



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE
TESTING

AUTOMATIZACE A KVALITA.

AUTOMATION AND QUALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VIOLETA HEBLER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav metrologie a zkušebnictví

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Violeta Hebler

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automatizace a kvalita.

v anglickém jazyce:

Automation and Quality

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zásady pro vypracování:

1. ve spolupráci s vedoucím práce naplánujte osnovu práce;
2. podle dostupných literárních pramenů a internetových odkazů vypracujte rešerši k zadanému tématu;
3. ze získaných podkladů utvořte vlastní závěr o současném stavu problematiky;
4. odhadněte možný vývoj v oblasti.

Rozsah písemné práce: 15 – 20 stran (Word 12, jednoduché řádkování, okraje 25 mm)

Obrázky: vloženy v textu (rozměry cca 80 x 80 mm, 60 x 160 mm); celostránkové – jako samostatná příloha (celkový počet příloh max. 5).

Bibliografické odkazy na dokumenty (tradiční i elektronické) připravené v souladu s mezinárodními normami:

- ČSN ISO 690:1996 Dokumentace. Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.
- ČSN ISO 690-2:2000 Informace a dokumentace - Bibliografické citace - Část 2: Elektronické dokumenty nebo jejich části

Cíle bakalářské práce:

Literární rešerše na zadané téma a vlastní závěry.

Seznam odborné literatury:

ČSN EN ISO 9000:2006 (01 0300) Systémy managementu kvality – Základy, zásady a slovník

ČSN EN ISO 9001:2001 (01 0321) Systémy managementu jakosti – Požadavky

ČSN EN ISO 9004:2001 (01 0324) Systémy managementu jakosti – Směrnice pro zlepšování výkonnosti

Pande, S.P., Neuman, R.P., Cavanagh, R.R.: Zavádíme Metodu Six Sigma. TwinsCom, Brno, 2002.

Internet

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

doc. Ing. Leoš Bumbálek, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá kontrolou kvality v produkci a možnostmi ovlivnění jakosti výrobku. Popisuje průběh a způsoby kontroly výrobního procesu. Dále práce pojednává o přínosech automatizace měření a praktického uplatnění ve výrobě. Také se zde uvádí princip a možnosti využití strojového vidění v různých oblastech výroby a kontrole výrobku od příchodu materiálu do podniku až po expedici hotového produktu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kvalita, výrobní proces, měření, kontrola, automatizace, strojové vidění

ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is quality control in the production process and means of improving the quality of products. It contains a description of methods of inspecting the production process, and the benefits of measurement automation and its practical use in the production process. The work also discusses the fundamentals and potential of machine vision use in various production areas and during the quality control process, starting with the receipt of material and ending with the shipment of finalized products.

KEY WORDS

Quality, production process, measurement, control, automation, machine vision.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HEBLER, V. *Automatizace a kvalita..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 29 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byla seznámena s předpisy pro vypracování bakalářské práce a že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně. Při vypracování bakalářské práce jsem respektovala ustanovení předpisů pro bakalářské práce a jsem si vědoma toho, že v případě jejich nedodržení nebude moje bakalářská práce vedoucím bakalářské práce přijata.

V Brně dne 28. května 2009

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Aloisi Fialovi, CSc. za cenné rady a připomínky. Také děkuji všem, kteří mi byli nápomocni při tvorbě této práce.

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. VÝROBA A KVALITA	12
2.1 Požadavky na výrobek	12
2.2 Jakost ve výrobě	12
2.3 Kontrola výroby	13
2.4 Cíle a průběh ověřování shody ve výrobě	13
2.5 Způsoby kontroly výrobního procesu	15
2.6 Automatická kontrola výroby	15
2.7 Proč zavádět kontrolní technologii	16
2.8 Kdy provádět kontrolní operace	16
3. AUTOMATIZACE KONTROLY PRODUKCE	19
3.1 Automatizace měření	19
3.2 Manipulace s výrobkem	20
3.3 Digitální zpracování obrazu	20
3.4 Vznik strojového vidění	20
3.5 Rozvoj strojového vidění	21
3.6 Proč je právě strojové vidění ideálním prostředkem pro realizaci totální kontroly	21
3.7 Princip strojového vidění	21
3.8 Využití strojového vidění	23
4. ZÁVĚR	26
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	27

1. ÚVOD

S postupem času věda a technika ve stále větší míře ovlivňuje výrobní proces. Následkem toho se mění i složitost výrobních metod a měření. Dříve prováděl kontrolu výrobku proškolený pracovník. S rostoucími požadavky na jakost výrobků však vzrostly i nároky na proces měření. Staré způsoby měření jsou nepraktické, pomalé a méně spolehlivé, navíc zbytečně prodražují konečnou cenu výrobku. Proto se v dnešní době člověk nahrazuje zařízením, které kontroluje výrobek efektivně, mnoha různými čidly a senzory, které nahrazují lidské smysly. Hlavní přednosti automatizace kontroly výroby je tedy rychlost, přesnost a jistota, že vadný výrobek neprojde na další stupeň zpracování. Kontrola se provádí po každé činnosti, která má výrazný vliv na kvalitu výrobku, aby se zamezilo zmetkovitosti a tudíž i ztrátám na materiálu a zisku.

Tato práce se snaží přiblížit čtenáři problematiku kontroly kvality ve výrobním procesu a shrnout výhody a přednosti automatizované kontroly.

2. VÝROBA A KVALITA

2.1 Požadavky na výrobek

Aby výrobní podnik dosahoval dobrých ekonomických výsledků, usiluje o minimalizaci výskytu neshod a tím i o zvýšení produktivity a ziskovosti, zaměřením především na výskyt nedokonalostí ve výrobě. Vychází se z toho, že v důsledku výroby neshodných výrobků, jejich evidenci a řešení důvodu neshody, dochází k zdražování podnikových procesů.

S ohledem na přesycení trhu, je cílem úspěšného výrobce tvořit výrobky, které se budou prodávat. Spotřebitelé požadují zboží a služby stále vyšší jakosti.

Kvalitní výrobek by měl vykazovat tyto znaky:

- rozumná cena – výrobek nemusí být vyroben s nejvyšší možnou jakostí, ale je důležité, aby splňoval požadavky zákazníka, co se týče používání.
- hospodárnost – minimální poruchovost a náklady na údržbu
- trvanlivost – výrobek by měl být vyroben z trvanlivých materiálů a měl by být odolný proti opotřebení
- bezpečnost – očekává se, že výrobek nebude zdrojem nebezpečí a ohrožení života
- snadná obsluha – výrobek by měl být použitelný ihned a průběžně bez problémů
- jednoduchost výroby – je spjata s výrobními náklady, proto by se měl brát v úvahu počet výrobních operací a skladování materiálů
- snadná likvidace – recyklace, ohled na životní prostředí
- vzhled – módnost, konečná úprava

Tyto vlastnosti jsou u jednotlivých výrobků odlišné.

2.2 Jakost ve výrobě

„Moderní pojetí jakosti ve výrobě se orientuje na jakost výrobních procesů, kde základní filozofie vychází z předpokladu, že pouze z dokonalého výrobního procesu vychází dokonalý výrobek. To znamená, že požadujeme takový výrobní proces, kterým daný výrobek prochází bez dodatečných úprav, oprav apod. Zastává se názor, že výrobek, který vyžaduje dodatečné úpravy (tj. vadný výrobek), má v etapě užití „sklon k selhání“. Klade se důraz na dosažení výrobků bez závad, který je založen na používání náročnějších norem.“ [1]

Je třeba zdůraznit, že s chybami konstrukce a nedostatky technologických procesů souvisí přibližně 80% příčin závad, okolo 20% příčin vzniká přímo ve výrobě. Proto se klade důraz na zásadní opatření k zajištění jakosti již v předvýrobních etapách (asi 75%), v průběhu kontroly výrobních procesů asi 20% a na technickou kontrolu hotových výrobků asi 5%.

2.3 Kontrola výroby

Důležitým úkolem výrobce je zajistit kvalitu výroby a splnit tak požadavky zákazníka. To znamená zajistit komplexní, spolehlivou a pečlivě zdokumentovanou kontrolu výrobního procesu.

Kontrola je nedílnou součástí řídicí činnosti. Slouží jako zpětná vazba pro potřeby řízení. Ověřuje se, zda byly splněné úkoly, pro jejichž realizaci byly stanovené podmínky. Kontroluje se, jestli výrobky a služby splňují předem stanovené požadavky.

Kontrola jakost nevytváří, ale zvyšuje výrobní náklady. Aby hlavních cílů kontroly bylo dosahováno trvale a s vysokou účinností při minimálních nákladech, systém kontroly jakosti v podniku by měl být vytvořen s ohledem na charakter výrobního procesu, výrobku a specifickým znakům jakosti. Měl by využívat různé druhy a formy kontroly.

Technická kontrola se dělí na:

- vstupní - kontrola jakosti vstupního materiálu
- výrobní - kontrola jakosti v průběhu výrobního procesu
- výstupní - kontrola hotových výrobků před expedicí

Kontrolu lze dělit také na preventivní a následnou. Preventivní je velice důležitá, přesto se jí věnuje málo pozornosti. Kontrola následná slouží k hodnocení proběhlých skutečností a k uvolnění dávky k dalšímu zpracování.

Z hlediska četnosti realizace se kontrola jakosti dělí na:

- stoprocentní - kontrola všech vyrobených kusů
- výběrová - pouze některé vyrobené kusy

Výběrová kontrola jakosti se používá v případě, kdy není možné provést kontrolu všech výrobků z důvodu nevhodnosti nebo při použití destruktivní metody zkoušení.

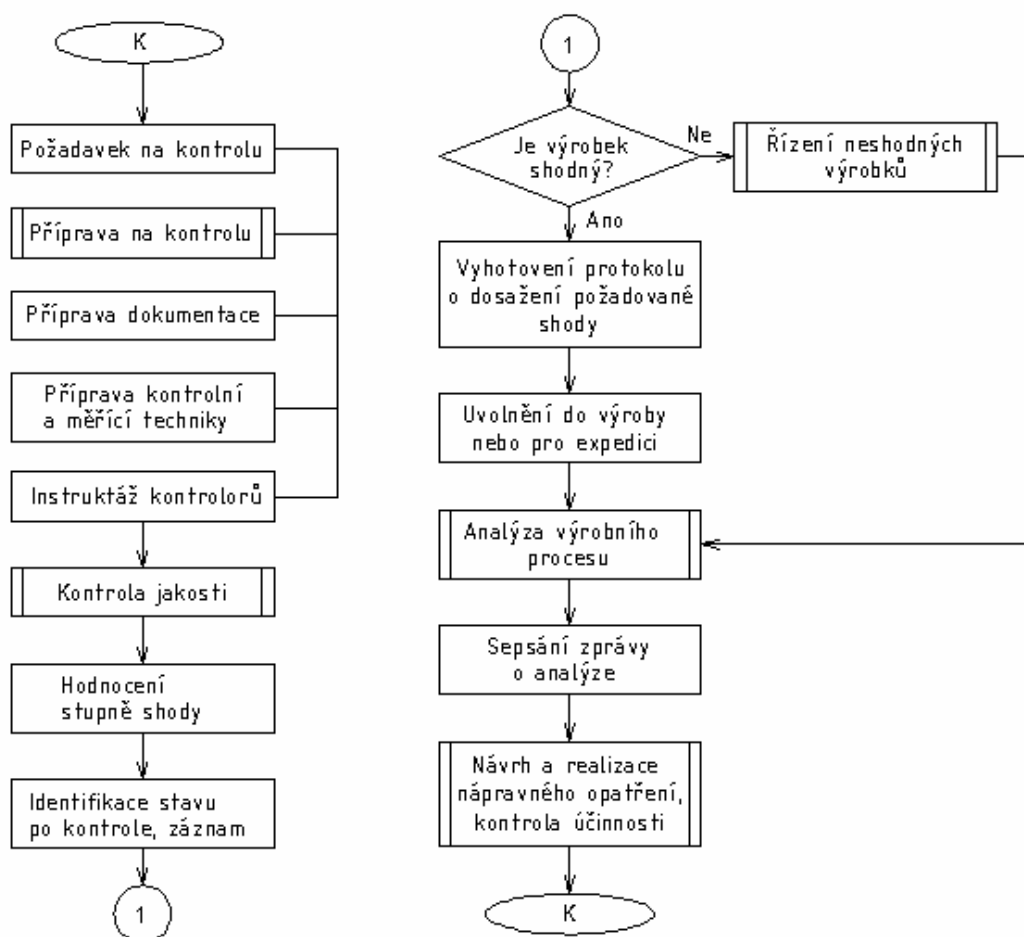
2.4 Cíle a průběh ověřování shody ve výrobě

Na důsledné zajištění předvýrobní kontroly materiálu by měl být brán zřetel, aby se předešlo chybám při výrobě. Ovšem přílišná kontrola výsledný produkt může zbytečně prodražit. Proto je snahou nalézt vhodný kompromis.

„K hlavním cílům kontroly jakosti ve výrobě patří:

- objektivní posouzení míry shody mezi požadavky a skutečností
- identifikace odhalených neshod
- zabránění průniku neshodných výrobků nejen až k odběrateli, ale na každý další stupeň zpracování
- zajištění technologické kázně
- odhalování neshod ve výrobním procesu, které by mohly vést k výrobě neshodných výrobků
- zpracování výsledků kontroly s cílem odhalit příčiny neshodných výrobků, přijímání a realizace nápravných opatření

Obecný cyklus činností při kontrole jakosti je uveden na obrázku 1.“ [2]



Obr. 1 Algoritmus činnosti kontroly jakosti [2]

Aby nedošlo k zaostávání měření za výrobními metodami, měla by se věnovat kontrole jakosti stejná pozornost jako výrobním operacím.

Zavádění nových technologií výroby (např. vysokorychlostní obrábění) a využití víceobslužných výrobních strojů způsobuje rychlý růst produktivity výrobních operací. Následkem toho roste nepoměr mezi počtem výrobních pracovníků a pracovníků technické kontroly. Řešením dané situace je přenechat kontrolu výrobních operací zaměstnancům výrobního úseku. Tímto řešením je umožněno nasadit pracovníky technické kontroly na místa, která jsou pro jakost výroby nejdůležitější.

Zavádění technické kontroly je ekonomicky náročné, proto je důležité, abychom si uvědomili fakt, že nemůže odstranit všechny ztráty způsobené nekvalitní výrobou.

„Musí se prosadit zásada, že měření a kontrola není pouze věcí technické kontroly nebo metrologického střediska, ale všech zaměstnanců, kteří se na přípravě měření i na jeho provádění podílejí.“ [7]

2.5 Způsoby kontroly výrobního procesu

Dohled nad jakostí výroby se obvykle provádí dvěma způsoby:

Primární kontrola (samokontrola)

Obsluha stroje provádí kontrolu znaků jakosti průběžně během procesu výroby. Výsledky ihned zpracovává a využívá při další práci. Tento postup je součástí pracovní náplně zaměstnance a nahrazuje práci specializovaných pracovníků technické kontroly.

Pro efektivní fungování samokontroly, je třeba seznámit obsluhu stroje s důsledky nedodržení předepsané jakosti pro další operace. Zaměstnanec by měl projít školením o způsobu provádění kontrolní činnosti a vedení záznamů o výsledcích kontroly. Měl by vědět, jak postupovat při odhalení neshody.

Sekundární kontrola

Cílem sekundární kontroly je provést analýzu nedostatků zjištěných při samokontrola a navrhnout nápravná opatření. Je prováděná pracovníkem technické kontroly, technologem či jiným pracovníkem útvaru řízení jakosti. Při sekundární kontrole již není třeba třídit součásti z hlediska jakosti, to je povinností primární kontroly.

2.6 Automatická kontrola výroby

„Z hlediska kontrolní technologie je vedle primární a sekundární kontroly významná také automatická kontrola výroby, používaná především ve vyšších typech výrob. Jde zejména o:

- aktivní automatickou kontrolu, která umožňuje pomocí sledovacích měřidel umístěných přímo na obráběcí stroji řídit průběh výrobní operace pomocí hodnot snímaných z obráběné součásti během obrábění;
- pasivní automatickou kontrolu, která využívá kontrolní automaty ke třídění celých výrobních dávek podle tzv. třídících tolerancí.“ [7]

2.7 „Proč zavádět kontrolní technologii

Pro zavádění kontrolní technologie do reprodukčního procesu svědčí řada důvodů:

- věda a technika ovlivňují ve stále větší míře reprodukční, resp. výrobní proces, čímž vzrůstá složitost a náročnost výrobních metod a zvyšují se požadavky na úroveň kontroly jakosti a s tím související měření;
- zvyšující se požadavky na jakost výrobků i jakost výroby vyžadují, aby technická příprava výroby řešila zároveň výrobní i kontrolní operace ve stále větší návaznosti;
- zavádění kontrolní technologie vytváří základ pro racionalizaci a unifikaci kontrolních metod a pro optimalizaci měřicích prostředků i měřicích metod;
- v systémech jakosti průmyslového podniku se v rámci etapy realizace výrobku považuje příprava a zabezpečení kontrolních operací za významný nástroj péče o jakost.

Určitý impulz k zavádění kontrolní technologie dává i nová norma ČSN EN ISO 10012, která požaduje metrologické zabezpečování nejen měřicího zařízení, ale i procesů měření, zejména z hlediska požadavků kladených na produkt. Tato norma doplňuje vhodně požadavky vyplývající pro metrologické zabezpečení v normě ČSN EN ISO 9001.“ [7]

2.8 Kdy provádět kontrolní operace

Před zavedením kontroly ve výrobě je třeba nejdříve určit, po kterých výrobních operacích je účelné zavést kontrolu. Většinou není možné provádět kontrolu po každé výrobní operaci, proto je potřeba zvážit, kdy v průběhu výroby bude kontrola provedena.

„V průběhu výroby a montáže se obvykle předepisují kontrolní operace, například:

- při operacích, které jsou mimořádně důležité z hlediska jakosti, např. jde-li o operace uváděné v plánu cílů jakosti nebo v technických přejímacích podmínkách;
- použije-li se při kontrole měřicí zařízení, které vyžaduje zvláštní znalosti a dovednosti operátora, např. měření na kruhoměru, souřadnicovém měřicím stroji apod.;
- po obrobení základní plochy, která je rozhodující pro zabezpečení přesnosti rozměrů, tvaru a vzájemné polohy ostatních ploch;
- za operací, při níž mohla vzniknout deformace obráběním, svařováním, tepelným zpracováním apod.;

- před předáním součásti nebo dílu k provedení kooperace v jiné organizaci;
- za operací, ve které se opracovává součást nebo některá její část podle pokynů technické kontroly;
- po operaci, kdy se má vyhotovit písemný protokol o jejím provedení;
- za operací, při které hrozí vznik neshodných výrobků před dokončovacími, zpravidla ekonomicky náročnými operacemi;
- požaduje-li se ve výrobě přenášení značky materiálu, čísla výkovku nebo čísla tavby;
- před nalícováním velkých součástí s nehybným uložením;
- v případech nutnosti použití speciálního kontrolního přípravku, který není předepsán u výrobní operace;
- při uložení a vyrovnání základových desek strojů, a to před i po jejich zalití;
- po náročných montážních operacích, u kterých je nutno z funkčních důvodů zabezpečit vzájemnou polohu různých součástí nebo strojních skupin, např. při zajištění sousostí nebo zaručené vůle, rovnoběžnosti nebo kolmosti vodicích prvků apod.;
- po operacích, kdy je třeba provést speciální kontrolní měření, např. kontrolu izolačního stavu, doby schnutí nátěrových vrstev apod.;
- při kontrolních pracích prováděných ve spolupráci se zákazníkem nebo jiným externím kontrolním orgánem.

Kontrolní operace ve výstupní kontrole se zpravidla předepisují:

- před odesláním hotových dílů do skladu nebo expedice;
- při funkčních zkouškách strojů a zařízení, popř. jejich samostatných skupin;
- po vyzkoušení a demontáži strojů a zařízení, případně po povrchové úpravě pro odeslání;
- před odesláním dodávaných strojů zákazníkovi.“ [7]

Pro výše uvedené kontrolní operace musí být vyhotoven potup, kde bude předepsáno, jakým způsobem se bude postupovat při měření, kdy se bude měřit a jakými přístroji. Zde by měly být uvedené také informace o měřicí technice, například o speciálních měřidlech, jejich konstrukci a výrobě.

Postup pro kontrolu výrobku v rámci samokontroly, kterou provádí dělník, je obvykle popsán ve výrobním postupu. Postupy pro měření při sekundární kontrole bývají zpracovány zvlášť.

Kontrolu jakosti výrobků je třeba provádět již v průběhu výrobního procesu. Aby se zabránilo průniku vadného výrobku na každý další stupeň zpracování, je třeba důkladně kontrolovat výrobky v jednotlivých fázích výroby. V efektivně fungující společnosti nelze dopustit, aby byl výrobek smontován a na konci výrobního procesu se zjistilo, že jeden či více dílů nevykazují požadovanou kvalitu a celý výrobek tedy nesplňuje požadavky zákazníka.

Průběžná a výstupní kontrola se stala velice významnou součástí kontroly jakosti. Vyrůstající požadavky na rozsah kontroly ve výrobě již často nelze řešit řadou kontrolních pracovišť s manuální kontrolou. Obzvláště při 100% kontrole výrobků se již nelze vyhnout chybám způsobených lidským faktorem. Zde je prostor pro vytvoření automatizované kontroly měření, která se provádí pomocí moderních elektronických přístrojů řízených počítačem. Výsledky měření sledovaných parametrů výrobků se archivují pro další zpracování.

3. AUTOMATIZACE KONTROLY PRODUKCE

3.1 Automatizace měření

„Automatizací měření se rozumí činnost, jejímž výsledkem je automatické měření – tj. měření bez účasti člověka jako subjektu. Automatizace měření spočívá ve vytváření a používání takových měřicích přístrojů a systémů, které pracují automaticky, takže člověk do měření nemusí zasahovat. Takové měřicí přístroje a systémy i samotné měření se nazývají automatické.

Počet všech veličin, jejichž měření přichází v úvahu je značný. Navíc každou veličinu lze měřit více než jedním způsobem. Z toho vyplývá velká rozmanitost měření. “ [3]

Automatické měření se provádí pomocí elektrických snímačů a čidel, při nichž jsou informace o naměřených hodnotách měřených veličin nesené elektrickými pulzy, ať již jde o veličiny elektrické, nebo neelektrické.

Pro pochopení automatizace měření je třeba si nejdříve uvědomit, jaké činnosti provádí člověk při neautomatické kontrole, neboť při automatizaci se z procesu měření vylučuje lidský faktor. Při přímém měření dané veličiny analogovým přístrojem činnost člověka spočívá v porovnání výchylky ukazatele se stupnicí. Na stupnici jsou vyznačené hodnoty měřené veličiny získané předchozím cejchováním (např. měření teploty rtuťovým teploměrem). Odečtenou hodnotu kontrolor vyjádří číselnou hodnotou a měřicí jednotkou a výsledky měření zaznamená.

U nepřímého měření se určované hodnoty vypočtou ze vztahů pomocí hodnot naměřených přímo. Pracovník musí výchozí hodnoty měřit přímo a provádět výpočet určovaných hodnot. Výsledky měření se obvykle zpracovávají do tabulek nebo vynášejí do grafů.

„Přehled úkonů člověka při neautomatickém měření:

- volba měřicí metody a výběr měřicího přístroje
- sestavení měřicího zařízení a připojení k měřenému objektu
- zajištění podmínek měření, nastavení parametrů podle jejich měření
- nastavení nezávislé proměnné podle jejího měření
- měření závislých proměnných, popř. záznam
- vyhodnocení výpočtem, popř. záznam
- vydání výsledků v potřebné formě“ [3]

Za různých okolností se při měření některé úkony mohou opakovat nebo naopak chybět. Při automatizaci měření se snažíme nahradit především tyto činnosti: nastavování veličin, přímé měření, výpočty a zaznamenávání výsledků měření.

Podle stupně automatizace se dělí automatizované měření na úplné nebo částečné. Úplná automatizace znamená, že člověk je z procesu měření zcela vyloučen (jsou zautomatizované všechny jeho úkony). Pracovník určuje pouze cíl měření (co se bude měřit) a metodu měření

(jak se bude měřit). Při částečné automatizaci může pracovník navíc např. nastavovat podmínky měření.

3.2 Manipulace s výrobkem

„U automatických testovacích zařízení je jedním z problémů manipulace s výrobkem, nutná pro provedení všech potřebných testů. Obecně bývá výhodné ponechat vstupní operaci (vkládání výrobků do testovacího zařízení) vzhledem k její obtížné automatizaci jako jedinou manuální. Při vhodném řešení do procesu testování výrobku lidský faktor chyby nezanáší. Manipulace v průběhu testování a vyjímání jsou již zpravidla dobře automatizovatelné. Zvláště nutné je, aby třídění výrobků na dobré a vadné bylo prováděno automaticky, neboť zde manuální vyjímání představuje poměrně vysokou pravděpodobnost chyby. Možnost záměny je však možné vyloučit ponecháním manuálního vyjímání jen jedné skupiny, např. vadných výrobků.“ [8]

3.3 Digitální zpracování obrazu

Moderní elektronika a počítačová technika je v současné době důležitou součástí výrobních linek a zařízení. Systémy pro digitální zpracování a vyhodnocování obrazů jsou součástí moderních výrobních technologií. Tyto systémy pomáhají výrazně zvyšovat produktivitu výrobního procesu, snižovat počet zmetků, optimalizovat tok materiálu v podniku, zajistit maximální vytížení výrobních strojů a zařízení a také zvyšovat provozní bezpečnost. Lidské smysly jsou ve výrobních procesech nahrazovány senzory. Činnosti, které dříve prováděl člověk a přitom spoléhal na svůj zrak, jsou v současnosti zabezpečovány automatickými systémy pro vizuální kontrolu výrobků, měření rozměrů, orientace, počítání a další.

3.4 Vznik strojového vidění

„Historie zpracování obrazu v počítači se začíná psát v sedmdesátých letech kdy existující výpočetní technika již umožnila zpracování objemu dat, který je spojen s obrazovou informací. Vznikl nový obor, který se začal nazývat počítačové vidění (computer vision). Tento název se dodnes používá k nejobecnějšímu označení systémů vykonávajících automatizovanou činnost na základě zpracování obrazu z kamery. Objektem počítačového vidění může být prakticky cokoliv, například biologický vzorek, dopravní situace nebo lidská tvář či lidská činnost. A samozřejmě také proces výroby. Pro aplikace počítačového vidění v průmyslové výrobě se dnes obvykle používá termínu strojové vidění (machine vision).

Strojové vidění je dnes považováno za využití počítačového vidění v průmyslové automatizaci. Je charakterizováno vazbou na výrobní proces a orientací na typické úlohy spojené s řízením výrobního procesu. K těmto úlohám patří hlavně vizuální inspekce předepsaných viditelných parametrů, počítání objektů, hledání defektů a podobně.“ [9]

3.5 Rozvoj strojového vidění

K rozšíření strojového vidění ve výrobě došlo v průběhu posledních deseti let v důsledku souběhu poptávky s možnostmi technické realizace.

Na přelomu dvacátého a jednadvacátého století dochází ke změnám marketingové strategie výrobních společností, které se orientují na kvalitu a uspokojování zákazníka. Především v automobilovém průmyslu se uplatňuje marketingová strategie zaměřená na zvyšování kvality a snižování nákladů. Výrobce tak nabízí levnější výrobek s vyšší kvalitou. Tento přístup vyvolal poptávku po technických prostředcích, umožňujících provádění úplné kontroly výroby. Strojové vidění je prakticky jediný způsob jak lze předejít růstu nákladů při kontrole každého výrobku.

Impulem pro rozvoj strojového vidění byla i dostupnost nových technologií, např. levné a kvalitní čipy pro snímání obrazu a rychlé procesory za přijatelnou cenu.

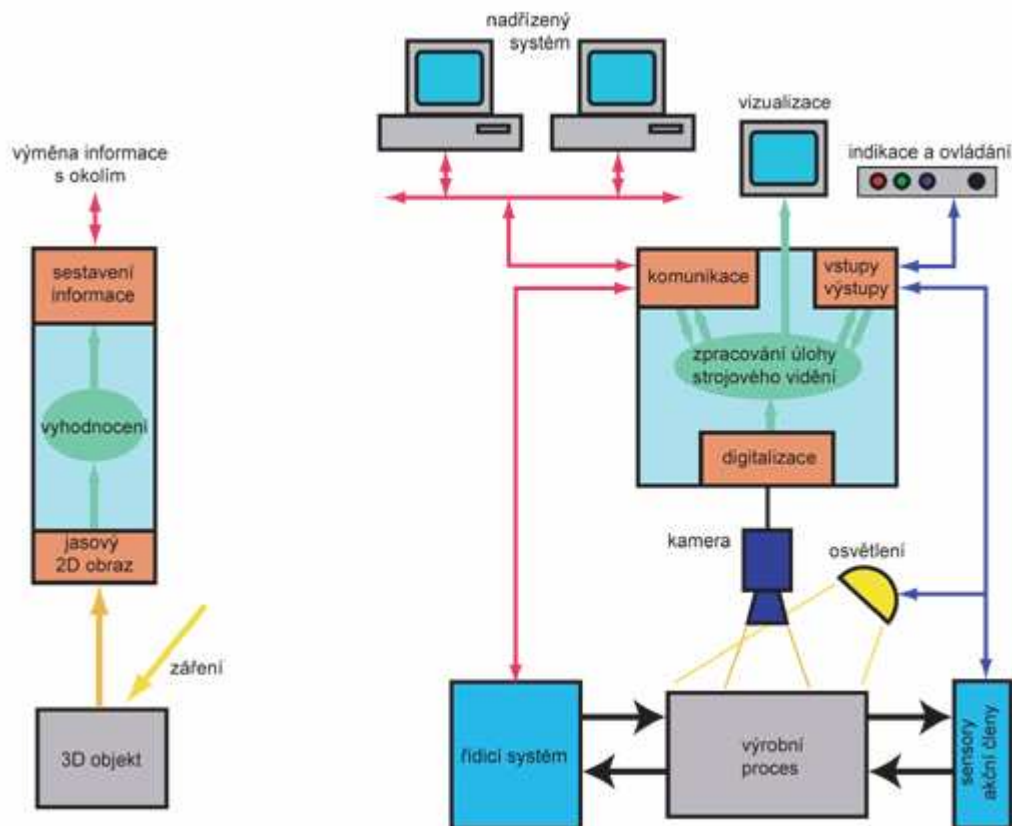
3.6 „Proč je právě strojové vidění ideálním prostředkem pro realizaci totální kontroly?“

- strojové vidění je rychlé - sejmutí obrazu je rychlejší než přikládání kalibrů nebo měřidel
- strojové vidění je univerzální - systém strojového vidění umožňuje provádět na jednu sejmutém obraze několik kontrol a měření najednou
- strojové vidění je bezdotykové a neinvazní - pro kontrolu pomocí strojového vidění není třeba upravovat výrobní zařízení
- strojové vidění je automatizované - systémy strojového vidění umožňují přímé spojení se strojem, výrobní linkou, automatem nebo řídicím systémem
- strojové vidění je flexibilní - úprava systému pro kontrolu odlišné součásti spočívá pouze ve změně vyhodnocovacího softwaru“ [10]

3.7 „Princip strojového vidění“

Činnost systému strojového vidění je svou podstatou velmi podobná tomu, jak na stejném úkolu pracuje člověk. Stejně jako lidské oko zachytí kamera obraz zkoumaného předmětu, systém jej vyhodnotí podle předepsaného algoritmu a provede akci na základě výsledku vyhodnocení. Pro účely technického popisu je nejjednodušší hledět na systém strojového vidění jako na obecný senzor.“ [11]

Trojrozměrný sledovaný objekt je osvětlen zdrojem světla. Aby odražené záření vytvořilo na snímacím prvku senzoru jasový dvojrozměrný obraz, musí se světelné záření od objektu odrazit. Integrátor systému strojového vidění by měl být schopen nastavit snímání obrazu tak, aby byla v obraze obsažena informace kterou potřebujeme o snímaném objektu znát. Takto vytvořený obraz na snímacím prvku je převeden na vhodnou měronosnou veličinu, vyhodnocen a přes vhodné rozhraní je tato informace předána ze senzoru do okolí.

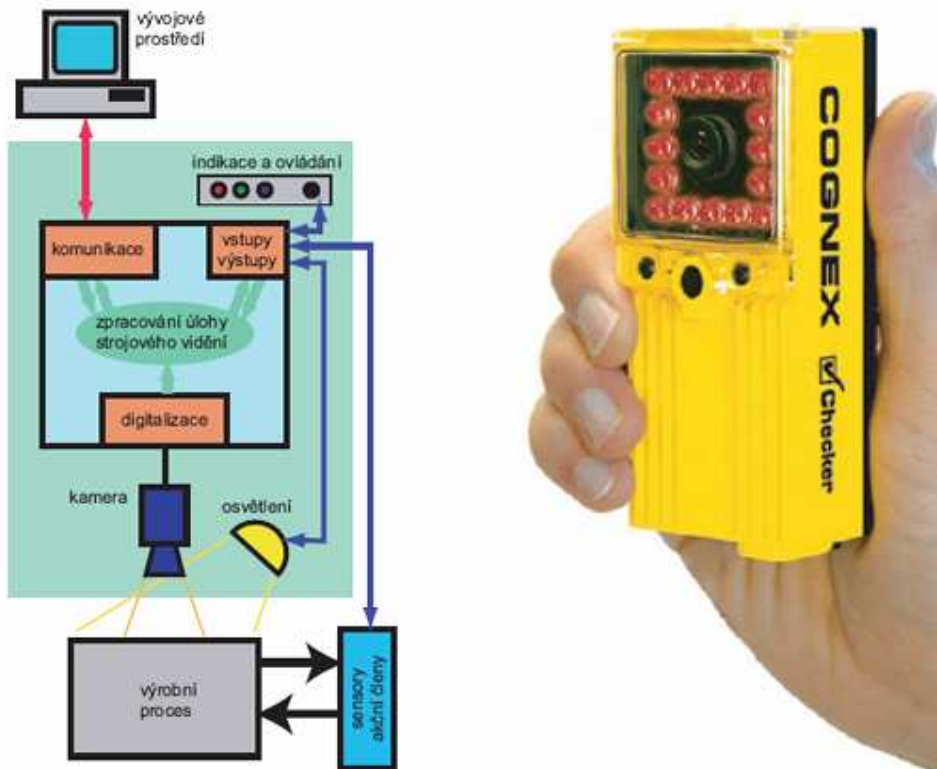


Obr. 2 Obecné uspořádání systému strojového vidění [11]

Sledovaný objekt je obvykle osvětlen zářením pocházejícím z umělých zdrojů – osvětlovačů. Na snímacím prvku kamery je vytvářen dvojrozměrný jasový obraz. „Měronosnou veličinou jsou v kameře s polovodičovým snímacím prvkem náboje či proudy poskytované světlocitlivými elementy obrazového snímače. Měronosné veličiny mohou nést informaci redukovanou na údaj o kombinovaném jasu barevných složek dopadajícího světla (černobílé kamery) nebo mohou nést i informaci o barvě zkoumaného předmětu (barevné kamery). Protože jediným efektivním a vlastně i jediným prakticky možným způsobem vyhodnocení obrazové informace je dnes zpracování počítačem, je nutné převést analogové měronosné veličiny do digitálního tvaru – provést digitalizaci obrazu.

Informace v digitální podobě je v počítači zpracována vhodnými algoritmy tak, aby byla získána požadovaná informace o objektu - provádí se tzv. image processing. Získaná informace má opět digitální podobu a předává se do okolí prostřednictvím digitálních výstupů nebo pomocí digitálního komunikačního rozhraní.“ [11]

Strojové vidění slouží jako zpětná vazba ve výrobním procesu. Údaje jsou získávány z výroby, které jsou pak vyhodnocené a v případě neshody je vadný výrobek identifikován a vyřazen. „Zásah mohou zprostředkovat přímo digitální výstupy systému strojového vidění nebo je informace o výsledku vyhodnocení předána do řídicího systému, který provede zásah sám.“ [11]



Obr. 3 Blokové schéma kamerového senzoru a jeho typické provedení [11]

3.8 Využití strojového vidění

Hlavním využitím strojového vidění je 100% kontrola výroby v podnicích. Aby byl výrobek vyroben bez chyby, musí průběh alespoň některých výrobních operací proběhnout bez chyby. Úkolem strojového vidění je tedy kontrola správnosti provedení výrobní operace.

Výrobní operaci lze rozdělit do čtyř fází:

- shromáždění materiálu – zahrnuje i kontrolu materiálu vstupujícího do operace
- příprava materiálu k operaci – nastavení polotovaru do operační polohy
- provedení operace – soustružení, vrtání, slisování atd.
- vyzvednutí výrobku – v této fázi se provádí i výstupní kontrola

V každé z těchto fází může vzniknout potřeba kontroly průběhu fáze pro zajištění bezchybnosti výrobní operace. Kontrolní úlohy, které lze provádět pomocí strojového vidění se rozdělují do několika kategorií.

Počítání, kontrola úplnosti

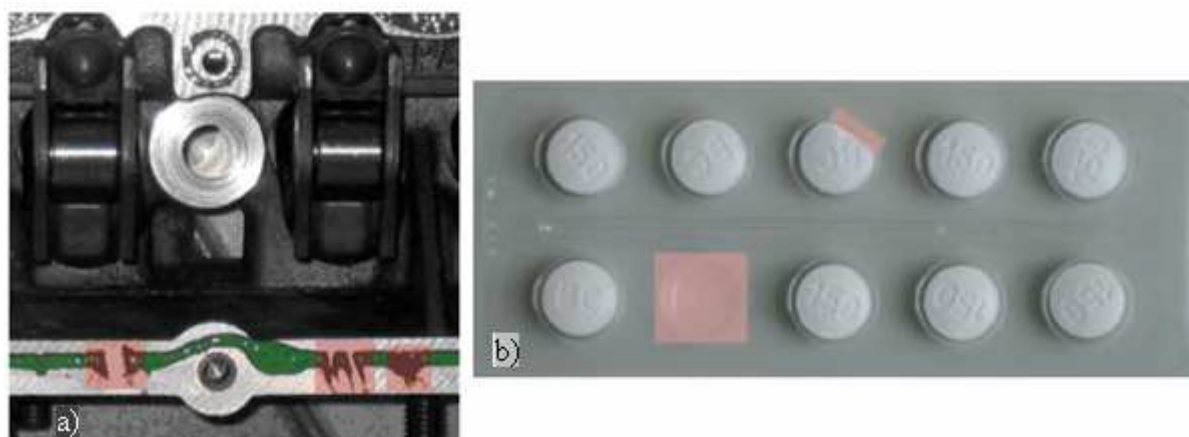
Využití zejména ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Lze kontrolovat nasazení zátky, hladiny v láhvi či spočtení láhví v přepravce. Dále také kontrola úplnosti a správnosti počtu tablet v blistru či kontrola obsahu balení před uzavřením.

Kontrola montáže

Kontrola úplnosti smontovaného dílu a správné polohy jeho částí. Například kontrola zalisování vodiče do konektoru, kontrola osazení pojistkové skříně správnými pojistkami.

Kontrola povrchů a potisků

Pomocí strojového vidění lze identifikovat například tyto vady: poškrabání povrchu, vady povrchových úprav a nátěrů, poškození hran, nesouvislá vrstva lepidla či přerušení tmelu, dále bublinky v plastech a ve skle.



Obr. 4 [12]

- a) Příklad úlohy nalezení povrchové vady: housenka těsnicího tmelu
- b) Příklad úlohy počítání: kontrola naplnění lékového blistru

Rozpoznání, polohování a třídění

Kontrola polohy dílu před montáží zda není díl otočen. Použití pro identifikaci správného dílu při montáži výrobku například pomocí nápisu či kódu.

Čtení textů

K zabránění expedice zboží s prošlým datem spotřeby lze kontrolovat datum a text na obalu výrobku. Přečtením nápisu lze předejít například naplnění obalu jiným obsahem než je uvedeno nebo nalepení jiného štítku než bylo předepsáno popřípadě zabezpečit aby nedošlo k záměně podobných dílů při montáži.

„Identifikace barev

Barevná kamera může v mnoha případech nahradit mnohem nákladnější spektrometrii. Dá se použít ke kontrole, zda byla pro tisk či nátěr správně aplikována správná barva nebo zda je díl z předepsané plastické hmoty. V potravinářství lze rozbořením barvy objevit zkažené zboží.

Čtení a verifikace kódů

Identifikace pomocí čárového nebo maticového kódu je důležitá při automatizované montáži hlavně v automobilovém průmyslu. Kamera strojového vidění tuto identifikaci zajistí i bez použití dodatečného scanneru. Strojové vidění je také nejlepším prostředkem k verifikaci kódu po jeho vytvoření. Verifikace zajišťuje, že kód odpovídá předepsanému standardu a může být využito všech jeho vlastností, například redundance.

Testování funkce, cejchování měřidel

Existují aplikace, kdy je třeba vizuálně kontrolovat ukazatel, displej, kontrolní světla nebo polohu součástky v závislosti na funkci zařízení. Příkladem může být cejchování vodoměrů, rychloměrů a zkouška chodu převodových mechanismů. Strojové vidění snadno zjistí, zda poloha ukazatele odpovídá cejchované hodnotě.“ [13]

Měření a kontrola tolerancí

Obecně platí, že obraz, který lze v kameře vidět, lze pomocí nástrojů strojového vidění i měřit. Nejčastěji se provádí kontrola tolerancí rozteče děr, průměry otvorů, průměry hřídelí, závity a kužely. Lze kontrolovat také justování kontaktů a předpětí pružin.

„Nalezení vad opracování

Otřepy po stříhání a lisování či nedokonalé výlisky, to jsou vady zjistitelné strojovým viděním stejně jako deformace či poškození při skladování nebo dopravě. V oblasti elektrotechnické výroby je častým požadavkem kontrola pájení na plošném spoji nebo kontrola správného usazení součástek. Samostatnou oblastí strojového vidění je kontrola při výrobě integrovaných obvodů.“ [13]

4. ZÁVĚR

Kontrola kvality je nedílnou součástí každého výrobního procesu. Kvalita je způsob, jakým lze obstát v náročném konkurenčním prostředí trhu a uspokojit potřeby zákazníka. V průběhu výroby se provádí kontrola vlastností výrobku (rozměru, tvaru, úplnosti výsledného výrobku po montáži atd.), s cílem dosažení optimálního výrobního cyklu, při kterém vzniká minimum vadných výrobků. Ten zásadně ovlivňuje jakost produktu. Zjištěné výsledky se vyhodnotí a použijí pro inovaci výrobního postupu. Kontrola výroby tedy slouží jako zpětná vazba. Je třeba najít správný poměr mezi kvalitou a cenou výrobku, neboť čím je přísnější kontrola, tím více se sice zvyšuje kvalita výrobku, ale cena razantně roste. To snižuje konkurenceschopnost výrobku na trhu. Výrobek by tedy měl dosahovat takové kvality, která zaručí jeho funkčnost pro požadované nároky.

Se vzrůstajícími požadavky na kvalitu a totální kontrolu výroby je zaváděna automatizace kontroly výroby, to může příznivě ovlivnit cenu výrobku a zrychlit proces výroby. Díky automatizaci je výrobce schopen vyšší efektivity, přesnosti a flexibility výroby, což umožňuje lépe plnit požadavky zákazníka a rozšiřovat výrobu. Pořizovací náklady na zavedení automatizace ve výrobě jsou sice vysoké, ale při správném nastavení výroby je návratnost zaručena. Tímto se snižují požadavky na počet pracovníků a mzdové náklady. Ovšem na druhou stranu automatizace klade vyšší nároky na vzdělání a užší specializaci jednotlivých zaměstnanců.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BARTES, František. *QUALITY MANAGEMENT : ŘÍZENÍ JAKOSTI*. 4. vyd. Brno : Ing. Zdeněk Novotný CSc., 2007. 127 s. ISBN 978-80-7355-073-8.
- [2] NENADÁL, Jaroslav, et al. *Moderní systémy řízení jakosti : Quality Management*. 2. dopl. vyd. Praha : MANAGEMENT PRESS, 2002. 282 s. ISBN 80-7261-071-6.
- [3] MATYÁŠ, Vladislav. *Automatizace a měření*. Redaktor Milan Veselý. Praha : SNTL, 1987. 198 s. ISBN 04-522-87.
- [4] MIZUNO, Shigeru. *Řízení jakosti*. Redaktor Karel Marek; přeložil Ing. Pavel Soukup. Praha : VICTORIA PUBLISHING, 1988. 301 s. ISBN 80-85605-38-4.
- [5] EGERMAYER, František. *Příručka automatizovaného řízení jakosti v podniku*. Redaktorka Marie Heyduková. 1. vyd. Praha : SNTL, 1988. 256 s. ISBN 04-319-88.
- [6] PANDE, Peter S., NEUMAN, Robert P., CAVANAGH, Roland R. *Zavádíme metodu Six Sigma : jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Překlad Martin Lhoták a kol.. 1. vyd. Brno : TwinsCom, 2002. 416 s. ISBN 80-238-9289-4.
- [7] *Kontrolní operace ve strojírenském reprodukčním procesu*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2004, č. 6 [cit. 2009-03-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/kontrolni-operace-ve-strojirenskem-reprodukcni-procesu>>.
- [8] *Automatické testování parametrů výrobků*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2002, č. 3 [cit. 2009-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/automaticke-testovani-parametru-vyrobkou>>.
- [9] *Systémy strojového vidění: co je strojové vidění* [online]. c2008 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/co-je-strojove-videni.htm&id=11>>.
- [10] *Systémy strojového vidění : ekonomický přínos strojového vidění* [online]. c2008 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/ekonomicky-prinos-strojoveho-videni.htm&id=12>>.
- [11] HAVLE, Otto. *DesignTech : Strojové vidění*, 1. díl [online]. 22.11.2008 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/it-reseni/strojove-videni-1-dil.htm>>.
- [12] HAVLE, Otto. *DesignTech : Strojové vidění*, 2. díl [online]. 18.01.2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/it-reseni/strojove-videni-2-dil.htm>>.

- [13] *Systémy strojového vidění : na co strojové vidění* [online]. c2008 [cit. 2009-05-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.strojove-videni.cz/default.asp?inc=inc/na-co-strojove-videni.htm&id=19>>.
- [14] KABEŠ, Karel. *Zájem o digitální zpracování obrazů v průmyslu roste*. *Automatizace* [online]. 2004, roč. 47, č. 11 [cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=376>>.
- [15] *Karty do PC a software pro snímání obrazu*. *AUTOMA* [online]. 2001, č. 5 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33561>.
- [16] PALATKA, Petr. *Kamerové systémy v průmyslové automatizaci*. *Automatizace* [online]. 2005, roč. 48, č. 7-8 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=771>>.