních výrobních technologií žádnou šanci uspět. Úspěch výrobce řezných nástrojů musí být kromě výkonu a kvality postaven také na schopnosti dodat nástroj zákazníkovi včas, za nejnižší náklady a s potřebnou technickou podporou. Vývoj, konstrukce a výroba řezných nástrojů byla a dlouhodobě stále bude kritériem synergie tvůrčích schopností konstruktérů, technologů, specialistů materiálového inženýrství, výrobních inženýrů a mnoha dalších.

Vysokorychlostní obrábění, obrábění extrémně tvrdých a houževnatých materiálů včetně obrábění za sucha jsou realizovatelné jen za zcela specifických podmínek procesu obrábění. Úběr materiálů dosahovaný řeznými nástroji (v současné době i více než $1500 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) pro řadu technických materiálů, při vysokých řezných rychlostech (až do $8000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$), což jsou velmi náročné podmínky pro úspěšný a ekonomicky akceptovatelný návrh designu nástrojů. Je však potěšitelné, že dnešní věda nabízí velmi silné prostředky a možnosti pro verifikaci a realizaci navrhovaných konstrukcí nástrojů metodami CAD/CAM nebo Rapid Prototyping. Od hotového 3D modelu nástroje k jeho prototypu může uplynout pouze několik hodin nebo dnů. Současné inovace a optimalizace tvaru mohou také využívat metody FEM. Inovace probíhají například na vývoji speciálních odlehčených těles fréz, určených zejména pro vysokorychlostní obrábění lehkých slitin a kompozitů, vrtacích tyčí s aktivním tlumením vibrací a kmitů, polyfunkčních nástrojů i nástrojových držáků a používání univerzálních a modulárních nástrojů vhodných pro řadu technologických operací.



Obr. 5.1 Nové flexibilní a modulární nástrojové systémy zajišťují kromě vysokého výkonu obrábění, vysoké upínací síly a variability také systémové tlumení vibrací, systém Silent Tool. (18)

Vývoj geometrie bříty směřuje k používání velmi pozitivních úhlů čela a břitů ve šroubovici i pro obrábění velmi tvrdých nástrojových materiálů. Používají se nestejně rozteče břitů, různé sklony šroubovice a tím se snižují nepříznivé vlivy vibrací a kmitání. Výrobci navrhují a testují nové generace účinných utvařečů třísek, stěračů, speciálních tvarů a rektifikací břitů, zvláště pro povlakované nástroje. Tyto úpravy jsou zajišťovány různými dokončujícími technologiemi od broušení, lapování, leštění, kartáčování, omílání až po plazmu. Výsledkem je rychlý a plynulý odvod třísek z místa řezu v žádaném směru.

Předpokladem výkonnosti nástroje je nejen volba správné geometrie, řezného materiálu, povlaku, rozměru a upnutí nástroje, ale i plné využití jeho potenciálu řezivosti. To může ovlivnit i způsob jeho technologického použití či programování. Většina kvalitních CAD/CAM systémů dnes běžně využívá pětiosé obrábění, kterým lze eliminovat některé negativní jevy obrábění, například obrábění tvarovými nástroji, u nichž je v ose rotace nulová řezná rychlost. Stálým odklonem osy nástroje vůči normále k obráběnému povrchu dosáhneme kromě nenulové řezné rychlosti, také vyšší kvalitu (strukturu) obrobeného povrchu, výkonnost obrábění a snížení hodnot specifických řezných sil.

Rozvojem i aplikací moderních obráběcích technologií jsou řezné nástroje namáhány stále vyššími napětími, což si vyžaduje aplikaci řezných materiálů a povlaků o vysoké tvrdosti, houževnatosti, tepelné odolnosti a chemické stálosti, které nelze z fyzikálních důvodů jednoduše zajistit. Nejvhodněji se těmto podmínkám blíží jemnozrnné substráty slinutých karbidů s velikostí zrna od 0,5 do 1 μm , u kterých se vyšší plochou hranic zrn zvyšuje podíl kobaltového pojiva z běžných 5 až 12% až na 17 %. Takto vzniklé houževnaté substráty jsou v konečné fázi výrobního procesu nadále pokrývány velmi tvrdými a otěruvzdornými CVD a PVD povlaky, v několika vrstvách, optimalizovanými dle specifického použití nástroje a řezného prostředí. I když tyto povlaky přejímají řezivostní vlastnosti nástroje, je nutno se zaměřit na technologii výbrusu substrátů a parametrů na rozhraní substrát - povlak. Struktura povrchu a stav napjatosti ovlivňuje výsledný řezný nástroj jako celek včetně jeho životnosti a dosažitelných řezných podmínek. (11)

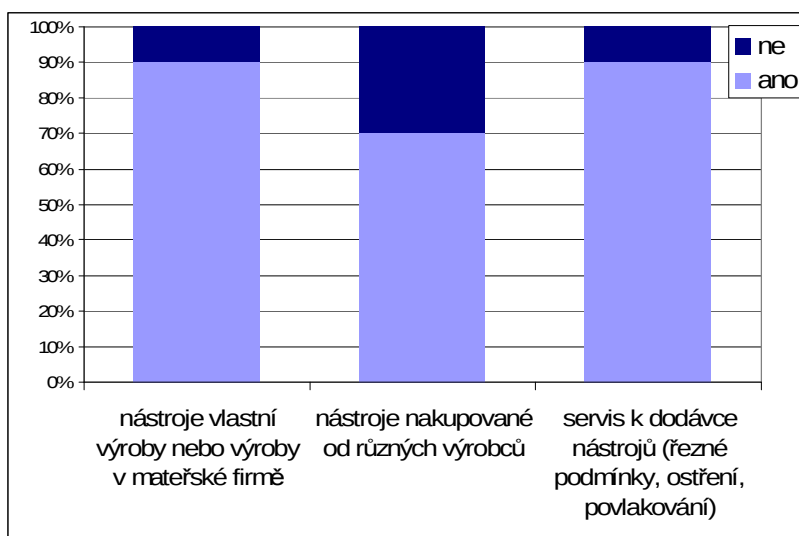
Pro hospodárnou výkonnost řezného nástroje jsou rozhodující tyto hlediska:

- trvanlivost bříty a životnost nástroje,
- řezné podmínky,
- utváření třísky a směr jejího odchodu,
- spolehlivost,
- výměna nástroje,
- norma spotřeby a náklady na skladování. (10)

Pozn. Současný trend výrobců a dodavatelů nástrojů zlepšuje pozici zákazníka, uživatele řezných nástrojů. Všechny potřebné informace i podmínky, lze bez problémů nalézt nejen ve firemních materiálech, CD a katalozích, ale také na internetu, výstavách, veletrzích a firemních prezentacích.

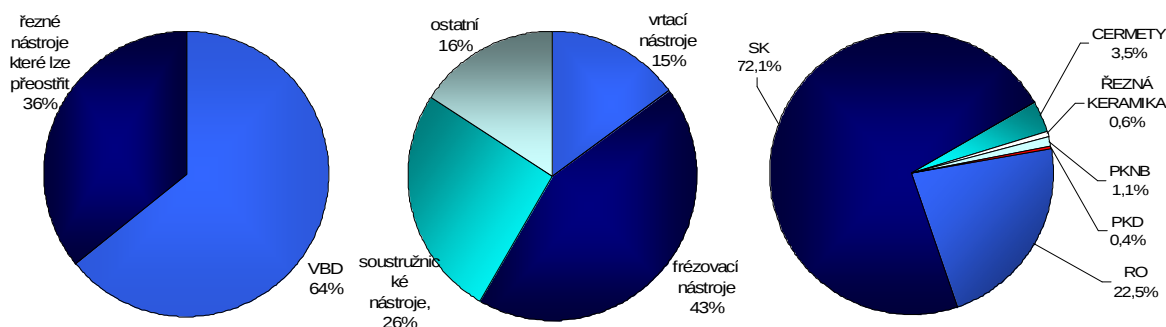
V oblasti řezných nástrojů byl proveden průzkum zaměřený na získání informací od dodavatelů nástrojů. Vzhledem k tomu, že odpovědělo celkem deset zástupců dodavatelských firem, není vypovídající hodnota na stejné úrovni jako u jiných výsledků průzkumů v této studii. Z odpovědí respondentů ale vyplývá, že kumulativní součet jimi odhadovaného tržního podílu dosahuje celkem 60 %. Pokud k tomuto výsledku přihlídneme, i když může být velmi optimistický, mají závěry průzkumu svou informativní hodnotu.

První část průzkumu potvrzuje trend v oblasti rozšiřování nabízených produktů jednotlivými dodavateli. Prodej nástrojů vlastní výroby nebo prodej nástrojů prostřednictvím výhradního zastoupení na českém trhu byl zjištěn u 90 % dodavatelů. Více než 70% dodavatelů však prodává také nástroje jiných výrobců. Více než 90 % dodavatelů zajišťuje zákazníkům potřebný servis nejen v podobě řezných podmínek nebo vzorků nástrojů k odzkoušení, ale také jejich ostření a povlakování. Poslední dvě služby lze již úspěšně nakoupit u jiných specializovaných firem.



Graf 5.1 V grafu je znázorněn podíl kladných a záporných odpovědí na dotaz týkající se nabízených produktů zákazníků a podpoře. (příloha č.6)

V další části průzkumu bylo zjištěno, že převládá prodej jednorázových řezných nástrojů (VBD), před nástroji umožňujícími opakované použití díky přeostržení. Z řezných materiálů mají nejvyšší podíl slinuté karbidy (72 %). Dle technologického využití jsou na první příčce frézovací nástroje a po nich následují soustružnické nástroje. Detailní výsledky jsou uvedeny v příloze č.6.



Graf 5.2

Výsledek průzkumu výrobců a dodavatelů řezných nástrojů. Zleva: podíl prodeje jednorázových i opakovatelně použitelných nástrojů, podíl nástrojů dle jejich použití, podíl používaných řezných nástrojů. (příloha č.6)

5.1 NORMOVÁNÍ SPOTŘEBY NÁŘADÍ

Normování spotřeby nářadí – řezných nástrojů se zabývá spotřebou množství nářadí všech druhů, které se při výrobním procesu spotřebovávají a to buď opotřebením, nebo poškozením či zničením. Normování přímo ovlivňuje požadavky na provozní financování a vázaný kapitál.

Aplikováním systému na normu spotřeby nářadí dosáhneme z časového, množství a distribučního hlediska splnění částí některých moderních metod průmyslového inženýrství JIT (Just in Time), Kanban, 5S.

Norma spotřeby nářadí je množství všeho druhu nebo jen určitého druhu nářadí v technických nebo peněžních jednotkách, které nezbytně potřebujeme pro zhotovení nebo opracování plánované výroby.

Výpočet technicky zdůvodněné normy pro řezné nástroje:

$$N_t = \frac{t_{41} \cdot i \cdot X}{60 \cdot \bar{Z}} \cdot k_{nz} \quad (5.1)$$

- t_{41} - čas hlavního chodu stroje, nástroj je v záběru [min];
 i - počet současně pracujících stejných nástrojů při opracování jedné součásti (například u stroje s několika vřeteny);
 X - počet součástí plánovaných k výrobě za plánovací období;
 k_{nz} - koeficient nahodilých ztrát, volí se v rozmezí 1,05 ÷ 1,5;
 $\bar{Z}$ - životnost nástroje [hod].

Do spotřeby nářadí zahrnujeme i ztráty nářadí a rozdíly proti evidenčnímu stavu. Spotřeba nářadí se určuje na základě norem, které jsou sestaveny:

1. Statisticky.
2. Propočtem.
3. Systémem.

STATISTICKY

Metoda je postavena na jednoduchém statistickém odhadu pravidelně a dlouhodobě používaného nářadí. Stanovené pojistné zásoby i objednávané množství je korigováno většinou plánem výroby nebo předběžnými výhledy po pravidelných časových intervalech. Nízká flexibilita a vysoká setrvačnost tohoto způsobu má zásadní nevýhodu při významných výkyvech v množství vyráběné produkce. Může dojít k prudkému růstu zásob a v případě nepoužitelnosti těchto nástrojů, také k vysokým ztrátám.

$$N_s = \frac{S}{V} \cdot k_z \quad (5.2)$$

- S - statisticky zjištěná spotřeba nářadí u podobných výrobních zakázek,
 V - výrobní zakázka zadaná v požadovaných naturálních jednotkách,
 k_z - koeficient zpevnění normy, kde $k_z \leq 1$.

PROPOČTEM

Pokud existují ve firmě i jejich databázích záznamy s evidencí nářadí, u kterého je uvedena známá životnost a plánovaný rozsah výroby včetně vý-

hledů, lze použít jednoduchý vzorec k automatizaci výpočtu. Tento způsob podporují také dnešní informační systémy a jsou schopny rychle reagovat na vygenerování požadavku k nákupu, výdeji, ostření nebo stornování dodávky nástrojů. U menších firem je však také propočet spotřeby nástrojů prováděn dílenským technologem, mistrem nebo jiným pracovníkem výrobního provozu. Vzhledem k operativnosti a systému práce je však tato forma někdy velmi nebezpečná, díky rychlým akcím, nedostatečné nebo neúplné evidenci. V případě operativního řízení spotřeby nářadí však může dojít kromě negativního jevu v podobě pozdního objednání také k jevu pozitivnímu. Konkrétně pak v podobě rychlé změny na nový řezný nástroj s lepšími parametry, díky častějšímu osobnímu kontaktu s dodavatelem a jejich technickými pracovníky může být rychlejší a lepší přístup k novinkám, případně technickým korekcím procesu obrábění.

Způsob výpočtu může mít několik forem a může být rozšířen o celou řadu podmínek. Nejčastěji je norma vypočtena vynásobením počtu kusů vyráběné produkce s časem konkrétního nástroje v záběru a následné vydělení životností nástroje. Doplňkové parametry obsahující například velikost pojistné zásoby, množství nástrojů v oběhu (seřizování, ostření, sklad) i dodací lhůta je řešena v jednotlivých firmách individuálně.

SYSTÉMEM

Spotřeba nářadí řízená systémem může mít opět více variant. Jednou z variant je systematické využívání databáze používaných nástrojů, jejich životnostních, ekonomických, materiálových, geometrických i řezných parametrů, včetně jejich přiřazení k jednotlivým strojům, nástrojovým držákům, výrobkům a operacím. Systém obsahuje nákupní i logistické podmínky a informace o skutečných dodacích lhůtách, velikosti i alokaci skladových prostor, minimálního odběrové množství, platebních i dodacích podmínek, pojistných zásobách na jednotlivých pracovištích a skladech, až po minimální dávku nástrojů nutných k přeostření i povlakování.

Pracovník TPV nebo technolog zvolí pro nově vytvářenou operaci vhodný nástroj z databáze nebo přidá nový nástroj. Po ověřovací sérii se nástroj stane součástí tzv. živé databáze a při plánování výroby pomocí systému se provede kontrola skladových zásob a v případě jeho nedostatku nebo hrozícímu poklesu pojistné zásoby, dojde do útvaru nákupu vygenerovaný požadavek na daný typ, kvalitu a počet řezných nástrojů. Další možností je pak automatické odeslání požadavku na dodávku nástroje přímo určenému dodavateli po autorizaci tohoto požadavku pracovníkem nákupního oddělení. Tento systém je velmi efektivní a snižuje chybovost, i prostoje strojů při čekání na dodání potřebných nástrojů. Zpětná vazba o termínu dodání dodavatelem nástrojů pak může v případě zpoždění upozornit na vznik úzkého místa nebo ohrožení splnění plánu výroby.

V minulosti byla ve větších výrobních firmách v rámci organizačního schématu obvykle zařazena funkce, jejíž hlavní poslání spočívalo v kontrole s hospodařením nářadí, zajišťováním nástrojů, jejich testováním, nákupu, přeostřováním a dodržováním řezných podmínek. V každé firmě byla konkrétní náplň funkce odlišná a v mnoha případech měla celofiremní působnost nezávislou na činnosti nástrojárny (útvary výroby nářadí) ostřírny, nákupu a výroby.

Někdy byla organizačně začleněna pod technický úsek nebo útvar TOV. V současnosti se již tato funkce ve firmách nenachází nebo je část povinností a pravomocí přenesena do kumulovaných funkcí. České firmy se těchto funkcí začaly postupně zbavovat v průběhu devadesátých let při snižování počtu zaměstnanců (projekty na optimalizaci stavu, revitalizaci firmy, atd.).

U firem s velkým strojním vybavením v řádech stovek strojů a zařízení s vysokým podílem třískového obrábění, je však tato funkce v mnoha firmách nezbytná. Z těchto důvodů nastalo i v oblasti normování spotřeby nářadí a řízení tohoto procesu k celé řadě změn, které se rozdělují často jen na dvě řešení.

Část firem tuto úlohu zcela zrušila a posunula tuto roli na výrobní provozy a dílny. Centrální sklady byly zrušeny a zůstal pouze centrální příjem a vnitrofirmní distribucí je nářadí dodáváno přímo na pracoviště, kde jsou lokální sklady, výdejny nebo místa s určením ke sběru a dodávce nářadí. Nástroje se také dodávají přímo na pracoviště seřizování případně i ostření nástrojů nebo se dodávají do výdejních automatů a základacích systémů. (příloha č.11)

Některé firmy šly opačnou cestou a zřídili centrální sklad nebo logistické centrum, které přijímá, vydává, skladuje, objednává a řídí proces hospodaření s nářadím. Využíváním ústředního nebo centrálního skladu, ve kterém jsou nejčastěji zásoby doplňovány periodicky, vznikají díky plynulému odebrání nástrojů dle operativních potřeb zásoby pohyblivé. Pro účinné řízení těchto zásob lze používat několik optimalizačních variant, nejčastěji soustavu maxima a minima. Detailní princip soustavy je uveden v příloze č 12.

Obě řešení mají své výhody a nevýhody, ale z ekonomického pohledu jsou vzhledem k nutnosti skladovat nástroje a mít v nich alokovány finanční zdroje, vždy nevýhodné. I z tohoto důvodu je nutná neustálá optimalizace tohoto procesu a snižování zásoby i spotřeby nástrojů.

Ve výrobních firmách, které kontinuálně zvyšují svou výrobní produkci a do svého výrobního programu zavádí nové výrobky, je nutné normování, plánování a řízení zásob nářadí provádět mnohem důkladněji. Problém spočívá ve vysokém množství pracovníků, kteří nástroje navrhuji, objednávají, nakupují, skladují a dodávají. Skladové zásoby nástrojů tak neustále vzrůstají a snižuje se také jejich stupeň využití i doba obrátky. (10)

Velkou pozornost je nutné věnovat také změnám výrobního sortimentu, při nichž dochází k utlumení vyráběné produkce. Nástroje v oběhu je nutné využít pro jinou operaci nebo výrobek, a pokud to technické podmínky neumožňují, musí být tyto zásoby řízeně snižovány. Jednou z variant je prodej těchto nástrojů nebo na základě dohody s dodavatelem nástrojů vyměněny za jiné nástroje vhodné pro aktuální výrobní produkci.

V praxi bylo zjištěno několik negativních příkladů velkých výrobních firem, z nichž vyplývá trvale rostoucí počet nástrojů s nízkým nebo žádným využitím pro aktuální výrobní program a jejich hromaděním ve výdejnách a skladech. Tyto nástroje jsou obvykle po určitém časovém období nabízeny k prodeji, ovšem za výrazně nižší prodejní cenu než byla jejich pořizovací hodnota nebo než je aktuální hodnota v účetnictví firmy. Tomuto plýtvání je nutné předejít a snížit tak negativní dopady na velikost zásob a finanční ztráty z prodeje těchto nástrojů.

5.2 TRVANLIVOST A ŽIVOTNOST

Pro každou součást a operaci roste s objemem výroby potřeba znát trvanlivost a životnost jednotlivých druhů nářadí.

Trvanlivost nářadí je optimální doba jeho skutečné práce mezi dvěma ostřeními nebo jinými opravami, trvanlivost lze tedy definovat jako součet všech čistých časů řezání, od začátku obrábění, až po opotřebení břitu nástroje na předem stanovenou hodnotu vybraného kritéria. Trvanlivost je tak limitována přípustnou mírou opotřebení nářadí. Kritérium opotřebení a jeho hodnota musí být stanoveny tak, aby vyráběný obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu a to po celou dobu trvanlivosti nástroje. Přípustná míra opotřebení a jeho parametry pak určují hospodárnost obrábění. Měří se buď v časových jednotkách, nebo počtem pracovních úkonů.

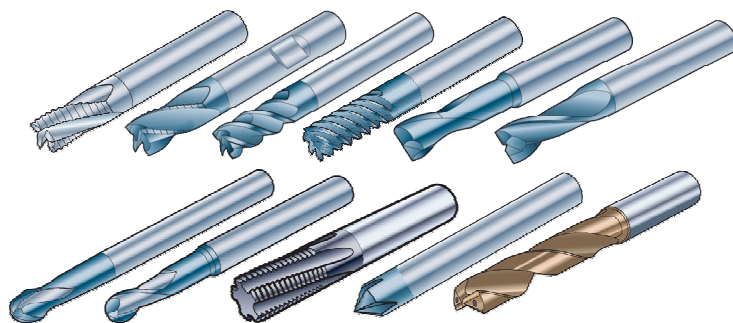
Trvanlivost nástroje je rozhodujícím způsobem ovlivňována schopností břitů zajišťovat předepsané hodnoty ve stanovených limitech (struktura povrchu, přesnost rozměrů, tvar třísky a směr odchodu třísky), při optimálním příkonu a řezných silách. Trvanlivost je jedním z důležitých faktorů pro určování úrovně produktivity obrábění na konkrétní operaci a navrženým řezným nástrojem. Systematické měření opotřebení i jejího průběhu jsou základním předpokladem optimalizace výrobního procesu.

Životnost nářadí je doba skutečné práce daného druhu nářadí, kterou vykonává za normálních podmínek až do úplného opotřebení a vyřazení (nástroje, které lze ostřit jsou vyřazeny v případě, že byla odbroušena celá jejich funkční část, vyměnitelné břitové destičky v případě, že byly použity všechny jejich břity). Životnost je tedy definována jako součet všech trvanlivostí. Měří se buď v časových jednotkách, nebo počtem pracovních úkonů. (10, 15)

Životnost nářadí pro přebušované nástroje.

$$Z = \sum_{i=1}^{x+1} T_i = (x+1) \cdot T \quad (5.3)$$

- T_i - jednotlivé trvanlivosti,
 T - aritmetický průměr hodnot T_i ,
 x - počet možných ostření nástroje.



Obr. 5.2 Ukázky vybraných přebušovaných řezných nástrojů. U těchto nástrojů je velmi důležité sledovat velikost, průběh a formu opotřebení aby nedošlo k jejich úplnému znehodnocení. Počet možných ostření nástroje významně ovlivňuje ekonomiku výrobního procesu. (18)

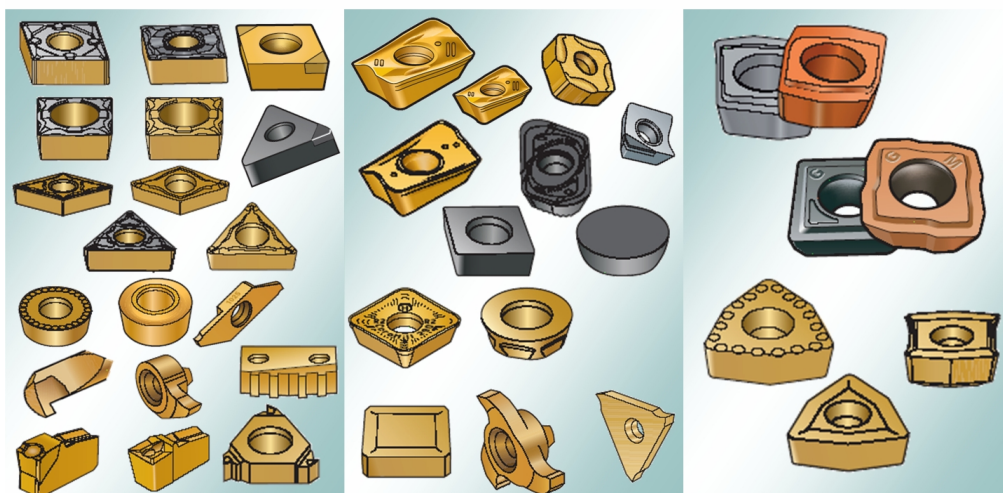
Životnost náradí s mechanicky upínanými vyměnitelnými břitovými destičkami se vypočítá dle následujícího vztahu. (VBD mohou mít několik ostří a každé z nich lze použít samostatně a má svou vlastní trvanlivost.)

$$Z = \sum_{i=1}^q T_i = q \cdot T \quad (5.4)$$

T_i - trvanlivosti jednotlivých ostří destičky,

T - aritmetický průměr hodnot T_i ,

q - počet samostatně použitelných ostří destičky nebo řezného nástroje.
(2, 15)



Obr. 5.3 Ukázky vybraných vyměnitelných břitových destiček. Díky struktuře normy ISO jsou si jednotlivé VBD různých výrobců na první pohled velmi podobné. Jejich řezný materiál, povlaky, geometrie, utvařeče třísky, počet řezných hran a další parametry jsou však odlišné. Zleva: VBD pro soustružení, frézování, vrtání a vyvrtávání.
(18)

5.3 ŘÍZENÍ A OPTIMALIZACE ZÁSOB NÁŘADÍ

K zajištění plynulého a nepřerušovaného chodu výrobního procesu je nutno udržovat potřebnou úroveň zásob náradí – řezných nástrojů.

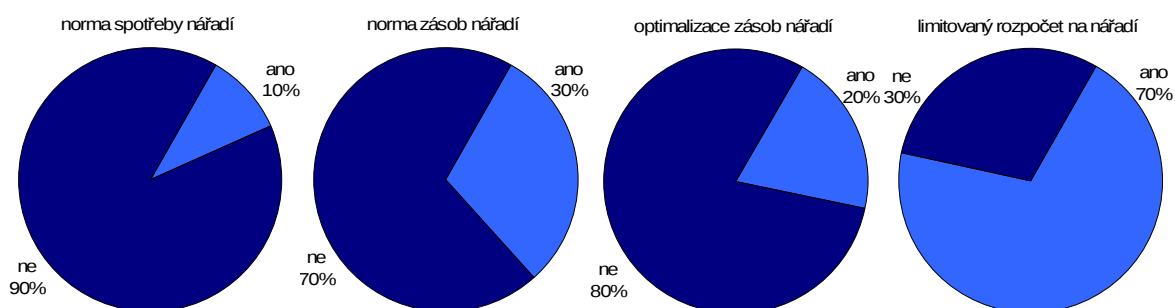
Zásoby na skladě jsou určeny celkovým množstvím náradí skladovaného v centrálním skladu firmy. Množství je uváděno nejčastěji v technických jednotkách (kusy, sady, komplety) nebo peněžních jednotkách.

Zásoby v používání jsou určeny množstvím náradí, které je evidováno ve výdejních náradí, ale také náradí na specifických výdejních místech nebo pracovištích. Mezi ně řadíme výdejní automaty, zakladače, skříně a pojízdné vozíky seřizovačů, pracoviště seřizování nástrojů, ostřírny nebo jiná vyhrazená a k tomuto účelu připravená pracoviště a mezisklady přímo na výrobní dílně.

V praxi výrobních firem je náradí dodáváno přímo na výrobní dílny a pokud je výdejnou předáno odpovědné osobě je náklad na náradí zúčtován za dané období do spotřeby. Důvod spočívá v ceně většiny řezných nástrojů i nástrojových držáků. Jejich jednotková cena je většinou pod hranicí 40 000 Kč. Pokud se jedná o nákladnější náradí, je odepisováno dle příslušné legislativy a podléhá pravidelné inventarizaci majetku.

Vysoká jednotková cena nářadí a zvláště pak velmi výkonných a kvalitních řezných nástrojů je velmi náročná na vázání oběžného majetku a je tedy nezbytně nutné tyto zásoby normovat, optimalizovat a řídit. Na velikost normy zásob má vliv typ a charakter výroby, počet potřebných druhů nářadí, pravidelnost a objem spotřeby nářadí, způsob zásobování podniku nářadím (dodací lhůta, minimální odběrové množství), periodičnost výroby dávek nářadí.

Z rychlého průzkumu na způsob řízení a optimalizaci zásob nářadí ve strojírenských firmách vyplývá, že je tato oblast silně podceňována. Více než 90 % firem nemá zaveden výpočet normy spotřeby nástrojů a více než 80 % nemá stanovenou optimální zásobu nářadí. Z výsledků průzkumu vyplývá, že přesunutím skladování, rozhodování o volbě nástroje, nakupování a ostření na výrobní dílny nebo pracoviště, je oblast nářadí vymezena pouze rozpočtem firmy (organizační jednotky nebo střediska) se stanovenou výší nákladů na nářadí v rámci režijních nákladů.



Graf 5.3 Výsledek průzkumu na optimalizaci zásob nářadí. Grafy znázorňují, kolik procent firem z provedeného průzkumu používá nebo nepoužívá dané formy kontroly, řízení i optimalizace zásob nářadí. (příloha č.5)

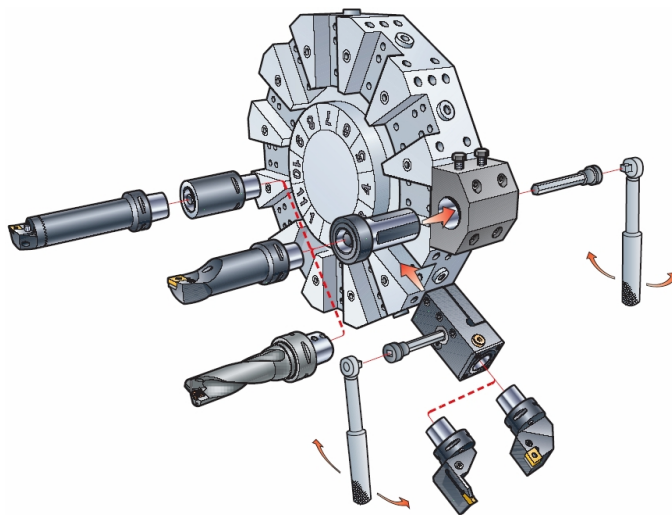
Norma zásob nářadí byla u 70 % dotazovaných firem řešena stanoveným peněžním limitem objemu zásob daného skladu. Paradoxně však některé sklady zabezpečují další sortiment výrobního režijního materiálu a tento limit je tedy společný pro všechny skladované komodity. Norma zásob nářadí a nástrojů tedy není přesně rozvrhována a není možné ji efektivně řídit. Limitovaný rozpočet nákladů na nářadí a nástroje je téměř standardní způsob. Ve své podstatě však jde pouze o základní předpoklad vynucený tvorbou firemního rozpočtu a následně kalkulačního vzorce obsahujícího režijní náklady, do kterého tyto náklady na nářadí spadají. (příloha č.5)

U firem s vysokým počtem obráběcích strojů a s vysokými objemy výroby jsou náklady za nářadí ročně v řádech milionů korun. Absencí optimalizace zásob a normy spotřeby se firma zbavuje možnosti efektivního řízení nákladů v této oblasti a může tak snižovat svou ziskovost nebo prohlubovat ztrátu. Řízením zásob a definováním normy spotřeby lze však dosáhnout zajímavých úspor i u malých a středních strojírenských firem, jejichž roční náklady za řezné nástroje jsou vyšší než sto tisíc korun.

Zásoby řezných nástrojů lze úspěšně snižovat samotnou volbou nástroje. Modularita, univerzálnost a zaměnitelnost pro více operací a úkonů umožňuje snížení zásob, času výměny a seřízení, snížení počtu obsazených pozic v zásobníku nástrojů stroje.

Adaptéry, nástavce, posuvné držáky a rychlovýměnné řezné hlavy nebo nožové vložky zajistí společně s neutrální stopkou nebo nástrojovým držákem snížit rozsah používaného nářadí. V praxi bylo ověřeno snížení objemu zásob u vybraných druhů nářadí o $25 \div 50 \%$ a zrychlení doby výměny nástroje a jeho ustavení až o $80 \div 90 \%$. Zvláštní pozornost je třeba věnovat speciálním nástrojovým držákům umožňujícím svou konstrukcí okamžitou výměnu nástrojů a jejich přesné ustavení a rychlé upnutí. U CNC soustruhů i obráběcích center spočívá výhoda především ve snížení

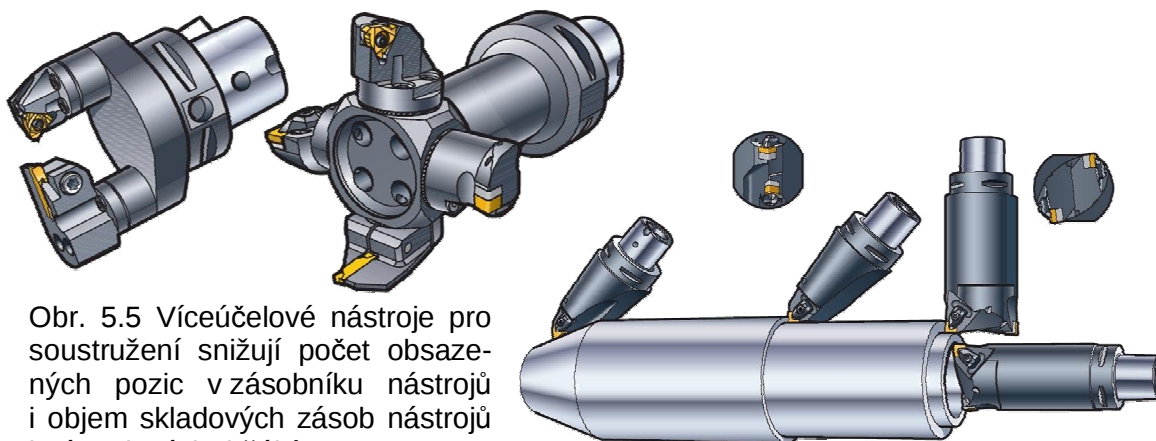
zásob nástrojových držáků, minimalizaci komplikovaného čištění upínacích i dorazových ploch od třísek a také snížení náročné manipulace s držáky, jelikož operátor vyměňuje pouze řeznou hlavu, těleso nástroje s VBD nebo samotný nástroj. Je-li nutné přesné ustavení nástroje nebo VBD, lze ho díky tomuto systému provést mimo stroj a totéž se týká i běžného přetočení VBD, které je ve většině případů spojeno s nutností uvolnit upínací mechanismus (nejčastěji šroubový spoj). Uvolnění i upnutí řezné hlavy a nástavců ve stroji tak výrazně sníží neproduktivní časy díky otáčení pouze o $90 \div 180^\circ$, na rozdíl od upínek a upínacích šroubů, u nichž je nutné provést několik otáček nad 360° nebo je nutné upínací šroub vyšroubovat úplně a pak nástroj vyměnit nebo pootočit. Snížení doby výměny nástrojů u soustružnických CNC strojů lze dosáhnout i pomocí automatických upínacích jednotek a nástrojových držáků. Nejčastěji využitím hydraulického tlaku oleje, méně často pak pneumatickým systémem. Automatizované upínací jednotky mohou být vybaveny i ofukovacím systémem, který stejně jako u některých obráběcích center při výměně nástrojových držáků ve vřetenu zajišťuje sfouknutí případných nečistot z dosedacích ploch nástrojových držáků. Tyto jednotky sníží samotnou dobu výměny na $4 \div 10$ vteřin a zajistí konstantní upínací sílu. Pro aplikaci těchto držáků je však nutné rozhraní na obráběcím stroji. (18)



Obr. 5.4 Standardizované upínací jednotky nahrazují několik speciálních nástrojových držáků a zjednodušují výměnu nástroje pomocí systému Coromant Capto. (18)

Z konkrétních příkladů ve výrobních firmách vyplývá, že obecně je automatizovaný systém výměny a upínání vždy výhodnější než ruční. Při ruční výměně je nutné dbát na správné dotažení i uvolnění. Každý pracovník zajišťující výměnu nástrojů nebo držáků vyvine jinou sílu a může upínací mechanismus poškodit nebo výrazně zkrátit jeho životnost. Z těchto důvodů je doporučeno používat pomůcky, například momentový klíč, nebo stanovit pravidla a podmínky pro výměnu nástrojů. K minimalizaci problémů je vhodné používat na jednom stroji nástrojový systém jednoho typu nebo výrobce.

Někteří výrobci nabízejí ucelené řady produktů umožňujících nejen univerzálnost a modularitu, ale také víceúčelové obrábění. Víceúčelové obrábění je založeno na konstrukci nástroje umožňující v jednom tělese nebo nástrojovém držáku, umístit několik shodných (avšak různě uložených) nebo typově odlišných VBD. Kombinované nástroje jsou nejčastěji používány u výroby a dokončování otvorů, srážení hran, kopírování, soustružení rotačně symetrických válcových a kuželových ploch a frézováním tvarově složitých ploch. (10)



Obr. 5.5 Víceúčelové nástroje pro soustružení snižují počet obsazených pozic v zásobníku nástrojů i objem skladových zásob nástrojů i nástrojových držáků.

Vlevo řezná hlava vyrobená na zakázku a minirevolverová hlava s osazenými standardními řeznými hlavami ustavenými dle specifických požadavků. Vpravo zdvojené soustružnické nástroje. Vše systém CoroPlex. (18)

Modulárními a rychle vyměnitelnými nástroji lze mimo snížení objemu zásob docílit žádané úspory při seřizování, ustavování a výměně nástrojů a tím také vyššího využití strojů a výrobních kapacit. S rostoucí rychlostí seřizování i výměn nástrojů, klesají neproduktivní časy a tím se snižují negativní dopady častějších výměn nástrojů, způsobené zkracováním trvanlivosti, kterou ovlivňují rostoucí řezné podmínky.

Aplikací systémů na řízení a optimalizaci zásob i použitím nástrojových systémů docílíme splnění většiny podmínek moderního systému hladké výroby (Lean Production).

5.4 HOSPODÁRNOST VOLENÉHO NÁSTROJE

Každé nářadí, a tedy i řezné nástroje, nutné pro zvolenou technologii bude hospodárné, jestliže úspory na výrobních nákladech, dosažitelné jeho použitím, budou větší než náklady na pořízení tohoto nářadí. Pravidlo platí při dosažení minimálně stejné úrovně kvality a bez zvýšení jakýchkoli dalších nebo vynucených nákladů. Zvolená technologie i řezný nástroj musí splnit podmínku opakovatelné aplikace. Nesmí být použitý druh nástroje, který má specifické dodací podmínky nebo je téměř nedostatkovým zbožím.

Nákup řezného nástroje je ve své podstatě investicí do procesu obrábění, ve kterém je společně se strojem a dalšími prostředky nutné generovat přidanou hodnotu a uspokojivý zisk.

Podmínka úspor při použití nářadí:

$$U_c \geq C_p \quad (5.5)$$

- U_c - úspory na výrobních nákladech, které vzniknou porovnáním dosavadní technologie a technologie s voleným nářadím,
 C_p - náklady na pořízení nářadí.

Dosažitelné úspory jsou úspory na výrobních nákladech U zmenšené o náklady na opravy a údržbu v době životnosti voleného nářadí.

$$U_c = U - k \cdot C_p \quad (5.6)$$

- U - úspory na výrobních nákladech při porovnání technologie původní a technologie s voleným nářadím,
 K - koeficient oprav a údržby, který nabývá hodnoty $0,2 \div 0,4$.

Zahrnutím vlivu počtu součástí nebo komponent, které mají být voleným nářadím opracovány.

$$C_p = u \cdot X - k \cdot C_p \quad (5.7)$$

- u - hrubá úspora, dosažitelná z titulu provedení konkrétní technologie voleným nářadím na jednu součást,
 X - plánovaný počet součástí, jež mají být vyrobeny voleným nářadím.

Hrubá úspora na výrobních nákladech při opracování jedné součásti je souhrn dílčích úspor.

$$u = \sum_{i=1}^4 u_{díl} = u_{mat} + u_{mzdy} + u_{seř} + u_{dr} \quad (5.8)$$

- u_{mat} - úspora materiálu na jednu součást při použití zvoleného nářadí,
 u_{mzdy} - úspora na mzdě VD nebo operátora, pracujícího s voleným nářadím danou technologií na jedné součásti,
 $u_{seř}$ - úspora na mzdě seřizovače při použití voleného nářadí, přepočtená na jednu součást,
 u_{dr} - úspora dílenské režie při zpracování dané technologie jedné součásti při použití zvoleného nářadí.

Úspora na materiál:

$$U_{mat} = C_m \cdot (G_{m1} - G_{m2}) + C_o(G_{o1} - G_{o2}) \quad (5.9)$$

- C_m - cena materiálu [Kč/kg],
 $G_{m1,2}$ - hmotnost materiálu na 1 opracovanou součást v 1. a 2. technologii [kg],
 C_o - cena využitelného odpadu [Kč/kg],
 $G_{o1,2}$ - hmotnost využitelného odpadu materiálového prvku na 1 součást [kg].

Úspora na mzdě operátora:

$$u_{mzdy} = m_1 \left(t_A' + \frac{t_B'}{d_{v1}} \right) - m_2 \left(t_{A1}'' + \frac{t_{B1}''}{d_{v2}} \right) \quad (5.10)$$

- $m_{1,2}$ - mzdový tarif operátora, VD v 1. a 2. technologii,
 $d_{v1,2}$ - počet součástí ve výrobní dávce v 1. a 2. technologii,
 t'_{A1}, t'_{A2} - čas jednotkové práce při 1. a 2. technologii,
 t'_{B1}, t'_{B2} - čas dávkové práce při 1. a 2. technologii.

Úspora na mzdě seřizovače:

$$u_{seř} = m_s \left(\frac{t'_{B1}}{d_{v1}} - \frac{t'_{B2}}{d_{v2}} \right) \quad (5.11)$$

m_s - mzdový tarif seřizovače.

Úspora na dílenské režii:

$$u_{dr} = (u_{mzdy} + u_{seř}) \cdot R \quad (5.12)$$

R - součinitel dílenské režie.

Hospodářská účinnost voleného nářadí:

$$h = \frac{U_c}{C_p} = \frac{u \cdot X - K \cdot C_p}{C_p} \quad (5.13)$$

Měřítkem hospodářské účinnosti je podmínka, že $\eta \geq 1$, ale pro $\eta = 1,2 \div 1,5$. Tím je zajištěno riziko nepředvídaných nepříznivých vlivů.

Rentabilita voleného nářadí:

$$r = \eta - 1 \quad (5.14)$$

r - hodnota úspor.

Rentabilita posuzuje hodnotu úspor na každou vloženou korunu do nářadí. (2)

Rentabilita voleného nářadí nebo návratnost vložených prostředků je v posledních letech spojována a posuzována společně s investicí do stroje. To znamená, že se v rámci investičního záměru posuzují kompletní náklady na požadovanou technologii.

Z praktických zkušeností lze uvést příklad, jehož výhoda spočívá ve smluvním zajištění dodávky kompletní technologie „na klíč“. Dodavatel stroje provede volbu nástrojových systémů, řezných podmínek i řídicího programu a provede odzkoušení této technologie na zkušební produkci. Po základní optimalizaci technologie proběhne převážka stroje zákazníkem (převládá převážka technologie u výrobce stroje). Pokud je technologie a její výkonnost v souladu s požadovanými hodnotami, je technologie převzata a převezena k zákazníkovi. U zákazníka proběhne instalace a opětovná zkušební produkce. Velmi se osvědčil požadavek na dodání stroje s technologií, která musí zabezpečit požadovaný čas cyklu výroby. Na tomto parametru a dodaných podkladech od dodavatele stroje je pak postaven výpočet návratnosti celé investice.

Pokud zákazník nemá vytvořen ekonomický systém umožňující posuzování návratnosti investice a její následné vyhodnocování, lze použít i běžně dostupné matematické modely k výpočtu návratnosti investice dostupné na internetu nebo v literatuře (2, 3, 5). Požaduje-li zákazník výpočet návratnosti inves-

tice do zvolené technologie od dodavatele, je většina kvalitních a seriózních dodavatelů tento výpočet předložit. Někteří výrobci nástrojů pak dodávají i ucelený systém k analýze návratnosti investice do stroje se zvoleným nástrojovým systémem a řeznými podmínkami.



Obr. 5.6 Ukázka výstupu softwarové analýzy návratnosti investice od firmy Sandvik Coromant. (18)

6 POPIS STAVU VE VYBRANÉ FIRMĚ

Problematika navrhování, rozhodování, nákupu, výroby, aplikace a vyhodnocování řezných nástrojů byla podrobněji zkoumána a rozebrána v konkrétní firmě. Doplnkové informace o firmě jsou uvedeny v příloze č.13. V této kapitole jsou uvedeny vybrané poznatky, zjištěné při dlouhodobém zkoumání všech činností souvisejících z řeznými nástroji.

Většina zaměstnanců pracujících ve výrobě a technologii se osobně považují za specialisty a odborníky. Jejich dílčí postupy, kritéria a hodnocení bohužel neřeší celkové náklady na obrábění s potřebným nadhledem a podloženým ekonomickým rozbohem. Vedoucí pracovníci tak často inklinují k názoru, že nejdůležitější a rozhodující položkou určující ekonomiku obrábění je cena technologie a zvláště pak cena řezných nástrojů.

Důvodem pro tyto úvahy je skutečnost, že ze všech nákladů spojených s třískovým obráběním na CNC strojích (po pořizovacích nákladech na stroj a příslušenství) jsou právě největší náklady na řezné nástroje a činnosti s nimi spojené. Tato úvaha má své opodstatnění především v jednoduchosti tohoto sledovaného parametru, je totiž velmi snadné sledovat a vyhodnocovat objem finančních prostředků za nákup řezného nářadí i nástrojových držáků. Všechny ostatní aktivity jsou již méně transparentní a přesné sledování těchto nákladů a jejich přiřazování na jednotku produkce nebo jednotlivé činnosti je velmi složité a někdy i nejednoznačné.

Dalším problémem je, že stále je v ČR celá řada velkých firem, které si sami v minulých letech, stejně jako konkrétní firma, vyráběly většinu výrobních pomůcek (nářadí, nástroje, měřidla, upínače), ve svých specializovaných nebo vyčleněných provozech a nástrojárnách. Pracovníci a specialisté těchto provozů jsou mnohdy přesvědčeni, že i jejich výrobky a produkty jsou plně srovnatelné se specializovanými firmami, které se zabývají skutečným výzkumem, vývojem a zkoušením těchto produktů. V dané firmě se tento problém týkal právě výroby komunálního řezného nářadí. Výsledkem tedy byla zavedená výroba vlastních řezných nástrojů, jejichž konstrukce, geometrie, materiály, ale i použité technologie odpovídali parametrům a možnostem 70. až 90. let minulého století.



Obr. 6.1 Ukázka vlastní výroby řezného nářadí z RO.

Skutečný vývoj a výzkum v oblastech řezných materiálů, geometrií i řezných podmínek, však ve firmě neexistoval, a pokud byl na velmi dobré úrovni, tak především v oblasti speciálního, operačního nářadí (tvarové frézy, výstružníky, výhrubníky, složené nástroje, nástroje pro tváření, aj.). Přesto byla pozice vlastní nástrojárny, která ve svém provozu vyráběla i komunální řezné nástroje, v této oblasti na tak silné úrovni, že bylo téměř nemožné výrazně rozšířit aplikace vysoce produktivních, nových řezných nástrojů od externích specializovaných firem.

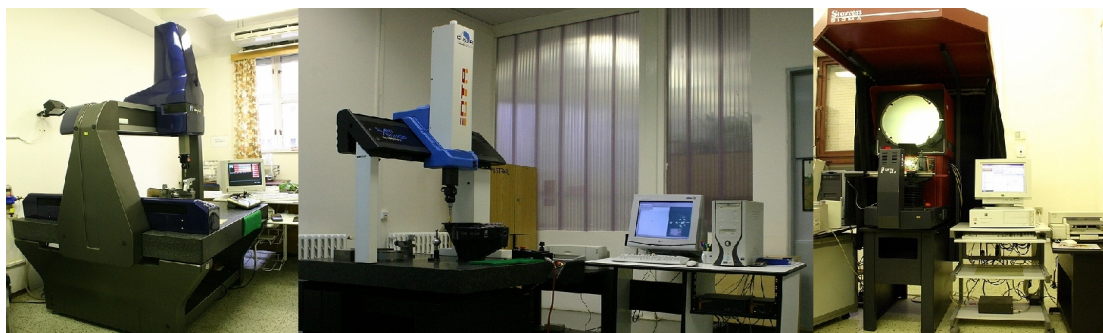
Všeobecný tlak a „praxí ověřená znalost“, že nejdůležitější je cena nástroje, a ta byla v drtivé většině případů skutečně nižší než u nakupovaného komunálního nářadí, znemožňovala uvažovat o razantním snížení produkce výroby řezných nástrojů a místo toho například investovat finanční prostředky do obnovy technologie na přestrojení řezných nástrojů z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů. Pro ostření řezných nástrojů renomovaných výrobců je nutná kromě znalosti geometrie nejen potřebná vybavenost kvalitními brusnými nástroji, ale především moderními pětiosými přesnými a v mnoha případech klimatizovanými CNC bruskami a potřebnou měřicí technikou.

I z těchto důvodů (ceny nástrojů vlastní výroby) nejsou útvary nebo provozy nástrojáren tak často outsourcovány jako například jiné procesy a provozy, mezi něž patří například údržba a servis strojů a zařízení, úklid, generální opravy, bezpečnostní a strážní služby, doprava, atd.).

Stav CNC technologií a kontrolní a měřicí techniky ve firmě:

Firma aktivně využívá téměř 120 ks CNC a NC strojů, zařízení a obráběcích center. Více než 70 z nich je určeno na třískové obrábění s převahou CNC frézek, u nichž je z 80 % vždy čtvrtá případně i pátá osa. Přibližně 15 % CNC strojů je mladších tří let. Přibližně 35 % má stáří do 8 let a zbývajících 50 % strojů je starších 8 let. Stále jsou však používány i CNC stroje starší 18 let.

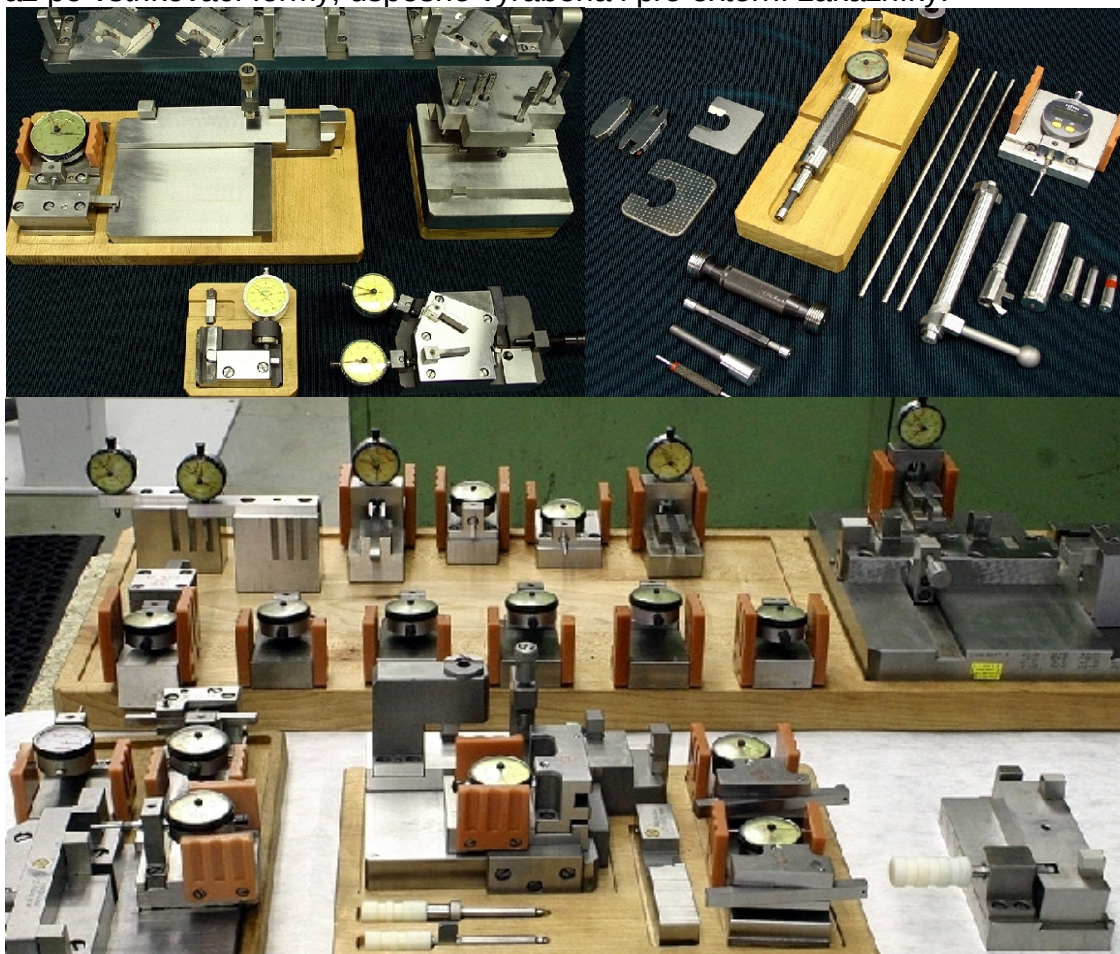
Provoz CNC obráběcích strojů je vzhledem k dosahovaným přesnostem a vysokému množství zkumulovaných operací do jednoho pracovního cyklu velmi náročný na opakovatelnou přesnost a kvalitu. Z těchto důvodů se v dané sériové výrobě používají nejčastěji operační měřidla. Výroba těchto měřidel je složitá, náročná a drahá, ale vzhledem k jejich konstrukci a použitým materiálům i tepelnému zpracování, je lze používat v rámci kalibračních lhůt několika násobně déle než běžná komunální měřidla. Lze s nimi dosahovat také vyšší přesnosti měření a samotný proces měření je velmi rychlý a jednoduchý.



Obr. 6.2 Představitelé používaného měřicího zařízení (zleva: dva souřadnicové měřicí stroje a digitální profilprojektor).

Při seřizování stroje nebo změně výroby a po výměnách nástrojů i zásahu údržby je většinou žádoucí provést proměření rozměrových řetězců a geometrických tolerancí na tříosých souřadnicových měřících strojích. Dosahovaná vynikající přesnost měření i možnost proměření pouze zvolených uzlů, včetně grafického výstupu a rozměrového protokolu, má však nevýhodu nejen v ceně zařízení, vysoké kvalitaci obsluhy a podmínkám pracoviště, ale měření je vzhledem k výrobním časům velmi zdlouhavé.

V uvedené firmě se používá celkem šest 3.osých souřadnicových měřících strojů, 50 speciálních měřících přístrojů a zařízení a více než 30 000 ks měřidel (80 % z nich jsou měřidla operační). Průměrná cena operačních měřidel je v intervalu od 2 000 do 6 000 Kč, speciální sady měřidel pak od 10 000 do 50 000 Kč. Kompletní sada jednoho složeného měřidla určená k proměření několika obráběcích operací provedených v jednom cyklu umožňuje ustavení od jedné základny a rychlé a jednoznačné změření výrobku (v praxi jsou tyto měřidla občas nazývána slovem „kombajny“). Průměrná velikost výrobní tolerance obráběných výrobků je 0,05 mm, geometrické tolerance 0,02 mm, používaná operační i komunální měřidla jsou vždy o řád přesnější. Více než 95% měřidel je vyvinuto, zkonstruováno, vyráběno a zkalibrováno přímo v dané firmě. Je nutno konstatovat, že vynikající konstrukce i kvalita těchto měřidel byla společně s dalšími druhy speciálního nářadí, od upínačů a tvářecích nástrojů až po vstřikovací formy, úspěšně vyráběna i pro externí zákazníky.



Obr. 6.3 Ukázka operačních měřidel a kalibrů vlastní výroby.

7 PŮVODNÍ ŘEŠENÍ A OPTIMALIZACE

Doposud se danou problematikou ekonomiky a hospodárnosti třískového obrábění v konkrétní firmě nikdo komplexně nezabýval a řešila se pouze částečně na úrovni výrobní dílny a pracoviště technologické přípravy výroby (TPV). Pracovníci technologie zvolili (dle jejich pohledu) optimální řezný nástroj a řezné podmínky. Při ověření základních parametrů v ověřovací sérii, byly konečné hodnoty aktualizovány do databáze informačního systému. Kromě běžných parametrů obsahuje databáze i seřizovací list a řídicí program pro konkrétní výrobek nebo operaci.

Jak bylo uvedeno v předcházející kapitole, drtivá většina odborníků se domnívala, že klíčovým faktorem pro rozhodování a volbu nástroje je jeho cena. Z těchto důvodů se kombinovalo většinou řezné nářadí (vrtáky, výhrubníky, výstružníky, záhlubníky, frézy) vyrobené ve vlastní nářaďovně s produkty několika specializovaných externích firem dodávajících řezné nástroje s VBD. Díky tomu, byla produktivita jednotlivých operací velmi nízká a neproduktivní časy příliš vysoké. Tento stav vyhovuje většinou operátorům - výrobním dělníkům, jelikož díky nižším řezným a posuvovým rychlostem jsou časy cyklů na obráběcích strojích dlouhé. Za jednotku času se tak vyrobí méně kusů, což znamená, že jsou méně častější výměny polotovárů a hotových dílů, výměny nových a tupých nástrojů, počet měřených kusů, zásahy do stroje z důvodu nástrojových korekcí při seřizování atd. Nejsou-li tyto časy a aktivity pravidelně sledovány a vyhodnocovány, dochází dále ke zhoršování ukazatele využití stroje, tj. poměru času kdy je stroj v provozu a vyrábí produkci a kdy je stroj odstaven (neproduktivní časy).

U obdobných firem se daný problém vyskytuje v podobném měřítku, i když nejsou používány nástroje z vlastní nářaďovny. Tendence operátorů je vzhledem k „přirozené lenosti“ ve všech firmách stejná, pokud ovšem nejsou motivováni k eliminaci prostojů a maximalizaci výkonů, tj. kusů za jednotku času. Taktéž je všeobecně zavedeno povědomí o vhodnosti použití levnějších řezných nástrojů a primárně je tedy vyvíjen vysoký tlak na minimální cenu.

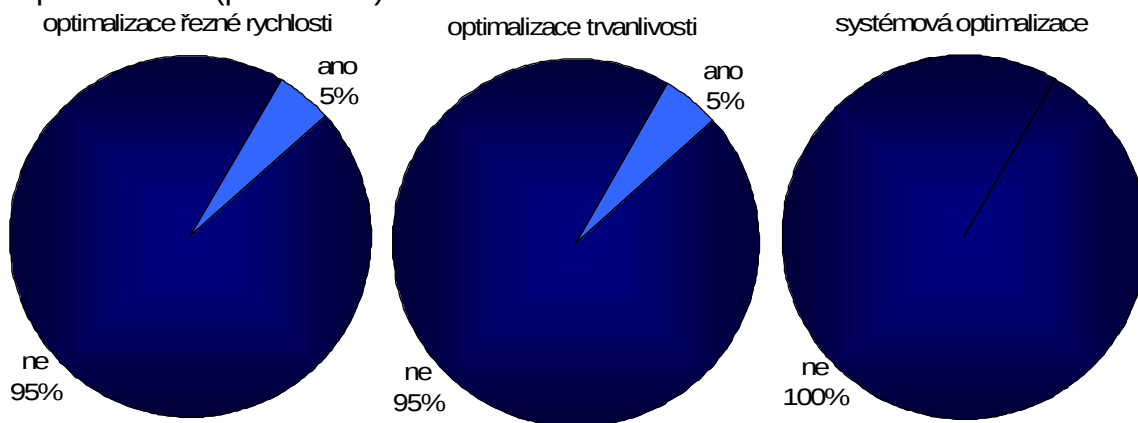
Popisovaný stav je vztažen na dvě konkrétní firmy. Lze však předpokládat, že obdobné poznatky bychom získali u celé řady dalších firem. Výsledek průzkumu uvedený v kapitole 4 a 5 tento předpoklad potvrzuje. (příloha č.1)

7.1 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH NÁKLADŮ A ČASŮ

Současné způsoby optimalizace výrobních nákladů a časů jsou kromě zvýšení efektivnosti a účinnosti výrobního procesu, také velmi dobrým nástrojem ke zvyšování ziskovosti i konkurenceschopnosti firmy. Tyto metody jsou velmi dobře popsány a ze strany vysokých škol, zvláště pak VUT FSI, existuje nejen celá řada studijních materiálů vysvětlujících způsob, podmínky a metodiku, ale také řešené případy, cvičení i praktické řešení tohoto důležitého faktoru.

Zásadní nevýhodou je skutečnost, že tyto metody nejsou ve výrobních firmách téměř vůbec používány.

Z výsledku průzkumu vyplývá, že více než 70 % pracovníků z dotazovaných firem nezná metody optimalizace výrobních nákladů a výrobních časů pomocí optimální řezné rychlosti a trvanlivosti. Pouze 5 % pracovníků používá optimalizační metody, ale v žádné dotazované firmě není používána systémová optimalizace. (příloha č.5)



Graf 7.1 Výsledky průzkumu na používání metody optimalizace výrobních nákladů a výrobních časů pomocí hledání optimální řezné rychlosti a trvanlivosti. Z grafu vpravo vyplývá, že žádná z oslovených firem nepoužívá systémovou optimalizaci. (příloha č.5)

Z konzultací i zjištění u vybraných firem mohou být příčiny následující:

1. Absence funkčního místa nebo odborného pracovníka ve firmě.
2. Neznalost těchto metod a výpočtů i podmínky jejich užití.
3. Nezájem o provádění, z provozního pohledu relativně složitých, výpočtů a hledání závislostí a optimální varianty.
4. Neznalost základních vazeb mezi parametry a tudíž i důležitost optimalizace výrobních nákladů a jejich činitelů.
5. Spokojenost se stávajícím stavem firmy a minimální chuť zlepšovat proces.
6. Management a organizace procesů i systémový přístup k těmto procesům (priority).

Optimalizaci výrobních nákladů lze provést z užšího pohledu s ohledem na výpočet optimální řezné rychlosti (resp. otáček obrobku nebo nástroje) nebo optimální trvanlivosti nástroje. Řešení se obvykle zjednodušuje na obrábění jedné plochy obrobku jedním nástrojem. Detailní postup výpočtu je uveden v příloze č. 14. Princip spočívá ve výpočtu minima a maxima (vyšetřujeme extrém funkce).

Metody řešení optimalizace výrobních nákladů:

- a) Hledání optimální **řezné rychlosti** v_{copt1} (resp. hodnotu optimálních otáček) pro kritérium minimálních výrobních nákladů.
- b) Hledání optimální **trvanlivosti** T_{opt1} pro kritérium minimálních výrobních nákladů.

Metody řešení optimalizace výrobního času:

- a) Hledání optimální **řezné rychlosti** v_{copt2} pro minimální výrobní čas.
- b) Hledání optimální **trvanlivosti** T_{opt2} pro minimální výrobní čas.

Pro proces optimalizace ze širšího pohledu existuje řada dalších fyzikálních, technologických a ekonomických omezení, které zahrnují například:

- a) řezivost nástroje a způsob její kvantifikace,
- b) vliv řezných podmínek na silovou a energetickou náročnost obrábění,
- c) tuhost a únosnost nástroje, odolnost proti kombinovanému namáhání,
- d) rozsah použitelných řezných rychlostí a posuvů,
- e) druh utvařeče třísek,
- f) příkon a tuhost stroje, jeho rozsahy otáček, posuvů, vliv extrémů,
- g) požadavky na kvalitu povrchu - strukturu povrchu, zbytkovou napjatost.

K těmto omezujícím podmínkám se pak přiřazují různé kritériální funkce, sledující určitý cíl, například:

- dosažení nejnižšího výrobního času;
- dosažení nejvyšší produktivity práce;
- docílení nejnižší teploty obrábění;
- plné využití výkonu stroje nebo nejnižšího výkonu nutného k obrábění;
- zaručení dosažení specifických požadavků na kvalitu obrobené plochy;
- snížení vlivu na ekologii a bezpečnost pracovního prostředí. (6, 7, 8)

7.2 ALGORITMIZACE OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ

Stanovením optimálních řezných podmínek můžeme docílit úsporu výrobních nákladů. Význam této problematiky je v současné době často probíraným tématem a výrobci nástrojů i jejich spotřebitelé hledají nejefektivnější způsoby k jejímu zabezpečení.

Při návrhu algoritmů pro optimalizaci řezných podmínek lze postupovat různými způsoby.

Jedním z nich je realizace univerzálního optimalizačního algoritmu vytvořeném z technologického a matematického modelu, který je vhodný pro určitou technologii a její základní varianty. Výhoda univerzálnosti je však vykoupena zvýšenou potřebou vstupních dat, jejichž získávání může být z odborného, technického i časového hlediska dosti náročné. Existuje-li databáze, ze které můžeme používat potřebná data do těchto algoritmů, je tento způsob poměrně snadný. Tento způsob optimalizace je realizován pomocí výpočetní techniky a používané metody jsou součástí matematického softwaru nebo jsou používány speciální programy. Vazba těchto metod na dostupné aplikace, které poskytují výrobci řezných nástrojů nebo aplikace pro počítačovou podporu systémů CAD/CAM je v současné době častější. Stále však nejsou komplexním řešením, jehož ekonomický výstup je na stejné úrovni jako technologická úroveň výstupů.

U moderních CNC strojů se uplatňuje také adaptivní optimalizace řezných podmínek. Spočívá v okamžitém stanovení optimálních podmínek vycházejících z výstupů aktuálně probíhajícího procesu. Využití snímačů a senzorů, které poskytují informace o reálném průběhu obrábění, je nezbytným předpokladem pro správnou regulaci řídicích veličin. Můžeme mezi ně zařadit nejen příkon elektromotorů, ale také řeznou sílu, kroutící moment, teplotu řezání, strukturu obrobeného povrchu nebo nárůst opotřebení v čase. Na základě zpětné

vazby získané z těchto výstupů, je daný systém adaptivní optimalizace schopen regulovat akční veličiny, které tyto výstupy ovlivňují. Nejčastěji to jsou právě řezné podmínky. Touto formou je technologicky i ekonomicky optimalizován výrobní proces na dané operaci. Adaptivním řízením však nelze posoudit vliv na celkovou ekonomiku, pracoviště, dílny, provozu nebo firmy.

Druhý způsob optimalizačního algoritmu je řešen prostřednictvím speciálních programů, které řeší konkrétní typizované úlohy nebo operace. Spolehlivost a efektivita je vyšší než v případě univerzálních algoritmů. Vývojové prostředí systémů CAD/CAM je schopno rozšíření optimalizačních úloh a splnit základní nároky na posuzování ekonomických aspektů procesu. Používají se moduly integrované do stávajícího systému CAD/CAM nebo se algoritmus aplikuje do postprocesoru. Protože je však postprocesor program, který transformuje datovou strukturu z CAM systémů do podoby řídicího programu pro konkrétní řídicí systém nebo stroje, není možné jeho širší využití na další stroje s jiným řídicím systémem. Z těchto důvodů se také používá samostatný optimalizační program fungující nezávisle na CAD/CAM systémech. Rozhraní mezi nimi a uživatelem umožňuje sdílení vstupů a výstupů nutných k provedení algoritmu. Jádrem programu je postaveno na matematických výpočtech nákladové rovnice, která obsahuje i závislosti dílčích neznámých, stanovených konstant a ekonomicko-organizačních údajů zadávaných uživatelem nebo načtením z firemní databáze.

Optimalizační program umožňuje nejen cílené snižování strojního času a maximalizaci odebraného materiálu za jednotku času, ale také celou řadu dalších, uživatelem stanovených kritérií. Respektování základních omezujících podmínek umožňuje provádět také operativní korekce těchto kritérií uživatelem. Algoritmus umožňuje také nastavení více konstant nebo kritérií současně. Tím může být velmi jednoduše optimalizována úloha pro obrábění na skupině strojů nebo lince, u níž je důležitý takt. Aplikované výstupy z těchto programů dosahují ekonomickou úsporu v desítkách procent. (14)

K zajištění potřebné databáze údajů a použitých řezných nástrojů existuje na trhu několik specializovaných softwarových produktů pro správu nástrojů a jejich parametrů. Některé z nich jsou pak pomocí rozhraní přímo napojeny nejen na pracoviště technologa, ale jsou propojeny s řídicími systémy strojů. Modulární systém lze nakonfigurovat dle konkrétních požadavků použité technologie. Pomocí těchto aplikací lze nástroje nejen sledovat a vyhodnocovat, ale také zjišťovat kde se nacházejí (pracoviště, stroj, pozice v zásobníku) a zabezpečit plánování přípravy nástrojů pro zajištění rychlého spuštění výroby bez zbytečných prostojů. Systém umožňuje sdílení dat již při tvorbě a generování řídicího programu stroje, přípravu a tisk seřizovacích listů, případně vazbu na vstupní informace do technologických postupů nebo požadavků na zajištění nákupu potřebného typu a množství řezných nástrojů.

Vybraní výrobci strojů nabízejí své vlastní komplexní systémy k řízení výroby, jejichž součástí je kromě standardního plánování, přípravy a řízení výroby, zabudována také správa nástrojů a nástrojového hospodářství, správa řídicích programů a vazba na adaptivní řízení a diagnostiku. Implementace těchto prvků se postupně rozšiřuje i do CAD/CAM systémů. Některé systémy již téměř standardně umožňují propojení s databázemi firemních skladů, umožňují editovat a vytvářet nové nástroje a nářadí. Pomocí simulace pak lze odladit nejen běžnou strukturu NC programu, ale také provést kontrolu na možnost kolize

s prvky stroje v pracovním prostoru (především upínačem). Touto formou lze již předem optimalizovat podmínky seřízení nástroje, jeho vyložení a způsob upnutí, apod.

Na závěr rozboru možností optimalizace procesu obrábění pomocí systémů a speciálních softwarových nástrojů je nutné zdůraznit, že některé firmy jsou ochotny investovat nemalé finanční částky za počítačovou podporu zcela specifických činností, které však výkonnost podniku a efektivitu výrobního procesu ovlivňují minimálně nebo jen částečně. Některé podniky používají specializované systémy na rozvržení výroby ve 3D, používají vizuální zobrazení materiálových toků a kapacit, systémy dynamického plánování a rozvrhování výroby, kvalitní moduly pro reporting a controlling, systémy na sledování a přiřazování nákladů, systémy na workflow, řízení vztahu se zákazníky, personální systémy, řízení energetiky apod. Technická a technologická část je však opomíjena, přičemž její zvládnutí je základním předpokladem pro efektivní výrobu, následný prodej a vytvoření potřebných zdrojů k nákupu a aplikaci speciálních systémů počítačové podpory a jejich nadstaveb.

Z konkrétních příkladů zjištěných v praxi byla u některých firem zjištěna nízká úroveň softwarové i hardwarové vybavenosti na pracovištích technologie a tvorby řídicích programů. Na druhé straně pak byly v útvarcích nákupu specializované produkty k řízení vztahu s dodavateli a řízení zásob. Bohužel však nebyly z velké části efektivně využívány, nebo neplnily stanovenou roli. Je téměř zbytečné mít velmi kvalitní a detailní výstupy z hodnocení vztahu s dodavatelem nástrojů, když byla zvolená špatná technologie, řídicí program, nevhodný nástroj nebo jeho podmínky, při kterých je ve výrobě využíván.

Shodný negativní výsledek jsme v praxi zjistili i při opačném stavu. Vybrané firmy měly vysokou úroveň vybavenosti pracoviště technologie, ale jeho možnosti nebyly využívány. První důvod spočíval v nevhodně nastaveném systému práce, který neumožnil z časových i kapacitních důvodů využití dostupných možností CAD/CAM systému. Druhý důvod spočíval v nedostatečném, nebo žádném, proškolení pracovníků na možnosti těchto systémů a byla také zjištěna nízká úroveň komunikace a propojení s pracovníky výrobní dílny. Při současném víceosém obrábění, střídající se výrobě a množství CNC strojů na pracovišti, je kvalitně provedená verifikace NC programu jedním ze základních podmínek pro rychlé a nákladově efektivní spuštění nové výroby.

Pořizování systémů počítačové podpory v podnicích, a vytvoření podmínek pro jejich efektivní využití, by mělo být řešeno komplexně a mělo by být vyvážené z hlediska důležitosti a rizik jednotlivých procesů i strategických činností i aktivit firmy. Technologické a výrobní procesy by neměly být odbývány s filosofií, že schopnost vyrábět již není z pohledu poslání podniku a jeho uplatnění na globálním trhu důležitá.

8 ANALÝZA VLIVU PARAMETRŮ ŘEZNÉHO NÁSTROJE

Při analýze skutečných nákladů za určité posuzované období byla rozebrána jejich struktura až na jednotlivé položky režijních materiálů u jednotlivých výrobních provozů. U všech výrobních provozů, které využívají moderní technologie CNC obrábění, byly z provozních nákladů největší náklady na činnosti a procesy ovlivněné nářadím, především řeznými nástroji.

Po řadě diskusí s odborníky na danou problematiku (dodavatelé nářadí, pracovníci, technologové, programátoři, seřizovači, ekonomové) byl zjištěn skutečný problém v plánování, řízení a navrhování technologického procesu z pohledu řezného nářadí a jeho aplikací na CNC obráběcí stroje. Problém spočívá v neznalosti vlivu jednotlivých parametrů řezného nástroje.

Navrhované řešení i změna v postupu spočívala ve vypracování souhrnného ekonomického rozboru všech nákladů, které jsou v kterékoli fázi spojené s výrobním procesem třískového obrábění na CNC strojích. Z nich pak pomocí výpočtů zjistíme skutečnou váhu jednotlivých nákladů a určíme klíčové faktory, které bude nutné sledovat a vyhodnocovat. Podle tohoto kalkulačního vzorce následně plánovat, posuzovat, organizovat a řídit celkovou ekonomiku a hospodárnost obrábění na jednotlivých strojích a výrobních operacích. Pomocí této metody by pak řídicí pracovníci základního a středního managementu přijímali rozhodnutí a směřovali prvky procesu k maximálnímu využití strojů, nástrojů a ostatních prvků technologického procesu za současného řízeného a předem definovaného ekonomického pohledu. Díky jednoduché formě pak umožní i okamžitou kontrolu a porovnání skutečných nákladů s plánovanými náklady. Zároveň „zprůhlední“ významnou část výrobní režie a umožní přesnější plánování a tvorbu rozpočtu na jednotlivé budoucí období, společně s reálnými dopady na finanční stránku (alokace nákladů, vliv na cash-flow firmy a hospodářský výsledek).

Analýzou zjištěné vlivy jednotlivých parametrů budou sloužit jako podklad k vytvoření jednoduché metodiky. Tato metodika zjednoduší rozhodování výrobního manažera pro výběr technologie ke konkrétní zakázce a umožní vytvořit tlak na vznik nových volných kapacit, které mohou zvýšit objem vlastní výroby nebo výroby v podobě externích kooperací. Zajistíme plynulejší výrobu a snížení celkových výrobních nákladů, při nejvyšším využití aktiv. Uvedené řešení umožní větší průhlednost a transparentnost výběrových řízení na dodavatele jednotlivých řezných nástrojů a znemožní tak v mnoha případech používanou „pocitovou praxi“ při zavádění i aplikaci řezných nástrojů nebo subjektivní posuzování doposud nejdůležitějších parametrů.

8.1 DEFINICE PARAMETRŮ

Pro posouzení závislosti a důležitosti jednotlivých parametrů byly sestaveny modelové tabulky se zadanými daty zjištěnými z reálného prostředí. U vybraných parametrů byly z reálných příkladů získané trendy porovnávány s jednotlivými náklady a celkovou ekonomikou firmy. Na základě těchto trendů byl v každém modelovém příkladě změněn určitý parametr.

Seznam vybraných parametrů:

- Průměr součástí, celková délka obrábění.
- **Posuv, řezná rychlost**, otáčky.
- Čas obrábění (jednotkový strojní čas obrábění).
- **Trvanlivost, životnost**.
- Počet vyráběných kusů (velikost výrobní dávky).
- Kumulativní čas obrábění celé výrobní dávky.
- Doba výměny nástroje.
- Počet výměn nástroje.
- Celkový čas výměny nástroje.
- Cena 1 hod a 1 min provozu stroje.
- Cena 1 hod a 1 min seřizování.
- Výrobní náklady na vyráběnou dávku.
- Přepočtené výrobní náklady na 1 kus.
- **Cena nástroje**.
- Kumulativní náklady na nástroje pro výrobu dávky.
- Počet skutečně využitých hodin.
- Počet disponibilních hodin – časový efektivní fond.
- Počet nevyužitých hodin – volná kapacita.
- Hodinová sazba z prodeje volných kapacit formou kooperace.
- Zisk z prodeje volných kapacit formou kooperace.
- Hodinová sazba z prodeje volných kapacit formou vlastních výrobků.
- Zisk z prodeje volných kapacit formou vlastních výrobků.

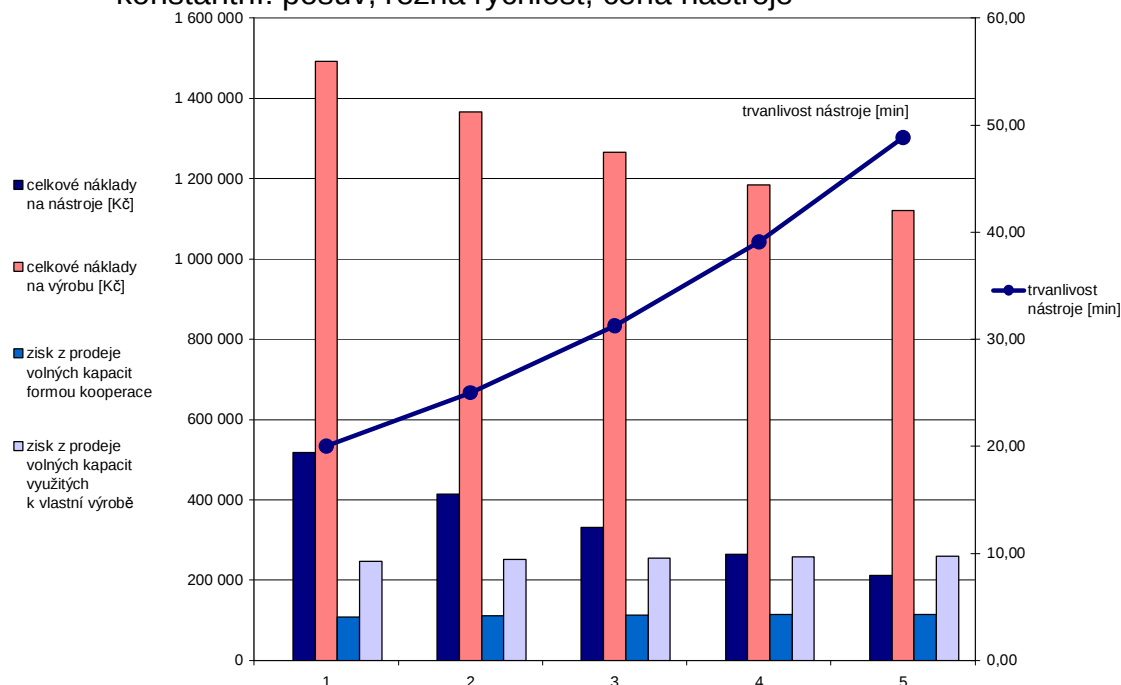
8.2 MODELOVÉ PŘÍKLADY

Pro ověření vlivu jednotlivých parametrů byla provedena řada modelových příkladů s různými podmínkami. U zvolených parametrů byl vždy lineární průběh změn se shodným indexem růstu nebo poklesu. Lineární závislost byla určena indexem $\pm 1,25$ (zvyšováním nebo snižováním o 25 % z předcházející hodnoty parametru). Pokud byl u těchto parametrů nebo skupin několika dalších parametrů měněn trend, zůstali ostatní parametry konstantní. Výsledky byly porovnány, zapsány a vybrané výsledky byly převedeny do grafické závislosti. Tímto způsobem byl ověřován vliv vybraných parametrů na ostatní parametry výrobního procesu obrábění se zaměřením na ekonomické dopady.

Posoudili jsme vliv rostoucího i klesajícího posuvu, řezné rychlosti, trvanlivosti, životnosti a ceny. (příloha č.7)

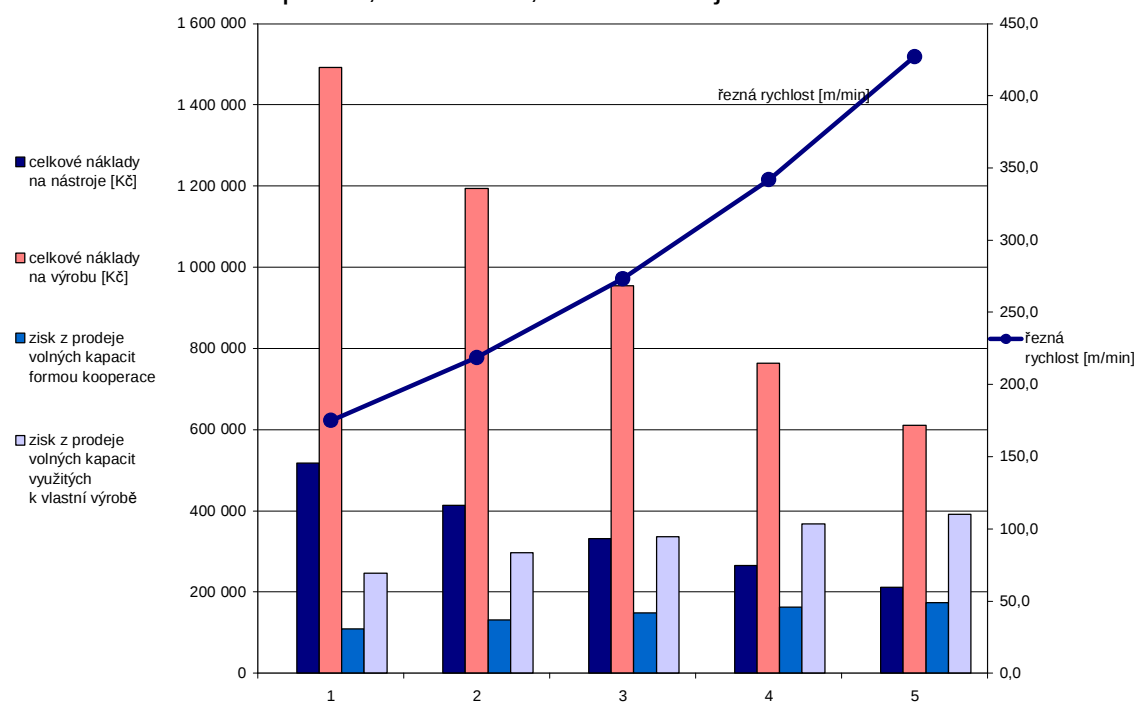
U první řady modelových příkladů byl změněn pouze jeden parametr. U druhé řady byly změněny dva a v dalších řadách vždy jeden další parametr.

- a) rostoucí trvanlivost nástroje (lineárně zvýšena vždy o 25 %);
konstantní: posuv, řezná rychlost, cena nástroje



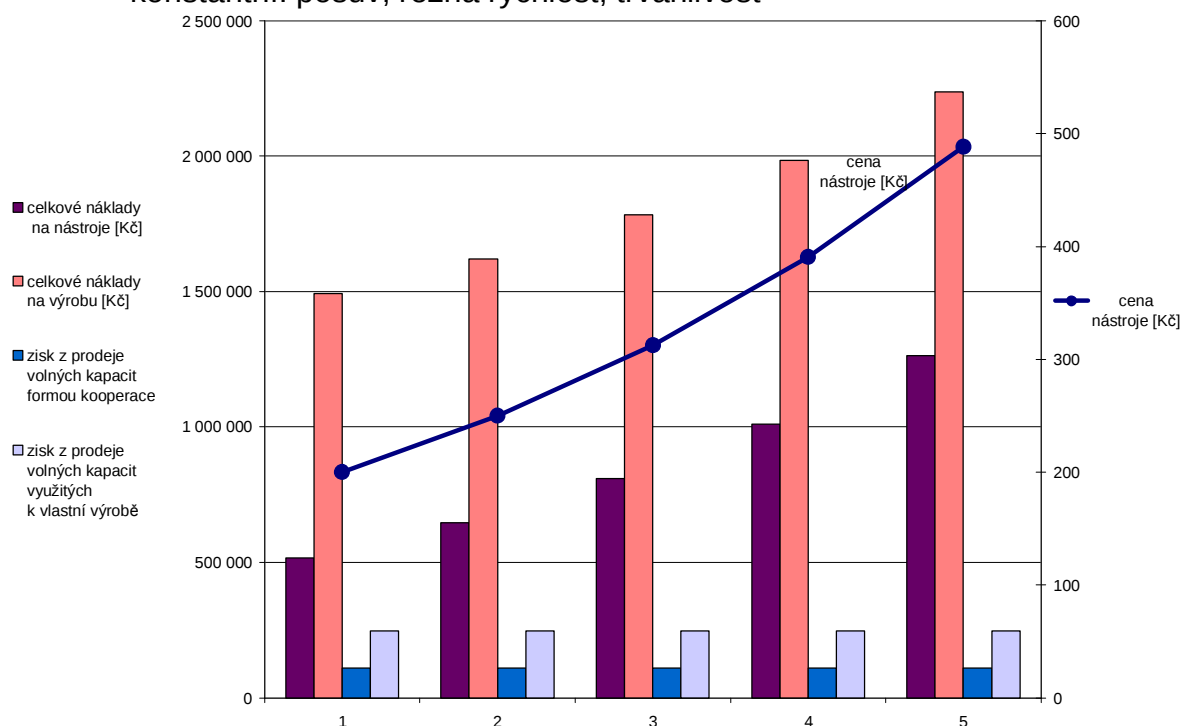
Graf 8.1 Rostoucí trvanlivost (s indexem 2,44) snížila celkové výrobní náklady o 25 % a umožnila zvýšit zisk z prodeje volných kapacit stroje o více než 5 %.

- b) rostoucí řezná rychlost nástroje (lineárně zvýšena vždy o 25 %);
konstantní: posuv, trvanlivost, cena nástroje



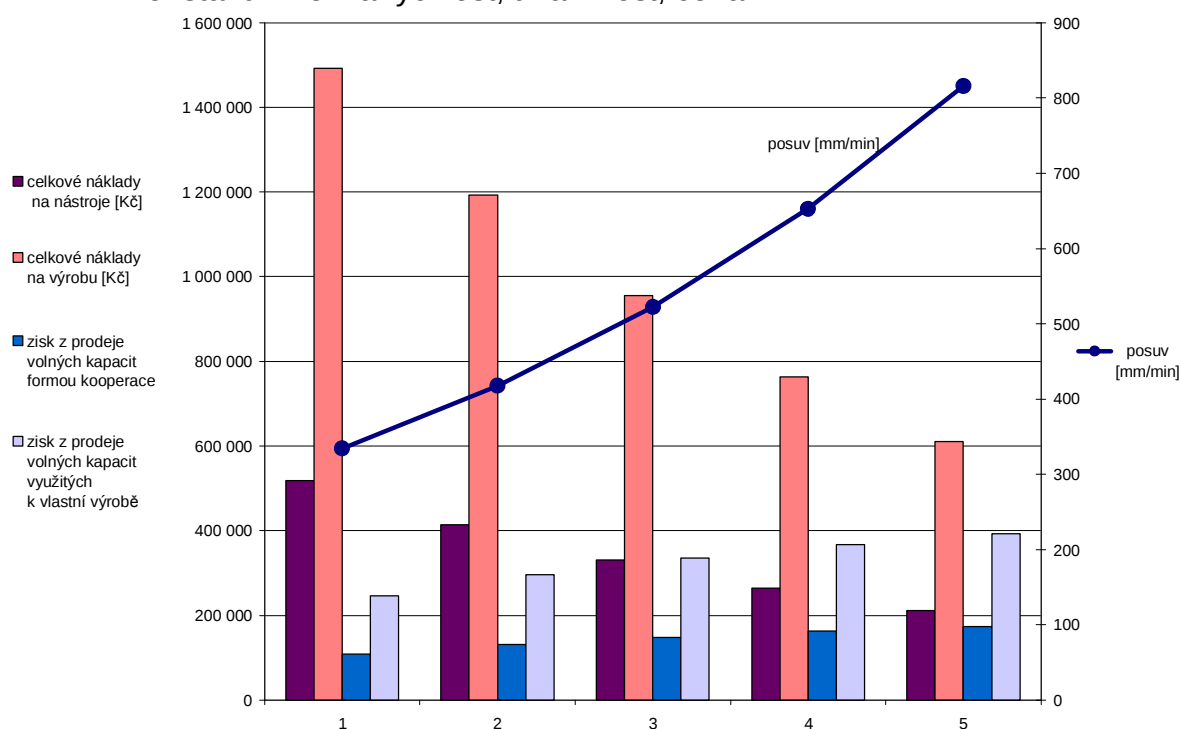
Graf 8.2 Rostoucí řezná rychlost (index 2,44) snížila celkové výrobní náklady o 59 % a umožnila zvýšit zisk z prodeje volných kapacit stroje o 59 %.

c) rostoucí cena nástroje (lineárně zvýšena vždy o 25 %);
konstantní: posuv, řezná rychlost, trvanlivost



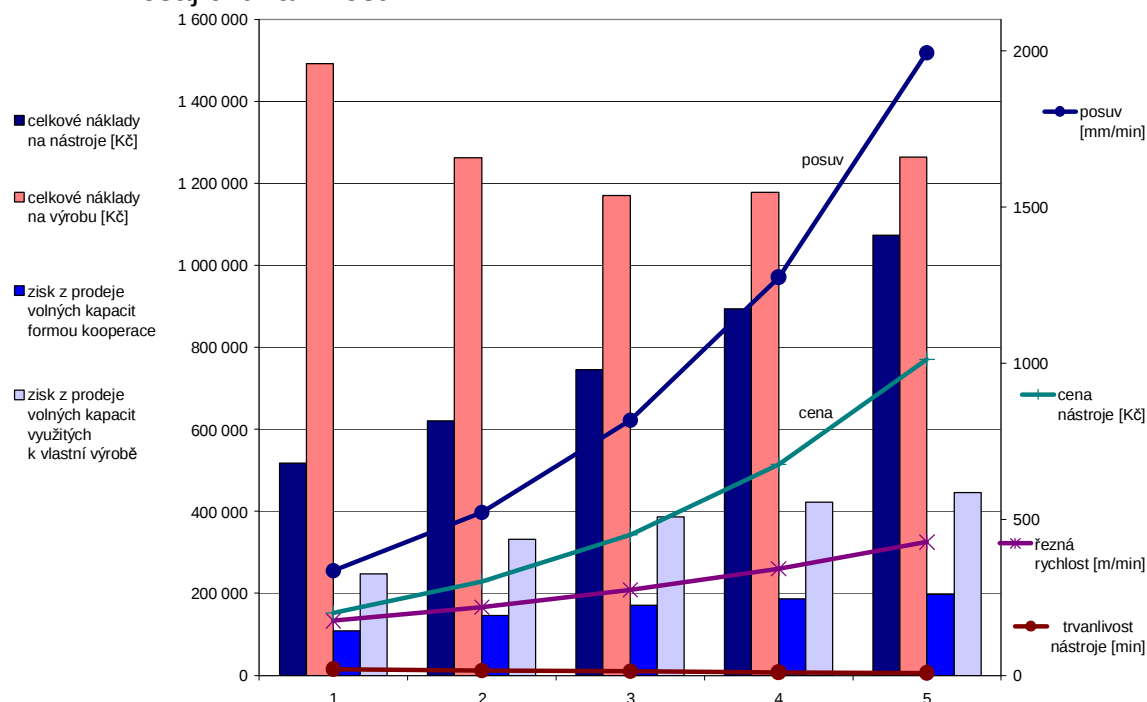
Graf 8.3 Rostoucí cena nástroje (index 2,44) zvýšila celkové výrobní náklady o 50 % a neumožnila zvýšit zisk z prodeje volných kapacit stroje (balance 0 %).

d) rostoucí posuv (lineárně zvýšen vždy o 25 %);
konstantní: řezná rychlost, trvanlivost, cena



Graf 8.4 Rostoucí posuv nástroje (index 2,44) snížil celkové výrobní náklady o 59 % a umožnil zvýšit zisk z prodeje volných kapacit stroje o 59 %.

e) rostoucí posuv, řezná rychlost a cena (lineárně zvýšeno vždy o 25 %);
klesající trvanlivost



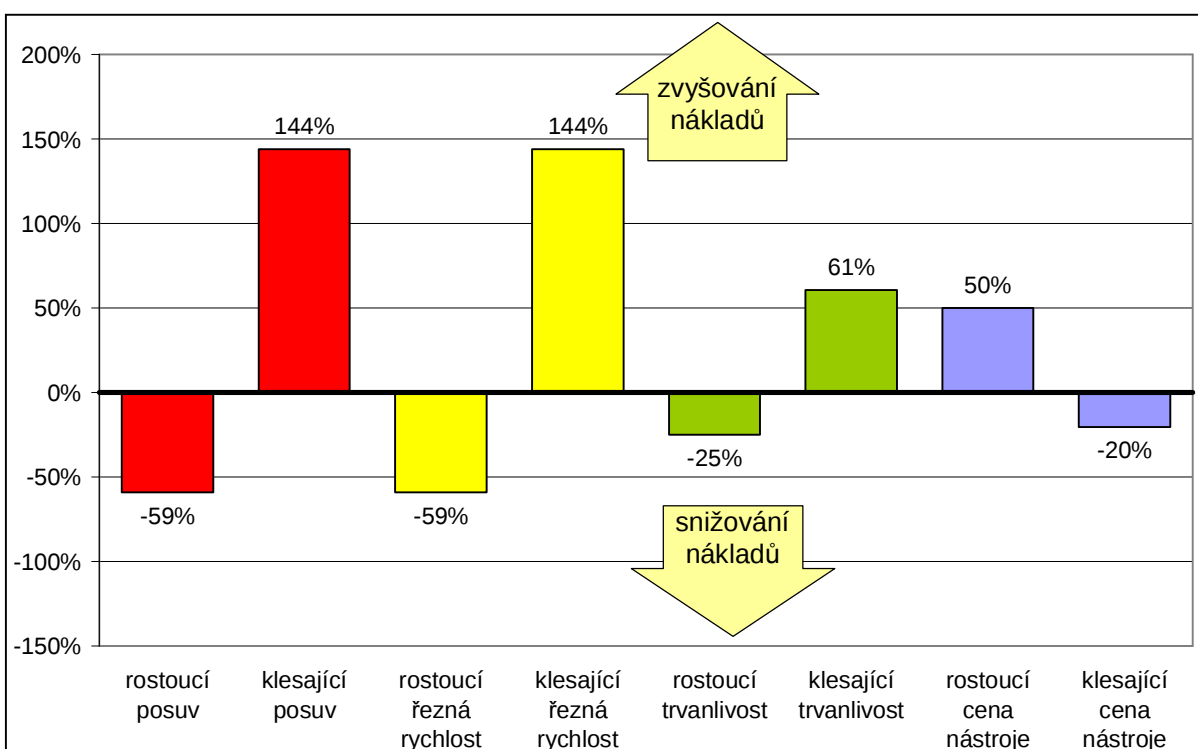
Graf 8.5 Rostoucí posuv a řezná rychlost (s indexem 2,44), cena (s indexem 5,06) společně s klesající trvanlivostí (s indexem 2,44), snížily celkové výrobní náklady o 15 % a umožnily zvýšit zisk z prodeje nově vzniklých volných kapacit stroje o 81 %.

8.3 VLIV PARAMETRŮ

Z provedených modelových příkladů, ve kterých byl ověřován vliv lineárního růstu nebo poklesu jednotlivých parametrů na celkové snížení nebo zvýšení výrobních nákladů byly zjištěny následující skutečnosti.

Při změně čtyř základních parametrů s lineárním průběhem, vždy postupně o 25 % až na celkový index 2,44 (růst ceny až na index 5,06) bylo zjištěno, že:

- rostoucí posuv sníží celkové výrobní náklady 2,36 krát více než rostoucí trvanlivost a 2,95 krát více než klesající cena nástroje;
- rostoucí řezná rychlost sníží celkové výrobní náklady shodně jako posuv, tj. 2,36 krát více než rostoucí trvanlivost a 2,95 krát více než klesající cena nástroje;
- rostoucí trvanlivost sníží celkové výrobní náklady 1,25 krát více než klesající cena nástroje;
- klesající posuv zvýší celkové výrobní náklady 2,36 krát více než klesající trvanlivost a 2,88 krát více než rostoucí cena nástroje;
- klesající řezná rychlost zvýší celkové výrobní náklady shodně jako posuv, tj. 2,36 krát více než klesající trvanlivost a 2,88 krát více než rostoucí cena nástroje;
- klesající trvanlivost zvýší celkové výrobní náklady 1,22 krát více než rostoucí cena nástroje.



Graf 8.6 Grafické znázornění vlivu parametrů na zvyšování nebo snižování nákladů v procentech. Rostoucí posuv má téměř třikrát vyšší vliv na snížení nákladů a tedy i celkovou ekonomiku obrábění než klesající cena nástroje. (příloha č.7)

8.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MODELOVÝCH PŘÍKLADŮ

Z rozboru modelových případů uvedených v kapitole 8.2 a mnoha dalších případech uvedených v příloze č.7 vyplývá, že nejdůležitějším kritériem ovlivňujícím ekonomiku obrábění je jednotkový strojní čas, který ovlivní především posuvová rychlost a řezná rychlost, rostoucí kombinace obou současně je pro celkovou ekonomiku nejvýhodnější navzdory rostoucí ceně nástroje a klesající trvanlivosti. Jednotkový strojní čas ovlivní také zvolená technologie a řídicí program (délka náběhu a přeběhu, počet záběrů).

- **Zvyšování nebo snižování řezné rychlosti nebo posuvu má největší vliv na náklady výrobního procesu a ekonomické výsledky podniku.**
- Trvanlivost nástroje a její změny ovlivňují ekonomické výsledky podniku méně než změna posuvové rychlosti nebo řezné rychlosti a zároveň trvanlivost ovlivňuje ekonomické výsledky více než cena nástroje.
- **Cena nástroje má na ekonomické výsledky podniku mnohem menší vliv než se obecně předpokládá. Změna ceny nástroje ovlivňuje ekonomické výsledky mnohem méně než změna posuvové rychlosti, řezné rychlosti a trvanlivosti nástroje.**

Zvyšování posuvové rychlosti může negativně ovlivnit požadovanou strukturu povrchu a v případě dokončovacích operací může při obrábění na čisto dojít k vyrobení neshodného výrobku. Tento parametr je nutné sledovat a vyhodnocovat, případně je vhodné používat takovou geometrii, která snižuje výšku stopy od břitu řezného nástroje. Někteří výrobci pro tyto účely nabízejí řezné nástroje s hladicí geometrií nebo lze úspěšně použít VBD s větším poloměrem špičky, pokud to umožňují požadavky uvedené v technické dokumentaci. Vhodnými podmínkami lze s hladicími VBD dosáhnout kromě zvýšení posuvu a struktury povrchu také snížení počtu následných dokončovacích operací, například broušení.

Zjištěné výsledky potvrzují důležitost zvolené technologie ve všech jejích aspektech. V případě, že technologie nezabezpečí požadavky vyplývající z technické dokumentace, a je nutné snížit řeznou nebo posuvovou rychlost, může dojít k velmi výraznému zvýšení nákladů. Z těchto důvodů je parametr posuvu a následně i řezné rychlosti důležité velmi pečlivě kontrolovat, a na rozdíl od jiných parametrů, je maximalizovat co nejdříve a nejrychleji. Toto pravidlo platí i v souvislosti s úrovní a provozem strojů. U starších strojů jsou někdy výkonnostní parametry s dosahovanou kvalitou výroby na nižší úrovni a jsou snižovány hodnoty posuvů i řezné rychlosti.

8.5 EKONOMICKÁ BILANCE REÁLNÝCH OPERACÍ

Pro ověření výsledků modelových případů byl proveden rozbor několika operací třískového obrábění na CNC strojích, u nichž byly vzhledem k sériové výrobě a podnikovému informačnímu systému i operativní evidenci k dispozici všechny potřebné data. Cílem bylo zjištění vazby ceny nástroje na celkovou ekonomiku firmy ovlivněnou konkrétní operací a jejími náklady. Detailní informace o použitých nástrojích a stroji nejsou pro tento účel rozhodující.

V reálném prostředí byly posuzovány tři varianty.

1. První varianta je zaměřena na ekonomický rozbor konkrétních operací, u nichž byly na základě zkoušek zjištěny průběhy řezných podmínek, trvanlivosti a ceny nástroje.
2. Druhá varianta je zaměřena na ekonomický rozbor konkrétních operací, u nichž byl posuzován rozdíl mezi nástrojem vyrobeným ve vlastní nářadovně a nástrojem nakoupeným od specializovaného výrobce řezných nástrojů, prostřednictvím obchodního zastoupení pro ČR.
3. Třetí varianta je zaměřena na ekonomický rozbor konkrétních operací, u nichž byl posuzován vliv dalších dvou parametrů, doby výměny nástroje a dodací lhůty nástroje.

8.5.1 VLIV ZMĚNY PARAMETRŮ

Na konkrétních operacích soustružení a frézování byly postupně vyzkoušeny různé nástroje od několika výrobců. Jednalo se o typově shodné nástroje se stejnými rozměry i provedením (Ø, délka ostří, počet zubů, atd.).

Současně byly s uvedenými nástroji prováděny zkoušky s různými řeznými podmínkami. Změna podmínek při shodné technologii, řídicím programu a řeznému prostředí spočívala v různých hodnotách posuvové i řezné rychlosti spolu s měnící se trvanlivostí. Řezný materiál, geometrie, utvařecí třísky, povlak i navržený interval doporučených řezných podmínek dodavatelem nástroje byly společně s cenou odlišné. Detailní podmínky, parametry, náklady, časový fond i hodinové sazby jsou uvedeny v příloze č.8. (20, 21)

V následující tabulce je uveden konkrétní případ operace soustružení na CNC soustruhu. Soustružení s povlakovanou VBD ze slinutého karbidu.

Tab. 8.1 Vliv změny jednotlivých parametrů na výrobní náklady a celkovou ekonomiku u dvou sledovaných operací soustružení na CNC stroji INDEX G200. (příloha č.8)

op.	posuv [mm/ot]	řezná rychlost [m/min]	jednotkový čas obrábění 1 kusu [min]	životnost = trvanlivost nástroje [min]	cena nástroje [Kč]	celkové náklady na nástroje [Kč]	celkové náklady na výrobu [Kč]	rozdíl v nákladech na nástroje (měsíčně); (-) úspora	pokles nákladů (-) nebo růst nákladů (+)	zisk z prodeje volných kapacit formou kooperace	zisk z prodeje volných kapacit využitých k vlastní výrobě	rozdíl v zisku [Kč]	růstu zisku(+) nebo pokles zisku (-)
1	0,10	175	0,646	20,00	200	323135	931707	-70149	-8%	150085	339322	97078	29%
	0,12	201	0,489	16,00	250	381776	855178			165527	374236		
	0,13	231	0,370	12,80	313	451059	821528			177268	400781		
	0,15	266	0,279	10,24	391	532914	824866			186207	420990		
	0,17	306	0,211	8,19	488	629625	861558			193023	436400		
max	0,17	306	0,211	8,19	618	796842	1028775	97068	10%	193023	436400	97078	29%
index	1,75	1,75		0,41	3,09		1,10			1,29	1,29		
2	0,20	130	0,218	15,00	230	167209	380462	15944	4%	194525	439795	35564	8%
	0,24	150	0,158	11,54	288	196895	358274			200441	453172		
	0,29	172	0,115	8,88	359	231851	355244			204764	462945		
	0,35	198	0,083	6,83	449	273013	368506			207930	470102		
	0,41	227	0,060	5,25	562	321483	396405			210255	475359		
max	0,41	227	0,060	5,25	596	341093	416016	35554	9%	210255	475359	35564	8%
index	2,07	1,75		0,35	2,59		1,09			1,08	1,08		

Z prvního příkladu vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv i řezná rychlost (s indexem růstu 1,15) umožnily i při klesající trvanlivosti (s indexem poklesu 1,25) akceptovat růst ceny nástroje až na trojnásobek prvotní ceny řezného nástroje (maximální index růstu ceny je při daných podmínkách omezen indexem 3,09).
- Více než trojnásobné zvýšení ceny nástroje zvýšilo výrobní náklady pouze o 10 % a při započtení zisku z vyřízení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 29 %, je ekonomická bilance na nule.
- Zvýšení celkových nákladů za řezné nástroje o 95 % při zvýšené produktivitě (způsobené vyšší řeznou i posuvovou rychlostí), snížilo celkové výrobní náklady o 8 %.

Z druhého příkladu vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv (s indexem 1,2) i rostoucí řezná rychlost (s indexem růstu 1,15) umožnily i při klesající trvanlivosti (s indexem poklesu 1,3) akceptovat růst ceny nástroje (s indexem růstu 1,25) až na maximální index růstu ceny 2,59.

- Více než dvojnásobné zvýšení ceny nástroje zvýšilo výrobní náklady pouze o 9 % a při započtení zisku z vytížení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 8 %, je ekonomická bilance na nule.
- Zvýšení celkových nákladů za řezné nástroje o 92 % při zvýšené produktivitě (způsobené vyšší řeznou i posuvovou rychlostí), zvýšilo celkové výrobní náklady o 4 %.

V následující tabulce je případ operace frézování na CNC pětiosé frézce KRYLE KVC 5F. Frézování válcovou čelní frézou (povlakovaný SK).

Tab. 8.2 Vliv změny jednotlivých parametrů na výrobní náklady a celkovou ekonomiku u dvou sledovaných operací frézování. (příloha č.8)

	posuv na zub [mm/zub]	řezná rychlost zadaná [m/min]	otáčky [ot/min]	jednotkový čas obrábění 1 kusu [min]	životnost nástroje [min]	cena nástroje [Kč]	celkové náklady na nástroje [Kč]	celkové náklady na výrobu [Kč]	rozíl v nákladech na nástroje (měsíčně); znaménko - je úspora	pokles nákladů (-) nebo růst nákladů (+)	zisk z prodeje volných kapacit formou kooperace	zisk z prodeje volných kapacit využitých k vlastní výrobě	růst zisku(+) nebo pokles zisku (-)
3	0,015	80	2546	0,982	100,00	1000	392699	1064215			141440	319777	
	0,019	96	3056	0,654	83,33	1500	471239	921185			166830	377181	
	0,023	115	3667	0,436	69,44	2250	565487	867266	-113660	-11%	183797	415541	138565
	0,029	138	4400	0,291	57,87	3375	678584	881222			195140	441187	43%
	0,037	166	5280	0,194	48,23	5063	814301	950555			202728	458342	
max	0,037	166	5280	0,194	48,23	6631	1066515	1202768	138554	13%	202728	458342	138565
index	2,44	2,07		0,20	0,48	6,63	2,72	1,13			1,43	1,43	
4	0,020	80	2546	0,736	140,00	800	168300	668290			160956	363900	
	0,022	88	2801	0,609	121,74	1000	199943	614288			170793	386140	
	0,024	97	3081	0,503	105,86	1250	237535	581043	-96602	-14%	178928	404532	68424
	0,027	106	3389	0,416	92,05	1563	282196	567108			185655	419743	19%
	0,029	117	3728	0,343	80,05	1953	335253	571688			191220	432323	
max	0,029	117	3728	0,343	80,05	2914	500270	736704	68414	10%	191220	432323	68424
index	1,46	1,46		0,47	0,57	3,64	2,97	1,10			1,19	1,19	

Z prvního příkladu vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv (s indexem růstu 1,25) i řezná rychlost (s indexem růstu 1,2) umožnily i při klesající životnosti (s indexem poklesu 1,2) akceptovat růst ceny nástroje na více než šestinásobek prvotní ceny řezného nástroje. Maximální index růstu ceny je při daných podmínkách omezen indexem 6,63.
- Více než šestinásobné zvýšení ceny nástroje při daných parametrech zvýšilo celkové výrobní náklady o 13 % a při započtení zisku z vytížení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 43 %, je ekonomická bilance na nule.
- Zvýšení celkových nákladů za řezné nástroje o 107 % při zvýšené produktivitě (způsobené vyšší řeznou i posuvovou rychlostí), snížilo celkové výrobní náklady o 11 %.

Z druhého příkladu vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv i řezná rychlost (s indexem růstu 1,1) umožnily i při klesající životnosti (s indexem poklesu 1,15) akceptovat růst ceny nástroje (s indexem růstu 1,25) až na maximální index růstu ceny 3,64.
- Více než trojnásobné zvýšení ceny nástroje zvýšilo výrobní náklady pou-

ze o 10 % a při započtení zisku z vytížení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 19 %, je ekonomická bilance na nule.

- Zvýšení celkových nákladů za řezné nástroje o 99 % při výrazně zvýšené produktivitě, snížilo celkové výrobní náklady o 14 %. (příloha č.8)

8.5.2 VLIV VLASTNÍHO A NAKUPOVANÉHO NÁSTROJE

Na konkrétních operacích soustružení a frézování byly postupně vyzkoušeny a porovnány nástroje vyráběné ve vlastní nástrojárně a nástroje nakupované. Jednalo se o typově shodné nástroje se stejnými rozměry i provedením ($\emptyset$, délka ostří, počet zubů, atd.). Cena, řezný materiál, geometrie, utvařecí třísky, povlak i navržený interval doporučených řezných podmínek byly opět odlišné. Detailní podmínky, parametry, náklady i časový fond a hodinové náklady jsou uvedeny v příloze č.9. Úroveň kvality i dosažitelných parametrů řezných nástrojů vlastní výroby odpovídala podmínkám a výrobním možnostem dané firmy. (20, 21)

V následující tabulce je uveden konkrétní případ operace frézování s nástrojem vlastní výroby (v tabulce 8.3 označen jako 1 vlastní) a s nástrojem nakoupeným (označen jako 2 nákup).

Tab. 8.3 Vliv změny jednotlivých parametrů na výrobní náklady a celkovou ekonomiku u sledované operace s nástrojem nakupovaným a nástrojem vlastní výroby. (příloha č.9).

	posuv na zub [mm/zub]	řezná rychlost zadaná [m/min]	otáčky [ot/min]	jednotkový čas obrábění 1 kusu [min]	životnost nástroje [min]	cena nástroje [Kč]	celkové náklady na nástroje [Kč]	celkové náklady na výrobu [Kč]	rozdl v nákladech na nástroje (měsíčně); znaménko - je úspora	pokles nákladů (-) nebo růst nákladů (+)	zisk z prodeje volných kapacit formou kooperace	zisk z prodeje volných kapacit využitých k vlastní výrobě	rozdl v zisku [Kč]	růstu zisku(+) nebo poklesu zisku (-)
1 vlastní	0,010	70	2228	1,683	100,00	400	269 279	1 420 449			86 602	195 796		
	0,011	77	2451	1,391	83,33	400	267 054	1 223 255			109 017	246 473		
	0,012	85	2696	1,150	69,44	400	264 847	1 059 878	-608 322	-43%	127 545	288 363	155 821	80%
	0,013	93	2966	0,950	57,87	400	262 658	924 451			142 861	322 991		
	0,015	102	3262	0,785	48,23	400	260 487	812 127			155 523	351 617		
max	0,015	102	3262	0,785	48,23	1573	1 024 627	1 576 266	155 818	11%	155 523	351 617	155 821	80%
index	1,46	1,46		0,47	0,48	3,93	3,81	1,11			1,80	1,80		
2 nákup	0,020	90	2865	0,654	200,00	1200	157 080	599 084			167 533	378 769		
	0,022	99	3151	0,541	166,67	1500	194 727	560 957			176 245	398 468		
	0,024	109	3466	0,447	138,89	1875	241 397	544 997	-19 071	-3%	183 447	414 749	60 560	16%
	0,027	120	3813	0,369	115,74	2344	299 252	551 083			189 399	428 206		
	0,029	132	4194	0,305	96,45	2930	370 974	580 013			194 319	439 329		
max	0,029	132	4194	0,305	96,45	3558	450 595	659 635	60 550	10%	194 319	439 329	60 560	16%
index	1,46	1,46		0,47	0,48	2,97	2,87	1,10			1,16	1,16		
index nákup/vlastní	2,93	1,88		0,18	0,96	8,90	1,67	46%			2,24	2,24		

Z analýzy nástroje vlastní výroby vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv (s indexem růstu 1,1) i řezná rychlost (s indexem růstu 1,1) umožnily i při klesající životnosti (s indexem poklesu 1,2) snížení celkových výrobních nákladů o 43 %.
- Pokud by cena vlastního nástroje vzrostla na téměř čtyřnásobek původní hodnoty, bude při daných řezných podmínkách a při započtení zisku

z vytížení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 80 %, ekonomická bilance na nule.

Z analýzy nakupovaného nástroje vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv (s indexem 1,1) i rostoucí řezná rychlost (s indexem růstu 1,1) umožnily i při klesající životnosti (s indexem poklesu 1,2) a růstu ceny nástroje (s indexem růstu 1,25) snížit celkové náklady na výrobu o 3 %.
- Téměř trojnásobné zvýšení ceny nástroje zvýšilo výrobní náklady pouze o 10 % a při započtení zisku z vytížení nově vzniklé volné kapacity stroje, která umožnila růst zisku o 16 %, je ekonomická bilance na nule.
- Zvýšení celkových nákladů za řezné nástroje o 297 %, snížení životnosti nástroje o více než 50 % se při relativně nízkém růstu produktivity (ovlivněné růstem řezné a posuvové rychlosti) zvýšily celkové výrobní náklady o 10 %, ale při započtení růstu zisku z využití volné kapacity je celková ekonomická bilance na nule.

Porovnání vlastního a nakupovaného řezného nástroje na dané operaci:

- Použitím nakupovaného nástroje, který může být téměř devětkrát dražší, než vlastní nástroj lze dosáhnout při růstu posuvu s indexem 2,93 a řezné rychlosti s indexem 1,88 snížení celkových nákladů na výrobu o 54%.
- Použitím nejvyšších řezných podmínek u nástroje vlastní výroby a použitím nakupovaného nástroje, který je 3 dražší, může dojít už při základních řezných podmínkách nakupovaného nástroje (doporučených výrobcem jako minimum) ke snížení nákladů o více než 26 %. Dále je pak tímto způsobem zvýšen zisk z prodeje volných kapacit o více než 24 %.
- Z následně provedené teoretické analýzy vyplývá, že pokud by byl nakupovaný nástroj při minimálních řezných podmínkách více než sedmkrát dražší než nástroj vlastní výroby s nejvyššími možnými řeznými podmínkami, bude i tak při započtení zvýšeného zisku z prodeje volné kapacity vhodnější použít nástroj nakupovaný. Došlo by tím ke zvýšení zisku o více než 7 % při stejných celkových výrobních nákladech na danou operaci u obou nástrojů, vlastního i nakupovaného. (příloha č.9)

8.5.3 VLIV OSTATNÍCH PARAMETRŮ

U provedených operací byl analyzován vliv dalších dvou parametrů, doby výměny nástroje a dodací lhůty. Byl analyzován vliv změny těchto parametrů na celkové výrobní náklady i zisk z využití volných kapacit stroje.

Doba výměny nástroje je v daném případě myšlena u takových typů CNC strojů, u kterých je nutné při vyjmutí opotřebovaného řezného nástroje zastavit stroj a otevřít kryt pracovního prostoru. Provést uvolnění nástrojového držáku nebo nástroje, očištění dorazových ploch, vložení nového nástroje nebo nástrojového držáku se seřízeným nástrojem a následně provést upnutí a zavřít kryt.

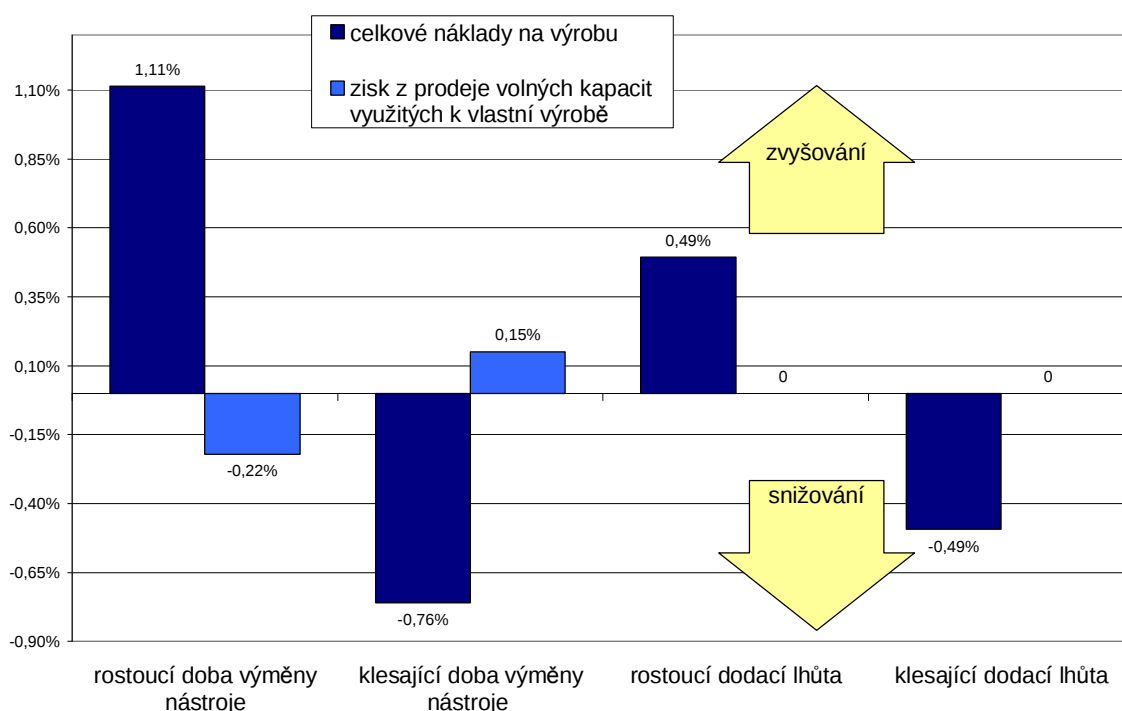
Nejčastěji je tento způsob výměny nutný u soustružnických obráběcích center, které mají revolverovou hlavu s několika pozicemi pro nástrojové držáky

integrovanou v pracovním prostoru stroje a neumožňují tak výměnu nástrojů v průběhu chodu stroje, jako je to možné například u frézovacích a vyvrtávacích strojů nebo obráběcích center. Totožné podmínky výměny nástrojů jsou u většiny mikrocenter.

Dodací lhůta je v posuzovaných případech definována jako celková doba, která uplyne od prvotního požadavku na objednávku nástroje až po jeho dodání na pracoviště nebo do určeného skladu umožňující rychlý výdej.

Při změně doby výměny nástroje a dodací lhůtě s lineárním průběhem (vždy postupně o 10% až na celkový index 1,46) bylo zjištěno, že:

- rostoucí doba výměny nástroje zvyšuje celkové výrobní náklady o 1,11 % a snižuje zisk z prodeje volných kapacit o 0,22 %;
- klesající doba výměny nástroje snižuje celkové výrobní náklady o 0,76 % a zvyšuje zisk z prodeje volných kapacit o 0,15 %;
- rostoucí dodací lhůta zvyšuje výrobní náklady o 0,49 % (je to způsobeno vyšší zásobou nářadí) a nemá vliv na zisk z prodeje volné kapacity;
- klesající dodací lhůta snižuje výrobní náklady o 0,49 % a nemá vliv na zisk z prodeje volné kapacity;



Graf. 8.7 Vliv doby výměny a dodací lhůty na celkové výrobní náklady a zisk z prodeje volných kapacit využitých k vlastní výrobě. (příloha č.10)

Parametr doby výměny nástroje a dodací lhůty ovlivnily výrobní náklady a zisk z prodeje volných kapacit pouze minimálně (max. 1,11 %).

Vzhledem k minimálnímu vlivu na celkovou ekonomiku výrobního procesu je nutné tyto parametry posuzovat s nižší prioritou než řezné podmínky a trvanlivost. Při vysokých řezných podmínkách a zkracující se trvanlivosti vzrůstá váha doby výměny díky četnějším výměnám nástrojů. (příloha č.10)

Zásadní vliv na ekonomiku procesu má však dodací lhůta nástroje vlastní výroby a nástroje nakupovaného. Mezi těmito intervaly byla zjištěna velká difERENCE. U většiny běžných řezných nástrojů byla dodací lhůta vlastního nástroje v intervalu $30 \div 50$ dnů, kdežto u nakupovaných nástrojů $1 \div 5$ dnů. Speciální nástroje nebo (rozměry, geometrie, typ stopky) snižovali výhodu nakupovaných nástrojů, jelikož došlo k prodloužení dodací lhůty až na 30 dnů. Tyto údaje jsou však pouze orientační a liší se jednotlivými typy nástrojů, požadovaného množství, ročním odběrem zákazníka, ale také polohou výrobce nástrojů (ČR/zahraničí). (20, 21)

8.5.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ A HODNOCENÍ

Z uvedených vstupních údajů, jejich vzájemné vazby na náklady a celkové ekonomické bilanci výrobního procesu vyplývá, že i přes několikanásobně vyšší cenu nakupovaného nástroje je použití tohoto nástroje zpravidla ekonomicky výhodnější. Tento závěr je však podmíněn určitým růstem řezných podmínek, které v konečném důsledku zkrátí jednotkový strojní čas obrábění.

Analýzou bylo zjištěno, že nelze definovat obecnou matematickou rovnici pro určitou skupinu příkladů, ale samotný rozbor a jeho výsledky potvrzují váhu jednotlivých parametrů na celkovou ekonomiku výrobního procesu. U reálných příkladů byly zjištěny podobné výsledky jako u modelových příkladů a závěry z pohledu důležitosti jednotlivých parametrů jsou totožné.

Hodnoty stanovené i získané v průběhu testování u konkrétních operací, lze v daném případě obecně shrnout jako typické pro obdobné případy a operace v dané firmě. Tento pohled na ekonomiku obrábění naznačuje velmi vysoké rozdíly v nákladech u jednotlivých skupin nebo aktivit, které s výrobním procesem souvisí.

Uvedený způsob jde nad běžný rámec řízení výrobní dílny nebo pracoviště a při pouhém rozboru výrobní operace jsou výsledky i závěry zcela odlišné. Tento fakt potvrzuje z modelových příkladů i reálných zkoušek ukazatel celkových nákladů na výrobu.

Použité tabulky a její výstupy mohou sloužit nejen pro standardní používání ve výrobních firmách, ale mohou být základem pro další a detailnější zkoumání této problematiky. Pomocí matematických modelů s využitím speciálního softwaru, mohou být zjištěny další závislosti, jejichž váha může pomoci při organizaci a řízení výrobního procesu.

Použitím kvalitnějšího a dražšího nakupovaného nástroje na rozdíl od nástroje obdobné konstrukce i řezného materiálu vlastní výroby došlo k významným úsporám nákladů na seřizování nástrojů a stroje, nákladům na skladové zásoby řezných nástrojů i nákladů za snížení neshodné výroby. Díky zkrácení času cyklu způsobeného zkrácením jednotkového strojního času obrábění a snížení celkových ztrátových časů došlo k vytvoření volné disponibilní kapacity na obráběcím stroji. V případě že bude tato kapacita prodána formou kooperací nebo zvýšením vlastní výroby dojde k mimořádným výnosům.

V případě, že by nebyla využita získaná volná kapacita a stroj by byl od-

staven, mohou být v závislosti na růstu nebo poklesu jednotlivých parametrů ekonomické výsledky odlišné. Je tedy vhodné provést vždy jednoduché posouzení pomocí zadání konkrétních údajů do tabulky. Při využití stroje pro vlastní výrobu, která má vyšší ziskovost než kooperace, bude celková bilance výhodnější. Bude-li však možné dosáhnout vyššího zisku při prodeji kooperací, je vhodné to upřednostnit, ovšem v návaznosti na firemní strategii.

Přínos v podobě zkrácení průběžné doby výroby, a ve svém důsledku rychlejšímu dodání výrobku na trh nebo přímo k zákazníkovi, nelze přesně vyčíslit. Vzhledem ke globálnímu a vysoce konkurenčnímu prostředí téměř ve všech segmentech průmyslové produkce je však rychlost dodání výrobku jedním z důležitých aspektů umožňujících dodávat opakovaně a ve větším množství.

Současně se zlepšují ekonomické ukazatele díky zlepšení obrátového cyklu peněz způsobené zkrácením doby obrátu zásob i doby obrátu pohledávek . (3, 20)

Finanční analýza provedená s pomocí poměrových ukazatelů umožňuje zjistit vliv na hospodaření podniku. Srovnáváním poměrových ukazatelů před a po provedené změně technologie, nebo jejich podmínek, umožní zkoumat efektivnost prováděných změn a porovnávat je v rámci firmy mezi jednotlivými pracovišti nebo výrobními provozy.

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem souvisejících se změnami technologických podmínek lze konstatovat vliv na tyto ukazatele:

- výnosnost celkových aktiv,
- obrat celkových aktiv,
- obrat zásob,
- ukazatele likvidity.

Kromě těchto ukazatelů mají změny produktivity práce vliv i na ukazatele tržní hodnoty, ukazatele zadluženosti, ukazatele nákladové rentability a nakonec také výnosnost podniku i rentabilitu tržeb. K detailní analýze vlivu jednotlivých parametrů na výše uvedené poměrové ukazatele je potřeba delší časové období a potřebná datová základna. Z uvedených důvodů již nebyla tato analýza provedena.

Pro konkurenceschopnost podniku je nutné sledovat produktivitu. Ukazatele produktivity jsou obecně zaměřeny na posuzování efektivnosti vstupů k výstupům. U provedených případů lze konstatovat zlepšení produktivity práce i produktivity procesu.

Jestliže jsou základními faktory ovlivňující produktivitu:

- pracovní metody,
- kapitál, jeho forma i podmínky,
- technologie výroby
- kvalita práce,
- organizace práce a styl řízení,

můžeme konstatovat pozitivní přínos u všech základních faktorů.
(19, 20, 21, 22)

8.6 VLIV VLASTNÍHO A NAKUPOVANÉHO NÁSTROJE NA OBJEM ZÁSOB

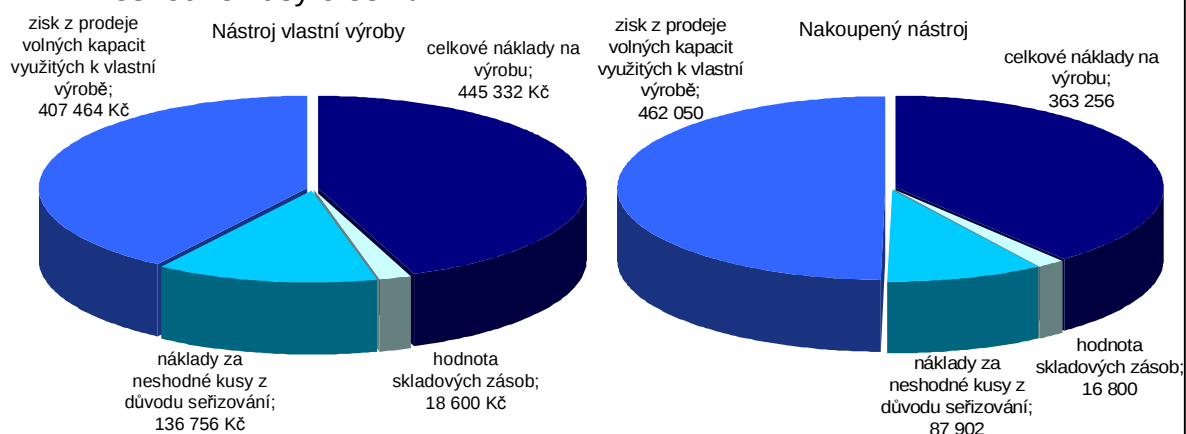
Na konkrétních operacích, u nichž probíhalo testování řezných nástrojů a posuzování vlivu jednotlivých parametrů, byla provedena analýza vlivu parametrů na velikost zásob.

Z analýzy nástroje vlastní výroby vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv i řezná rychlost (index 1,1) umožnily i při klesající životnosti (indexem 1,2) snížení celkových výrobních nákladů o 45 %. Tyto parametry umožnily růst zisku o 30 %, snížily objem skladových zásob řezných nástrojů o 3 % a snížily počet i náklady za neshodné kusy o 30 %.

Z analýzy nakupovaného nástroje vyplývají následující závěry:

- Lineárně rostoucí posuv i řezná rychlost (index 1,1) umožnily i při klesající životnosti (indexem 1,3) snížení celkových výrobních nákladů o 15 %. Tyto parametry umožnily růst zisku o 7 % a vzhledem k dodací lhůtě řezných nástrojů nebyl ovlivněn objem skladových zásob a klesl počet i náklady za neshodné kusy o 33 %.



Graf. 8.8 Struktura nákladů ovlivněných nástrojem vlastní výroby (vlevo) a nástrojem nakoupeným. (příloha č.9)

Porovnání vlastního a nakupovaného řezného nástroje na dané operaci:

- Použitím nakupovaného nástroje, který byl více než třikrát dražší (než vlastní nástroj) lze dosáhnout při výše uvedeném růstu posuvu i řezné rychlosti snížení celkových nákladů na výrobu o 55 %. Tyto parametry umožnily růst zisku z prodeje volných kapacit o více než 47 %. Zároveň však došlo ke snížení počtu i nákladů za neshodné kusy o 45 % a snížení objemu skladových zásob o 13 %.
- Z následně provedené teoretické analýzy vyplývá, že shodná ekonomická bilance vlastního i nakupovaného nástroje nastane, pokud by byl nakupovaný nástroj při maximálních řezných podmínkách více než dvakrát dražší než nástroj vlastní výroby. (příloha č. 9)

Další výhody nakupovaného nástroje vůči nástroji vlastní výroby již byly posuzovány v kapitole 4.2. Shrňme-li pouze ekonomické aspekty, které jsou ve prospěch nakupovaných nástrojů, jsou to:

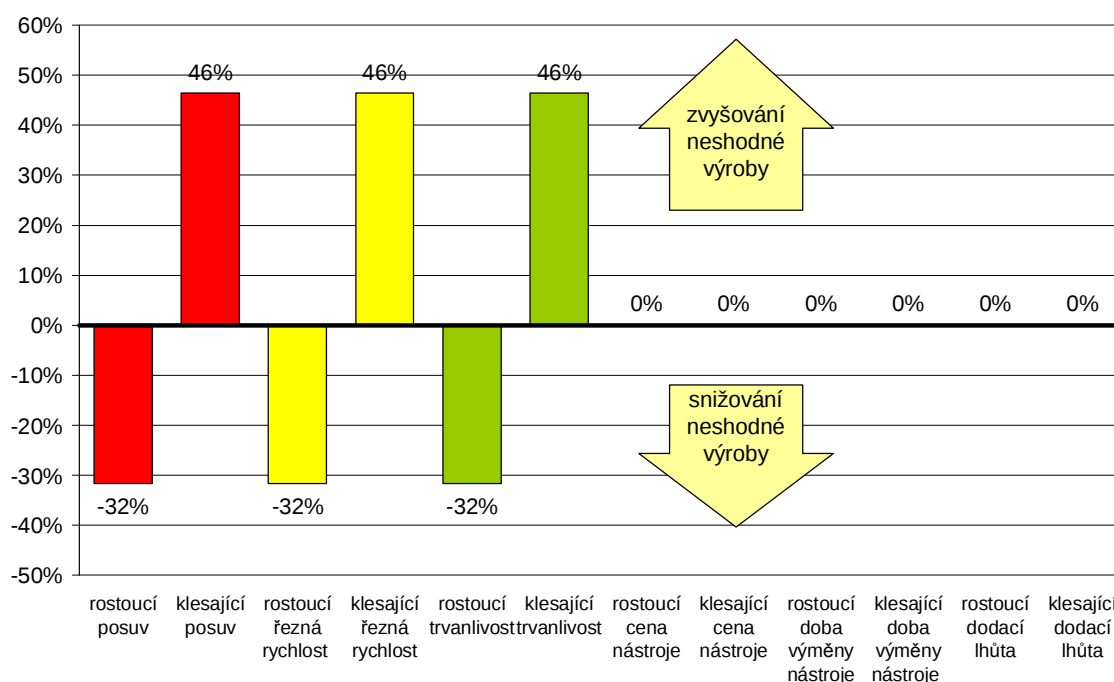
- možnost reklamace i případné kompenzace škody;
- technická podpora a praktické zkušenosti;
- platba až po převzetí hotového nástroje nebo až po jeho použití.

8.7 VLIV PARAMETRŮ NA NESHODNOU PRODUKCI

Z provedené analýzy konkrétních výrobních operací, u nichž probíhalo testování řezných nástrojů, byl analyzován vliv lineárního růstu nebo poklesu jednotlivých parametrů na celkové snížení nebo zvýšení objemu neshodné produkce způsobené výměnami nástroje a seřízením nástrojů.

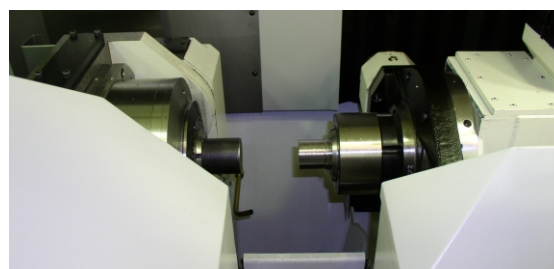
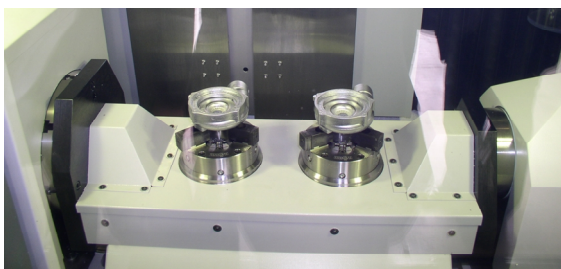
Při změně šesti základních parametrů s lineárním průběhem (vždy postupně o 10 % až na celkový index 1,46) bylo zjištěno, že:

- rostoucí posuv, rostoucí řezná rychlost nebo rostoucí trvanlivost snižují objem neshodné produkce o 32 %;
- klesající posuv, klesající řezná rychlost nebo klesající trvanlivost zvyšují objem neshodné produkce o 46 %;
- v případě současného rostoucího posuvu i řezné rychlosti (index 1,1) by při klesající trvanlivosti (index 1,1) došlo ke snížení objemu neshodné produkce o 32 %;
- změna ceny nástroje, dodací lhůta ani doba výměny nástroje neovlivňuje náklady na neshodnou produkci.



Graf. 8.9 Vliv změny vybraných parametrů na snižování nebo zvyšování neshodné výroby. (příloha č.10)

Současné možnosti obráběcích strojů umožňují díky své vysoké výkonnosti a technickým možnostem obrábění několika obrobků v jednom pracovním cyklu stroje současně. Zároveň umožňují obrábět součástku ze všech šesti stran a to při vysoké přesnosti s minimálními nároky na dokončující operace. Z těchto důvodů jsou ztráty z neshodné výroby mnohem vyšší než u konvenční technologie. Kumulace několika operací v jednom pracovním cyklu stroje si tak vyžaduje vysoké nároky na seřizování nástrojů, zvolený řezný nástroj i jeho podmínky.



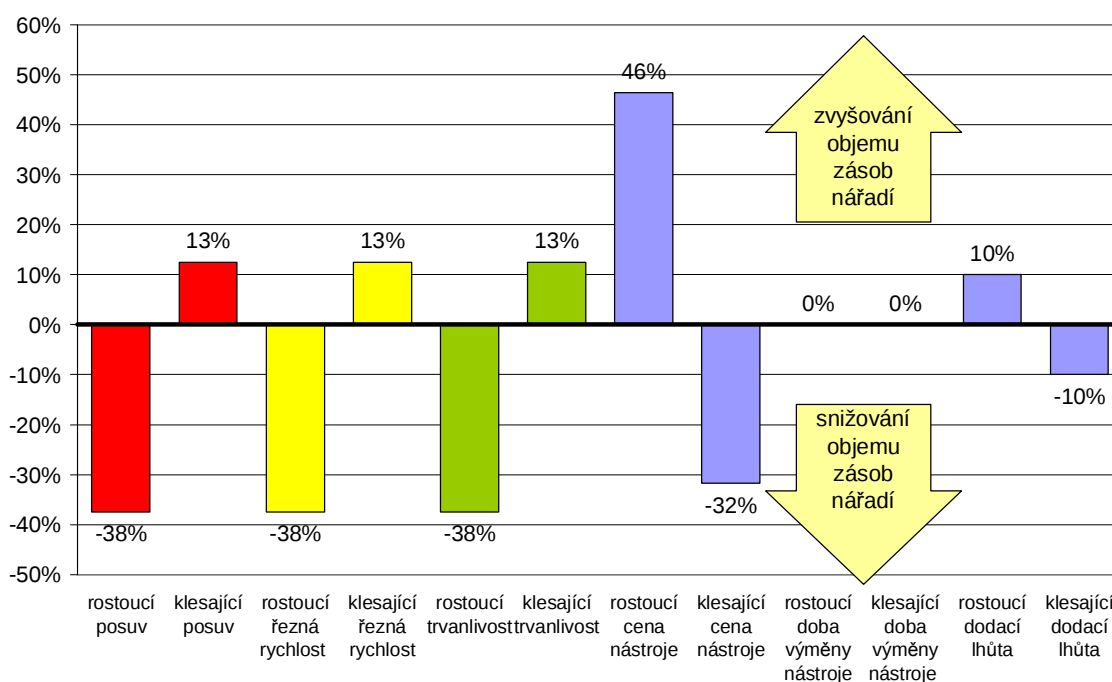
Obr. 8.1 Výkonné stroje dokážou zvýšit produktivitu, ale v případě nevhodně navržené technologie nebo nesprávným přístupem obsluhy mohou způsobit vysoké ztráty. Vlevo dvouřetenné pětiosé frézovací centrum STAMA MC 526/MT-TWIN s hydraulickým upínacím systémem. Vpravo jednovřetenné obráběcí centrum se šesti osami umožňuje obrábění ze šesti stran a kombinuje technologie frézování, soustružení i vrtání.

8.8 VLIV PARAMETRŮ NA OBJEM ZÁSOb

Z provedené analýzy konkrétních výrobních operací, u nichž probíhalo testování řezných nástrojů, byl analyzován vliv lineárního růstu nebo poklesu jednotlivých parametrů na celkové snížení nebo zvýšení objemu zásob řezných nástrojů.

Při změně šesti základních parametrů s lineárním průběhem (vždy postupně o 10 % až na celkový index 1,46) bylo zjištěno, že:

- rostoucí posuv, rostoucí řezná rychlost nebo rostoucí trvanlivost sníží objem zásob řezných nástrojů o 38 %;
- klesající posuv, klesající řezná rychlost nebo klesající trvanlivost zvýší objem zásob řezných nástrojů o 13 %;
- rostoucí (delší) dodací lhůta nástroje zvýší objem zásob řezných nástrojů o 10% a klesající dodací lhůta objem sníží o 10%.
- v případě současného rostoucího posuvu i řezné rychlosti (index 1,1) by při klesající trvanlivosti (index 1,1) došlo ke snížení objemu zásob řezných nástrojů o 38 %;
- změna doby výměny nástroje neovlivňuje náklady na objem zásob řezných nástrojů.



Graf. 8.10 Vliv změny vybraných parametrů na snižování nebo zvyšování objemu zásob řezných nástrojů. (příloha č.10)

8.9 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ

Výsledkem celé řady dalších analýz, bylo ve všech případech zjištění, že trvanlivost, celková životnost i cena nástroje má na celkovou ekonomiku obráběcího procesu nižší váhu, než se obecně předpokládalo. Z hlediska konkrétní operace je však váha těchto ukazatelů důležitá a tyto parametry by neměly zůstat při posuzování stranou nebo mít nižší prioritu.

Vzhledem k současným cenám (na trhu ČR) za 1 hodinu práce a všem ostatním nákladům spojených s obráběním, je největší vliv na parametru - celkového času obrábění (součet jednotkových strojních časů). Čas obrábění je ovlivněn především řeznou a posuvovou rychlostí (za předpokladu správně zvolených nábehů, přeběhů, typu nástroje, způsobu obrábění atd.).

Metoda hodnocení byla opakovaně vyhodnocena u namátkově vybraných výrobních operací, u nichž byl čas obrábění ve výrobním programu s jedním nástrojem vyšší než 1 minuta a sériovost daného dílu byla vyšší než 1000 ks měsíčně. Realizace této metody společně s optimalizací byla postupně ověřena u více než 80 výrobních operací. Zavedením tohoto standardu společně s motivací pracovníků za dosažené úspory, lze zajistit zkrácení jednotkového strojního času a tedy i výrobních cyklů, snížení prostojů a neproduktivních časů na jednotku produkce.

Již v první etapě aplikace této metody se na základě zjištěných vlivů jednotlivých parametrů, snížily neproduktivní časy průměrně o 50 % ÷ 80 %. Na každou jednu hodinu práce (času cyklu na obráběcím stroji) došlo k úspoře 20 % ÷ 60 % času. Celkové úspory byly tím vyšší, čím rychlejší byl nově zvolený nástroj. (21)

Z výsledků vyplývá, že největší váhu z celkových nákladů má právě čas obrábění daným nástrojem. Ten je samozřejmě ovlivněn kvalitou nástroje a zvolenou řeznou a posuvovou rychlostí. Cena nástroje hraje téměř bezvýznamnou roli a celkovou ekonomiku obrábění ovlivňuje jen minimálně. Kvalitnější a dražší nástroj má většinou vyšší trvanlivost i životnost. Sníží se tím celkový počet nástrojů, které musí být nakoupeny do celého výrobního procesu (sklad, výdejna nářadí, seřizovna nástrojů, dílna) a tedy i nutnost alokace finančních prostředků na „nízkoobratové“ zásoby režijního materiálu.

S významným snížením počtu nástrojů v oběhu je spojen i psychologický efekt, který podporuje „šetření“, dosažitelné úspory i myšlení zaměstnanců. Standardně si většina zaměstnanců středních a větších firem myslí, že pokud je nějakého materiálu dostatek („plná dílna“) nemá významnou hodnotu, není nutné s ním hospodárně nakládat a tudíž se k němu také tak chovají.

Zkrácením času cyklů a zrychlením vlastní výroby (zkrácení průběžné doby výroby jednotlivých výrobních dávek) dojde k vytvoření volné kapacity, která zásadním způsobem ovlivní celkovou ekonomiku. Při prodeji této kapacity externím firmám formou kooperace, se zvýší tržby za každou hodinu práce o minimálně 700 Kč ÷ 1200 Kč, při 5 % ÷ 20 % zisku. Při správném výběru kooperace lze na specifických technologiích prodat hodinu práce i za více než 1200 Kč s více než 25 % ziskovostí.

V případě využití této volné kapacity na vlastní výrobu má tato kapacita hodnotu v prodejní ceně za hodinu průměrně 1150 Kč/hod. Tato vysoká prodejní cena za hodinu práce je dána tržbami z prodeje vlastních výrobků a služeb. Při ziskovosti minimálně 15 % je z toho plynoucí hospodářský výsledek velmi zajímavý. (19, 20, 22)

Druhotné efekty mezi které patří snížení potřeb provozního financování a snížení objemu, v mnoha případech obtížně definovatelných režijních nákladů, jsou také velmi zajímavým přínosem. Při vysoké ceně cizích zdrojů na provozní financování jsou přínosy těchto druhotných efektů několikanásobně vyšší, jelikož sníží nároky na provozní financování režijního materiálu.

Z dalších konkrétních aplikací bylo zjištěno, že nahradíme-li levný nástroj vyrobený (například) ve vlastní nářadovně nástrojem nakupovaným (nebo jiným lepším), který je 10 x dražší (o 1000 %), ale jen o 1,25 x (o 25 %) rychlejší, je celková ekonomika výhodnější ve prospěch dražšího nástroje. Dalším významným efektem je snížení počtu neshodných výrobků. Při průměrně 5 x vyšší životnosti nakupovaných nástrojů došlo k úspoře nákladů za neshodné výrobky o 80 %. Důvodem je snížení počtu seřizování a provádění korekcí, které přímo souvisí s nutností proměření a opětovného nastavení nebo úpravou nástrojových korekcí. Na třívřetených strojích vznikne při výměně celé sady nástrojů (3 ks nástrojů) průměrně jeden neshodný neopravitelný výrobek. (20, 21)

Fyzická realizace tohoto projektu byla na výrobních provozech třískového obrábění řešena ve spolupráci s technickými zástupci dodavatelských firem, kteří pravidelně procházeli s pracovníky firmy (technolog, seřizovač, mistr) vybrané výrobní operace a řešili vhodnost použitých řezných nástrojů a stanovených řezných podmínek. Cíl byl směřován k maximálnímu zrychlení výrobního procesu, respektive zkrácení času cyklu prostřednictvím snížení jednotkového strojního času, při maximální trvanlivosti a tedy i celkové životnosti nástroje.

Nově navržené podmínky a nástroje byly vždy odzkoušeny na sériové produkci (ve firmě je uložen protokol). Po závěrečném odsouhlasení byla tato změna, v podobě nového dodavatele a typu nástroje s jeho řeznými podmínkami, uložena do informačního systému.

Z manažerského pohledu se tato metoda musí realizovat jako koncepční řešení a jednotlivé kroky a důvody vedoucích k hodnocení ekonomiky obrábění nesmí být prezentovány formou „na ceně nástroje nezáleží“. Došlo by tak k efektu, že všechno dražší je automaticky lepší, výkonnější a efektivnější. Je tedy nutné dodržovat stanovenou strukturu dat v kalkulačním vzorci a pracovníkům vysvětlit důvody jejich sledování a vyhodnocování.

9 NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ A METODIKA

Navržená metodika shrnuje získané poznatky a výsledné vazby jednotlivých parametrů ve vztahu k ekonomické bilanci výrobního procesu a umožňuje zlepšení rozhodování výrobního manažera v otázkách výběru technologie pro konkrétní zakázku. Je založena na zjištění a výstupech vycházejících z průzkumu a analýzy procesu třískového obrábění CNC technologiemi.

9.1 METODIKA

1. POUŽÍVAT SYSTÉMOVOU OPTIMALIZACI

- Vytvořit systém pro řízení a organizaci výrobního procesu k navrhování, nákupu, skladování, použití a optimalizaci využití řezných nástrojů a dle navržených vlivů a modelových tabulek optimalizovat důležité parametry s vazbou na ekonomiku firmy.
- Používat softwarové řešení na optimalizaci produktivity, řezných podmínek, objemu odebraného materiálu za jednotku času.
- Používat technologické a matematické modely – adaptivní algoritmizace optimalizačních úloh.

2. ZKRÁCOVAT JEDNOTKOVÝ STROJNÍ ČAS

- Aplikací řezného náradí s nejvyšší posuvovou i řeznou rychlostí nebo vysokorychlostním obráběním minimalizovat strojní čas.
- Vhodným programováním minimalizovat počet úběrů, jejich dráhu, včetně náběhů a přeběhů, maximalizovat šířku záběru ostří i objem odebraného materiálu za jednotku času.
- Správnou volbou řezného prostředí umožnit zkrácení jednotkového času a zvýšení trvanlivosti.

3. MINIMALIZOVAT NÁROKY NA PROVOZNÍ KAPITÁL

- Používat výdejní automaty, toolboxy, zakladače, konsignační sklady.
- Prodlužovat dobu splatnosti faktur za dodávku náradí.
- Snižovat různorodost nástrojů, používat modulární a univerzální řešení aplikovatelné pro více operací, strojů a pracovišť.
- Zavedením normy spotřeby nástrojů, skladových limitů a podmínek distribuce minimalizovat objem skladových zásob.
- Vyrábět pouze takové vlastní náradí, které nelze v lepší kvalitě i výkonnosti efektivně nakoupit od specializovaného výrobce.
- Využíváním předseřazených nástrojových držáků i nástrojových sond snížit dobu výměny nástroje i počet vstupů do řídicího systému stroje.

4. VYUŽÍT VOLNOU KAPACITU STROJE

- Optimalizací získanou volnou kapacitu stroje je nutné využít k rozšíření vlastní výroby nebo k prodeji volné kapacity formou kooperací.
- Není-li možné na stroji zajistit nepřetržitý provoz, je vhodné upřednostnit kontinuální provoz s delší odstávkou před přerušovaným provozem s periodickými a krátkými přestávkami.
- Není-li možné výrobní kapacitu využít k výrobě, je vhodné zahrnout do časového fondu stroje četnější preventivní prohlídky i pravidelnou údržbu.

5. OPTIMALIZOVAT OSTATNÍ FAKTORY

- Aplikací rychlého, tuhého, přesného a vyváženého upnutí nástroje (tepelné nebo hydraulické upnutí) snížit negativní vlivy na soustavu S – N – O – P a zvýšit efektivitu výrobního procesu (životnost, struktura povrchu, přesnost).
- Monitorováním obráběcího procesu umožnit minimalizaci řezných sil a odporů. Provádět diagnostiku stroje a procesu, minimalizovat vibrace, chvění, kmitání a házení.
- Zavedením evidence dosahovaných parametrů, vlivů i změn výrobního procesu, rozšiřovat databázi a umožnit analýzu dat a následné zlepšování.
- Monitorováním pracoviště, stroje a procesu minimalizovat ztráty a neproduktivní časy.
- Kontrolovat a analyzovat nestandardní situace, jevy a trendy (zvýšení opotřebení, četnost poruch na nočních nebo víkendových směnách, způsobilost procesu, struktura neshodné produkce a její vývoj, apod.).

9.2 VYUŽITÍ VOLNÝCH KAPACIT STROJE

Využitím nově vzniklé volné kapacity stroje lze dosáhnout vyšších tržeb i zisku. Tržby a zisk mohou pocházet především z následujících variant výrobního procesu:

A. Tržby a zisk z prodeje vlastních výrobků a služeb

V případě, že je firma schopna prodat více výrobků nebo služeb svým stávajícím zákazníkům, je nejvýhodnější způsob využití volné kapacity získané produktivnějším způsobem výroby, právě tímto způsobem.

B. Tržby a zisk z prodeje výrobků formou kooperace

Pokud není možné zvýšit výrobu a prodej vlastních výrobků, je druhou nejvhodnější formou využití nově vzniklé volné kapacity její prodej externí firmě, která vyhledává výrobní kooperace. Výběr kooperace musí být velmi pečlivý a před jejím smluvním odsouhlasením by mělo předcházet detailní přezkoumání obchodního vztahu.

Varianta A je ve většině firem systémově ošetřena a standardizována. Ne-
ní tedy nutné přijímat zvláštní opatření, rozhodnutí a systémové změny.

Varianta B je v rámci systému a procesů v jednotlivých firmách na různé
úrovni. Není výjimkou, že je toto vytěžování disponibilních kapacit formou koo-
perací bráno s nižší prioritou než hlavní výrobní program a s tím souvisí i větší
benevolentnost a tolerance odpovědných pracovníků. Z těchto důvodů bychom
měli věnovat zvláštní pozornost vybraným aspektům tohoto procesu.

V současném období není problém zajistit dostatečné množství práce na
tyto stroje a zajistit profinancování výroby. V daných firmách byly možnosti
dvě. Volná kapacita mohla sloužit k rozšíření vlastní výroby (která se zajišťuje
na konvenčních strojích), protože některé požadavky trhu prostřednictvím ob-
chodního oddělení nebyly z kapacitních důvodů trvale uspokojovány. Nebo
mohla být volná kapacita využita ke kooperační výrobě pro externí zákazníky.
Zásadním přínosem při využití těchto nově vytvořených volných kapacit bylo
v podstatě rozpočtení velké části výrobních režii na větší počet tržeb a tím
vzrostla i ziskovost standardní produkce.

9.2.1 PODMÍNKY PRO KOOPERAČNÍ VYUŽITÍ KAPACIT

Podmínky pro smluvní vztah na kooperační využití volných výrobních ka-
pacit by měly zohlednit následující aspekty:

1. **Objem využitých kapacit**

Čím více volné výrobní kapacity bude využito jedním odběratelem, tím lé-
pe. Zvyšuje se ovšem riziko vysoké vázanosti, která může snížit ziskovost,
zvýšit tlak odběratele na lepší podmínky (termíny, splatnost). Je také důležité
mít připravenou jinou alternativu pro případ náhlého ukončení smluvního vzta-
hu nebo snížení objemu využívaných volných kapacit.

2. **Doba trvání zakázky**

Pokud je obchodní vztah ošetřen dlouhodobou smlouvou, snižují se režijní
náklady a není nutné trvale vyhledávat odběratele vhodné k naplnění volné vý-
robní kapacity. Čím je smluvní vztah delší, tím je výhodnější a pohodlnější, ale
je také zavazující.

3. **Ziskovost**

S rostoucím objemem a jeho garancí (formou objednávek nebo závazných
výhledů) bude odběratel vyžadovat nižší cenu a tím dojde k poklesu ziskovosti.
U vyššího a dlouhodobého objemu lze však předpokládat snadnější kontrolu
přímých i nepřímých nákladů a lepší technologickou přípravou výroby můžeme
snadněji ovlivňovat úroveň zisku. Při kooperačním vytěžování volných kapacit
dojde k nárůstu některých režijních činností, které je nutné zahrnout do kalku-
lace nákladů ještě před konečným cenovým jednáním. Zejména se jedná
o administrativní činnosti (evidence, účtování, fakturace) a organizační činnosti
(plánování a řízení výroby, dodávek materiálu, technologie, atd.). Pro snížení
rizik ztráty nebo nižší ziskovosti většina firem zapomíná na rozšíření pojistné
smlouvy. Vytvořením kooperačního vztahu dojde například k růstu zásob
(oběžných aktiv) a v případě, že odběratel dodá svůj materiál a zakázka bude

poškozena, zcizena nebo jinak znehodnocena musí být k dispozici pojistná smlouva zahrnující pojistné krytí i tohoto majetku.

4. Podobnost s vlastní výrobou

V případě několika potenciálních odběratelů výrobků nebo operací, je při podobných parametrech ziskovosti, objemu a délce kontraktu vhodné upřednostnit takovou výrobu, která má vyšší konstrukční a technologickou podobnost k vlastní výrobě. Bude tím zajištěno lepší využití stávajících aktiv a sníží se tím riziko vynucených investic nebo technicko-výrobních a organizačních změn.

5. Serióznost odběratele

Před uzavřením smlouvy je výhodné ověření serióznosti a důvěryhodnosti odběratele. Úroveň prověření musí jít do větší hloubky v závislosti na růstu objemu a dlouhodobosti kontraktu. V současné době lze použít celou řadu forem na ověření schopnosti plnit závazky, zjištění ratingu firmy od jednotlivých bankovních ústavů, ověření historie a průběhu obchodního vztahu u referencí, které odběratel uvádí, atd.

Před uzavřením smlouvy jsou velmi výhodné fáze vzorkování a ověřování, včetně realizace prvních zkušebních dávek s jejich analýzou. U těchto fází dojde k výskytu nejčastějších problémů a ověří se tím schopnost oboustranné funkční komunikace a umění i snaha řešit problémy. Po těchto fázích se minimalizuje riziko možných problémů a bariér zjištěných až po uzavření smluvního vztahu.

6. Budoucnost odběratele

Z pohledu dlouhodobého kontraktu je vhodné upřednostnění takového partnera, který má aktivní výzkum a vývoj a v daném tržním segmentu vyhledává nové příležitosti a rozšiřuje svou výrobu a prodej a tím i tržní podíl. S odběratelem, který je přímým konkurentem v oboru, je možné spolupracovat za zvlášť ošetřených podmínek. Možné akcionářské propojení nebo založení společného podniku rizika eliminuje.

7. Synergické možnosti

Pokud je možné najít takového partnera pro vytížení volné kapacity, se kterým bude možné využít další synergické efekty, měl by být opět upřednostněn. Synergické vazby mohou spočívat ve společném nákupu materiálu, společném vývoji, konstrukci nebo přípravě výroby atd. Mezi další standardně využívané synergické vazby patří sdílení specialistů, společný nákup služeb, sdílení výrobních a lidských zdrojů. Zkušenost při sdílení lidských zdrojů je efektivní v případě regionální dostupnosti a stejných potřebách a požadavcích.

9.3 PODMÍNKY METODY

Metodika i optimalizace výrobního procesu, by měla být prováděna přednostně v těch případech, kdy jsou ve výrobním procesu zjištěny nestandardní události nebo výrobek případně výrobní operace splňují některé z následujících faktorů:

- jedná se o výrobek s vysokým podílem z celkového prodeje;
- jde o jedinečný výrobek s vysokou konkurenceschopností;
- vysoký počet vyráběných výrobků z objemu výroby;
- vysoká cena výrobku (vysoké celkové náklady na jeho výrobu);
- vysoká pracnost výrobku, nebo změna pracnosti;
- dlouhý jednotkový strojní čas operace nebo jeho změna;
- úzké místo – nedostatečná kapacita pracoviště, hromadění dávky nebo skluzu v plnění;
- zvýšení podíl neshodných výrobků (počtem kusů i objemem ztráty);
- změna obratu zásob řezných nástrojů;
- zvýšená četnost zásahů údržby.

V případě, kdy výrobní proces nesplňuje běžné standardy a nejsou-li ve firmě známy posuzované parametry z technologického nebo matematického modelu, není možné se 100 % spoléhat na stanovenou metodiku a výsledky rozboru. Jako pomůcka k manažerskému rozhodování a řízení však plně postačí, protože největší váhu mají hodnoty, které lze přesně, jasně a opakovaně definovat a relativně jednoduše prověřovat. Je však vhodné postupovat s ohledem na specifické znaky daného výrobního systému.

Použití by nebylo možné v takové organizaci, kde o typech a dodavatelích jednotlivých nástrojů rozhodují pouze pracovníci útvaru nákupu. I když používají celou řadu vhodných kritérií (cena, splatnost, skonto, hodnocení dodavatele, počet reklamací, servis, apod.) nemohou do rozhodování zahrnout celý výrobní proces z technicko-ekonomického pohledu. Bylo by nutné změnit pravomoci a odpovědnosti (včetně popisu činností jednotlivých pracovníků) a začlenit tento proces pod výrobní nebo technický úsek, případně používat systémové řešení.

Naprosto nevhodné řešení dané problematiky spočívá v aplikaci výběrových řízení na dodavatele řezných nástrojů pomocí internetových aukcí. Přílišná orientace dodavatelů na nízkou cenu je pak vykoupěna nevyhovující životností nástrojů, špatným technickým servisem a v mnoha případech takovým produktem, u něhož dodavatel nebo technický zástupce firmy nezná vhodné řezné podmínky a ostatní parametry řezného procesu a má minimální úroveň poznatků z praktických aplikací.

9.4 OSTATNÍ PŘÍNOSY

Uvedená metodika a rozbor ekonomiky a hospodárnosti obrábění jsou vzhledem ke svému rozsahu (výroba – technologie – jakost - ekonomika) spojeny s některými principy a praktikami vybraných metod průmyslového inženýrství (PI), které optimalizují produkční systémy. Z pohledu manažerských systémů jakosti (ČSN EN ISO 9001, ISO 16 949, VDA, SIX SIGMA, apod.) podporují navržené postupy i metodika neustálé zlepšování procesů a tím i dosaženou hodnotu pro firmu a zákazníka.

V posledních letech se v ČR začali úspěšně aplikovat vybrané metody PI. Některé z těchto metod mají přímý vliv na hospodaření a ekonomiku třískového obrábění a ovlivňují také životnost výrobních prostředků. Moderní metody a postupy PI mají za svůj cíl zvyšovat produktivitu procesů a tím i konkurenceschopnost firmy.

Z prvků průmyslového inženýrství metodika podporuje částečně prvky metody 5S. Důvodem je čistota, pořádek a uspořádání pracoviště výrobní dílny, které jednoznačně vymezí prostor určený k uskladnění výrobních prostředků (v tomto případě rezných nástrojů), ve všech fázích (nové, tupé, přestřené, seřízené, neseřízené, apod.).

Princip analýzy a rozboru je v souladu s metodou JIT, Kanban a s obecnými druhy plýtvání, především částí nadvýroba, čekání, nadbytečná manipulace, vysoké zásoby a zbytečné pohyby. Tento postup zprůhlední (většinou neřešené) náklady spojené se skladováním rezných nástrojů na jednotlivých pracovištích výrobního provozu (sklad, výdejna, dílna, ostřírna, seřizovna nástrojů, apod.). Zároveň se s předpokládaným snížením objemem rezných nástrojů v celém výrobním procesu sníží i čas na manipulaci s těmito nástroji (i evidenci). Významným faktorem je snížení nákladů na nejakostní výrobu. Zmenšením četnosti seřizování nástrojů a stroje, včetně počtu korekcí, dojde k poklesu počtu neshodných výrobků. Zvýšením počtu vyrobených kusů za jednotku času a zkrácením průběžné doby výroby může dojít k vyřešení kapacitně úzkého místa a ve vybraných případech i ke snížení nároků na investice do nových výrobních kapacit.

Metoda „rychlé změny“ SMED, z pohledu týmové práce, výměn nástrojů a seřizování, zkracování prostojů, nevýrobních a přípravných časů ve výrobě.

Jako poslední významnou vazbou na prvky PI je TPM, Totálně produktivní údržba ovlivňuje tuto oblast jasným přehledem o stavu stroje, jeho prostojích ve vztahu k reznému procesu (výkon/příkon), k neproduktivním časům (seřizování, odstavení stroje, porucha stroje, oprava stroje, měření, atd.) a také z pohledu sledování skutečného využití stroje (kdy je stroj pod proudem, kdy vyrábí, kdy stojí, z jakého důvodu). V současnosti nelze opomenout také diagnostiku, která je schopna pomocí speciálních měřících zařízení a příslušným softwarovým vybavením odhalit problémy s vibracemi, kmitáním, zvýšeným opotřebením vodících i rotačních prvků stroje.

Tímto způsobem lze při periodických kontrolách a sledování vývoje jednotlivých ukazatelů, odhalit blížící se havarijní stavy a těmto stavům předcházet.

Díky průřezovým údajům napříč celou firmou směřuje pracovníky jednotlivých útvarů k širšímu pohledu (za hranice jejich kanceláře nebo pracoviště). Dále pak nutí odborné pracovníky přemýšlet a hledat cesty ke snížení prostojů a seřizovacích časů, které ovlivňují především správně zvolené typy nástrojových systémů, řezných nástrojů a řezných podmínek. Samozřejmostí se také stane trvalý přístup k záznamům, z nichž vychází kontrolní výpočty ekonomiky a hospodárnosti výrobního procesu (počty kusů, doba výměny nástroje, počet neshodných výrobků, doba seřizování, atd.).

10 ZÁVĚR

Na základě praktických zkušeností a několika provedených průzkumech ve strojírenských výrobních firmách, byly ověřeny aspekty procesního řízení výrobního procesu s třískovým obráběním na CNC strojích.

Konkrétní rozbor procesu ve vztahu k výběru technologie, konkrétně řezných nástrojů, směřovaly do několika oblastí. Byly zhodnoceny podmínky, postupy a vliv řezných nástrojů na proces organizace a řízení, proces nákupu a objemu zásob, proces managementu jakosti a neshodnou produkci, proces plánování a normu spotřeby a v konečném důsledku také vazbu hospodárnosti a efektivnosti využití potenciálu řezných nástrojů na dosahovanou produktivitu a rentabilitu. Analýzou zjištěných výstupů a rozbořem jejich vlivů, byly zjištěny důležité závislosti i váha jednotlivých parametrů. Na základě modelových příkladů, i příkladů z reálných výrobních operací, jsme ověřili dopady řezných nástrojů a jejich podmínek na celkovou ekonomiku firmy. Posouzením všech parametrů ovlivňujících celkovou ekonomiku firmy, byl posouzen i vliv nástrojů na kapacitu strojů a její možné využití.

Dílčí závěry k jednotlivým procesům i aktivitám jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách a jsou základnou pro navrženou metodiku. Tato metodika společně s dílčími závěry a vytvořenými tabulkami může sloužit jako pomůcka při rozhodování a řízení výrobního procesu.

Shrnutí nejdůležitějších závěrů z provedené studie technologie obrábění:

- Zvyšování nebo snižování posuvu i řezné rychlosti má největší vliv na náklady výrobního procesu a ekonomické výsledky podniku. Z uvedené studie vyplývá, že váha zvyšování posuvu i řezné rychlosti je dvakrát vyšší než zvyšování trvanlivosti a téměř třikrát vyšší než snižování ceny nástroje.
- Trvanlivost nástroje a její změny ovlivňují ekonomické výsledky méně než změna posuvu nebo řezné rychlosti a zároveň trvanlivost ovlivňuje ekonomické výsledky více než cena nástroje.
- Cena nástroje má na ekonomické výsledky podniku menší vliv než se obecně předpokládá. Změna ceny nástroje ovlivňuje ekonomické výsledky mnohem méně než změna posuvu, řezné rychlosti a trvanlivosti.
- Použitím nakupovaného nástroje, který může být několikrát dražší, než vlastní nástroj, lze dosáhnout při velmi malém růstu posuvu a řezné rychlosti snížení celkových nákladů na výrobu, zvýšení zisku z prodeje volných kapacit stroje, snížení objemu zásob a snížení neshodné produkce.
- Parametr doby výměny nástroje a dodací lhůta ovlivňuje celkové výrobní náklady a zisk z prodeje volných kapacit minimálně a tyto parametry je nutné posuzovat s nižší prioritou než řezné podmínky a trvanlivost.

Priorita výrobního manažera ve vztahu k řezným nástrojům musí směřovat k zavedení funkčního systému a optimalizací minimalizovat jednotkový strojní čas.

Seznam použitých podkladů

1. FIALA, Peter. *Modelování a analýza produkčních systémů*. Praha: Professional Publishing, 2002. 259 s. ISBN 80-86419-19-3.
2. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 1+2*, 2.přepřac. vyd. Brno: VUT FP. 2005. 81+138 s. ISBN 80-214-3134-2, 80-214-3066-4.
3. KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
4. NĚMEČEK, P. a ZICH, R. *Podnikový management, 1., 2. a 3.díl*, 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 2004, 2005. 60, 91 a 69s. ISBN 80-214-3211-X, ISBN 80-214-2780-9 a ISBN 80-214-3004-4.
5. KOČMANOVÁ, A. a LUŇÁČEK, J. *Ekonomika podniku, 1. a 2.díl*, 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 63 a 68 s. ISBN 80-214-3017-6 a ISBN 80-214-3016-8.
6. FOREJT, M., PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 2006. Brno: Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2006. s. 1-226. ISBN: 80-214-2374-9.
7. KOČMAN, K. *Speciální technologie - Obrábění*. VUT. VUT. Brno: CERM, akademické nakladatelství, 2004. 227 s. ISBN: 80-214-2562-8.
8. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
9. HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. 1. vyd. Brno: CCB, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.
10. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praxe*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
11. PÍŠKA, M. Rerum Cognoscere Cavcas. *MM Průmyslové spektrum*, 2005, roč. 2005, č. 4, s. 14-16. ISSN: 1212-2572.
12. PRÁŠIL, T. Nové řezné nástroje. *MM Průmyslové spektrum*, 2006, roč. 2006, č. 10, s. 76-77. ISSN: 1212-2572.
13. KUROCHKIN, M. Grumant – přišel čas změny.... *MM Průmyslové spektrum*, 2005, roč. 2005, č. 10, s. 50-51. ISSN: 1212-2572.
14. SKOPEČEK, T., HOFMANN, P., CIBULKA, V. Algoritmizace optimalizačních úloh pro obrábění. *MM Průmyslové spektrum*, 2006, roč. 2006, č. 5, s. 20-22. ISSN: 1212-2572.
15. HUMÁR, Anton. *Technologie 1. Technologie obrábění – 1.část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-1.část.pdf>.
16. HOLMAN, Robert, SCHUMPETER, Joseph. *Centrum pro ekonomiku a politiku : přepis přednášek, Robert Holman: Joseph Alois Schumpeter - teorie podnikatele a hospodářského cyklu* [online]. první. Jihlava: CEP, 2005-2008 [cit. 2002-02-21]. Windows-1250. Český. Dostupné na World Wide Web: <<http://cepin.cz/cze/prednaska.php?ID=143&PHPSESSID=81606d0c094934716161342a0a7a3f5a>>.

17. W.ACHTENBERG. *Main Tool-Management für jeden Anspruch* [online]. Germany, 2005, 2 s. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.achterberg-gmbh.de/95.0.html>>.
18. SANDVIK COROMANT. *Main catalogue 2008* [online]. Cutting tools from Sandvik Coromant. Sweden: Sandvik Coromant, 2008, 5.6.2008. 1147 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.coromant.sandvik.com/sandvik/0110/Internet/I-Kit1/se02672.nsf/GenerateTopFrameset?ReadForm&menu=&view=http%3A//www.coromant.sandvik.com/sandvik/0110/Internet/I-Kit1/se02673.nsf/Alldocs/Multi*2Dtask*machining*2ACoroPlex*C2*84*A2*MT&banner=/sandvik/0110/Internet/I-Kit1/se02672.nsf/LookupAdm/BannerForm%3FOpenDocument>.
19. Data a výstupy z podnikového informačního systému SAP/R3 od firmy SAP, 2005-2008.
20. Data a výstupy z podnikového informačního systému SyteLine od firmy Iteuro, 2005-2008.
21. Data a výstupy softwaru Asepo pro technickou přípravu výroby od firmy Asepo SW, 2005-2006.
22. Výkazy zisku a ztrát, Rozvaha, Měsíční reportink, finanční výkaz Central, dílenské výkazy, 2005-2008.
23. Český statistický úřad: *Průmysl, energetika - časové řady* [online]. 9.4.2008. Praha: Český statistický úřad, 2008, 9.4.2008. Dostupný z WWW: <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/pru_cr>.

Seznam použitých symbolů a zkratek

zkratka	popis
VD	výrobní dělník
ND (RD)	nevýrobní dělník (režijní dělník)
THP	technicko-hospodářských pracovník
RD	režijní dělník
TPV	technologická příprava výroby
VŠ	vysoká škola
OS	ověřovací série
ČSN	česká technická norma
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci
SMJ	Systém managementu jakosti
EMS	environmentální manažerský systém
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme (ekologické audity)
VDA	Verband der Automobilindustrie (svaz automobil. průmyslu)
CF	cash-flow (tok peněz)
FEM	Finite Element Method (metoda konečných prvků)
CNC	Computer Numerical Control (číslic. řízení pomocí počítače)
NC	Numeric Control (číslicové řízení)
GO	generální oprava
JÚS	jednouúčelový stroj
TZ	tepelné zpracování
MTZ	materiálně technické zabezpečení
VBD	výměnné břitové destičky
RO	rychlořezná ocel (HSS)
PKNB	polykrystalický kubický nitrid boru (BN)
PKD	polykrystalický diamant (DP)
SK	slinutý karbid
ŘK	řezná keramika (CA, CM, CN, CC)
CVD	Chemical Vapour Deposition (chemické napařování)
PVD	Physical Vapour Deposition (fyzikální napařování)
HSC	High Speed Cuting (vysokorychlostní obrábění)
CAD	Computer Aided Design (počítač. podpora konstruování)
CAM	Computer Aided Manufacturing (poč. podpora výroby)
ERP	Enterprise Resource Planning (podnikové inf. systémy)
MRP	Material Requirement Planning, (plán materiál.požadavků)
MRP II	Manufacturing Resource Planning (plán průmysl. zdrojů)
MRP III	Money Resource Planning (plán finančních zdrojů)
APS	Advanced Planning System (pokročilé plánování)
PI	průmyslové inženýrství
JIT	Just In Time (právě včas, metoda PI)
SMED	Single Minute Exchange Die (metoda rychlé změny)
TPM	Total Productive Maintenance (totálně produktivní údržba)
TQM	Total Quality Management (management kvality)
SNOP	Soustava stroj – nástroj –obrobek - přípravek

symbol jednotka popis

d	den	počet pracovních dnů
h	hod	počet hodin jedné směny
σ	-	směnnost
g	-	počet vzájemně zaměnitelných pracovišť
z	-	relativní podíl nevyhnutelných časových ztrát; hodnota je většinou v rozpětí $0,90 \div 0,95$
t_{41}	min	čas hlavního chodu stroje, nástroj je v záběru
i	-	počet současně pracujících stejných nástrojů při opracování jedné součásti (například u stroje s několika vřeteny)
X	ks	počet součástí plánovaných k výrobě za plánovací období
k_{nz}	-	koeficient nahodilých ztrát, volí se v rozmezí $1,05 \div 1,5$
$\bar{Z}$	hod	životnost nástroje
S	ks	statisticky zjištěná spotřeba nářadí u podobných zakázek
V	ks	výrobní zakázka zadaná v požadovaných jednotkách
K_z	-	koeficient zpevnění normy, kde $k_z \leq 1$
T_i	min	jednotlivé trvanlivosti (trvanlivosti jednotlivých ostří VBD)
T	min	aritmetický průměr hodnot T_i
x	-	počet možných ostření nástroje
q	-	počet samostatně použitelných ostří destičky nebo řezného nástroje
U_c	Kč	úspory na výrobních nákladech, které vzniknou porovnáním dosavadní technologie a technologie s voleným nářadím
C_p	Kč	náklady na pořízení nářadí
U	Kč	úspory na výrobních nákladech při porovnání technologie původní a technologie s voleným nářadím
K	-	koeficient oprav a údržby, který nabývá hodnoty $0,2 \div 0,4$
u	Kč	hrubá úspora, dosažitelná z titulu provedení dané technologie voleným nářadím na jednu součást
X	ks	plánovaný počet součástí, jež mají být vyrobeny nářadím
u_{mat}	Kč	úspora materiálu na 1 součást při použití zvoleného nářadí
u_{mzdy}	Kč	úspora na mzdě VD nebo operátora, pracujícího s voleným nářadím danou technologií na jedné součásti
$u_{seř}$	Kč	úspora na mzdě seřizovače při použití voleného nářadí, přepočtená na jednu součást
u_{dr}	Kč	úspora dílenské režie při zpracování dané technologie jedné součásti při použití zvoleného nářadí.
C_m	Kč/kg	cena materiálu
$G_{m1,2}$	kg	hmotnost materiálu na jednu opracovanou součást v 1. a 2. technologii
C_o	Kč/kg	cena využitelného odpadu
$G_{o1,2}$	kg	hmotnost využitelného odpadu materiálového prvku na jednu součást
$m_{1,2}$	Kč	mzdový tarif operátora, VD v 1. a 2. technologii
$d_{v1,2}$	ks	počet součástí ve výrobní dávce v 1. a 2. technologii
t'_{A1}, t'_{A1}	min	čas jednotkové práce při 1. a 2. technologii
t'_{B1}, t'_{B1}	min	čas dávkové práce při 1. a 2. technologii
m_s	Kč	mzdový tarif seřizovače
R	-	součinitel dílenské režie
r	-	hodnota úspor
C_m	-	způsobilost procesu

Seznam příloh

Č. přílohy	Název
1.	Průzkum – Rozhodující faktory volby nástroje.
2.	Průzkum – Prodejní cena práce na CNC strojích.
3.	Průzkum – Struktura stárí CNC strojů.
4.	Průzkum – Pracovní režim CNC strojů.
5.	Průzkum – Řízení zásob nářadí Používání metod optimalizace.
6.	Průzkum – Řezné nástroje.
7.	Modelové příklady – tabulky hodnot.
8.	Reálné příklady – tabulky hodnot.
9.	Vliv vlastního a nakupovaného nástroje – tabulky hodnot.
10.	Vliv ostatních parametrů – tabulky hodnot (doba výměny nástroje a dodací lhůta, vliv parametrů na neshodnou produkci, vliv parametrů na objem zásob).
11.	Optimalizace zásob - výdejní automaty na nástroje.
12.	Optimalizace zásob, soustava minima a maxima.
13.	Doplňkové informace o firmě.
14.	Optimalizace výrobních nákladů a časů.