

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

## 1460-95

(19)

ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **07. 06. 95**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **10.06.94**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **94/257857**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16. 04. 97**  
**(Věstník č. 4/97)**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:

**B 29 C45/76**  
**G 02 C7/04**

(71) Přihlášovatel:

JOHNSON & JOHNSON VISION  
PRODUCTS, INC., Jacksonville, FL, US;

(72) Původce:

Ebel James, Jacksonville, FL, US;  
Dolan Mary Louise, Jacksonville, FL, US;  
Edwards Russel James, Jacksonville, FL,  
US;  
Sites Peter W., Knoxville, TN, US;

(74) Zástupce:

Čermák Karel dr., Národní tř.32, Praha 1,  
11000;

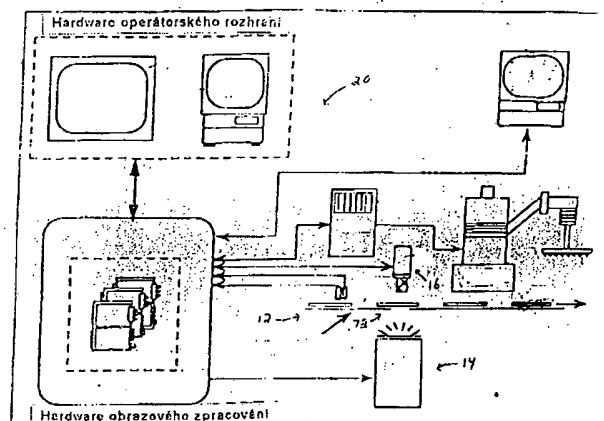
(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob kontroly očních čoček a zařízení  
k provádění tohoto způsobu**

(57) Anotace:

Způsob kontroly očních čoček zahrnuje dopravu uvedených čoček do uvedené kontrolní polohy; generování světelného paprsku; obecné nasměrování uvedeného světelného paprsku prvním směrem skrze uvedené čočky; uspořádání v uvedené kontrolní poloze; zaostření části světelného paprsku procházejícího čočkami na zobrazovací rovinu; zaostření části světelného paprsku do ohniska před zobrazovací rovinou; generování souboru signálů reprezentujících zobrazení čočky promítnuté na uvedenou zobrazovací rovinu a zpracování uvedených signálů podle předem stanoveného programu. Zařízení k provádění tohoto způsobu zahrnuje dopravní subsystém (12) pro dopravu čočky do kontrolní polohy (72), osvětlovací subsystém (14) pro generování světelného paprsku a vedení tohoto světelného paprsku skrze čočky nacházející se v kontrolní poloze (72). Dále zobrazovací subsystém (16) pro generování souboru

signálů reprezentující zvolené části uvedeného světelného paprsku procházejícího uvedenými čočkami a zobrazení zpracované subsystémem (20) pro zpracování těchto signálů podle předem stanoveného programu.



CZ 1460-95 A3

1  
očních zařízení

Způsob kontroly čoček a systém určený k provádění tohoto způsobu

PŘÍL.	PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ	URÁD	č.j.	6 5 7 6 1
			DOŠLO	
			18. X. 95	

### Oblast techniky

Vynález se obecně týká systémů určených pro kontrolu očních čoček a zejména vysokorychlostních, automatizovaných systémů pro kontrolu kontaktních čoček.

### Známý stav techniky

V nedávné době bylo pro výrobu očních čoček, zejména pro výrobu kontaktních čoček, vyvinuto několik automatizovaných systémů. Jeden takový systém je například popsán v patentu US 5 080 839. U těchto systémů se dosáhlo značně vysokého stupně automatizace, takže uvedené čočky mohou být například tvářeny, vyjímány z forem, dále zpracovávány a baleny bez přímého zásahu člověka.

Kromě toho u těchto automatizovaných systémů, výroba kontaktních čoček zpravidla dosahuje vysokého stupně přesnosti. Nicméně v ojedinělých případech, může určitá čočka obsahovat určitou nepřesnost nebo nepravidelnost. Z tohoto důvodu je u kontaktních čoček před uvedením na trh prováděna kontrola, která zajistí jejich bezchybnost a přijatelnost pro spotřebitele.

kontaktních čoček před uvedením na trh prováděna kontrola, která zajistí jejich bezchybnost a přijatelnost pro spotřebitele.

Kontrolu očních čoček lze provádět za použití automatizovaných kontrolních systémů. V současné době jsou již známy velmi spolehlivé a přesné kontrolní systémy používané pro kontrolu očních čoček. Některé z těchto automatizovaných systémů mají tendenci soustředit se na kontrolu obvodových vnějších částí uvedených čoček. Dá se tedy předpokládat, že tyto systémy by bylo možné zlepšit, pokud by jim byl poskytnut postup pro lepší kontrolu středových částí čoček.

#### Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je zlepšit systémy určené pro kontrolu očních čoček.

Dalším cílem vynálezu je poskytnout automatizovaný kontrolní postup pro kontrolu středových částí čoček.

Dalším cílem vynálezu je poskytnout automatizovaný kontrolní postup pro kontrolu čoček, který bude rozlišovat chybnou kontaktní čočku a špatně přetrženou kontaktní čočku.

Těchto a dalších cílů lze dosáhnout pomocí systému určeného pro kontrolu očních čoček a způsobu využívajícího tento způsob. uvedený systém zahrnuje dopravní subsystém sloužící k posunu čoček do kontrolní pozice, tj. pozice ve které má být uvedena čočka podrobená kontrole, světelný senzor a

osvětlovací subsystém generující světelný paprsek procházející skrze čočky umístěné v kontrolní poloze a dopadající na světelný senzor. Uvedený systém rovněž zahrnuje generátor data-hodnot, který generuje soubor data-hodnot pro každý obraz čočky vytvořený na uvedeném světelném senzoru, a procesor pro analyzování těchto data-hodnot. Výhodně uvedený procesor umísťuje obraz čočky na světelný senzor, testuje tento obraz za účelem stanovení toho, zda je uvedená čočka špatně přetržena a stanovuje model pro vnější hranu uvedeného obrazu čočky. Tento procesor může vypočítat pro uvedenou čočku decentrační hodnotu a provést kontrolu zaměřenou na jakékoliv nepravidelnosti v obvodových a středových zónách uvedené čočky.

Další výhody a přednosti vynálezu se stanou zřejmějšími po prostudování následujícího podrobného popisu v souvislosti s příloženými doprovodnými obrázky, které specifikují výhodná provedení podle vynálezu.

Je však třeba uvést že níže uvedený popis má pouze ilustrativní charakter a nikterak neomezuje rozsah vynálezu, který je jednoznačně určen zněním příložených patentových nároků.

#### Stručný popis obrázků

Obr.1 schematicky znázorňuje blokové schéma provedení kontrolního systému na kontrolu očních čoček podle vynálezu;

obr. 2 znázorňuje osvětlovací a zobrazovací subsystém uvedeného kontrolního systému znázorněného na obrázku 1;

obr. 3 znázorňuje rovinný pohled na oční čočku, kterou lze kontrolovat systémem znázorněným na obrázku 1;

obr. 4 znázorňuje bokorys oční čočky z obrázku 3;

obr. 4A znázorňuje zvětšený pohled na část vnějšího prstence uvedené oční čočky;

obr. 5 znázorňuje perspektivní pohled ze shora na pouzdro, které lze použít pro přidržení uvedené oční čočky;

obr. 6 je bokorysným pohledem na pouzdro znázorněné na obrázku 5;

obr. 7 znázorňuje paletu, kterou lze použít k nesení skupiny pouzder z obrázku 5 systémem znázorněným na obrázku 1;

obr. 8 schematicky znázorňuje část pixelového pole zobrazovacího subsystému, notaci použitou k označení pixelů v uvedeném poli;

obr. 9 znázorňuje skříňový kryt pro různé součásti zpracovatelského subsystému kontrolního systému z obrázku 1;

obr. 10 znázorňuje obraz čočky na monitoru uvedeného kontrolního systému;

obr. 11 znázorňuje hlavní okno grafického uživatelského rozhraní (graficall user interface), které lze použít k přenosu dat do procesorového prostředku uvedeného kontrolního systému;

obr. 12 znázorňuje grafické zobrazovací okno, které lze použít k přenesení dat do procesorového prostředí;

obr. 13 vytyčuje hlavní části výhodného způsobu kontroly čoček, které využívá kontrolní systém obrázku 1;

obr. 14 a 15 znázorňují vektory, které mohou být zkoumány za účelem nalezení čočky na obrazu;

obr. 16A a 16B znázorňují technologii pixelového průzkumu použitou u výhodného způsobu zpracování;

obr. 17A a 17B znázorňují příklady vyhledávání čočky, kdy byl před lokalizováním vlastní čočky nalezen objekt šumu;

obr. 18 a 19 znázorňují několik znaků, které lze použít ke stanovení toho, zda je čočka špatně přetržená;

obr. 20 schematicky znázorňuje body na hraně čočky, které lze použít ke stanovení modelu pro tuto hranu;

obr. 21 znázorňuje koncept používání radiální odchylky jako technologie pro stanovení úhlové rozteče trhlin pro uvedenou čočku;

obr. 22 graficky znázorňuje technologii používanou ke stanovení četnosti trhlin pro uvedeno čočku, která má nesouvislou konturu;

obr. 23 znázorňuje tři okna, která lze použít k identifikaci spoje mezi okrajovou a optickou zónou uvedené čočky;

obr. 24 a 25 znázorňuje dva operátory používané jako pomocný prostředek pro identifikování spoje mezi okrajovou a optickou zónou čočky;

obr. 26 znázorňuje gradientní histogram používaný k identifikování spoje mezi okrajovou a optickou zónou;

obr. 27 znázorňuje geometrický vztah používaný při výpočtu decentrace;

obr. 28 znázorňuje přibližnou opěrných žebor čočkového pouzdra na uvedeném zobrazení;

obr. 29. znázorňuje průzkumový region používaný k lokalizování prvního z opěrných žebor uvedeného zobrazení;

obr. 30 znázorňuje průzkumové regiony použité k nalezení dalších opěrných žebor;

obr. 31 znázorňuje průzkumové vektory, které lze použít k identifikování opěrného žebra uvnitř zóny opěrných žebor;

obr. 32 znázorňuje regiony v obraze, které lze použít pro nastavení úrovní šedi opěrného žebra;

obr. 33 znázorňuje, jak se opěrná žebra transformují;

obr. 34 znázorňuje výsledek transformace na jednom řádku opěrného žebra;

obr. 35 graficky znázorňuje středovou oblast uvedené čočky;

obr. 36 znázorňuje pixelové sousedy použité pro podsouborové analyzování a pro výpočty gradientů;

obr. 37 znázorňuje průřez typickým čočkovým vtlačením;

obr. 38 graficky znázorňuje okrajovou zónu uvedené čočky;

obr. 39 znázorňuje vztah mezi vektorem gradientní hodnoty a tangenciálním směrovým vektorem.

Obrázek 1 znázorňuje systém 10 určený pro provádění kontroly čoček, který obecně zahrnuje dopravní subsystém 12, osvětlovací subsystém 14, zobrazovací subsystém 16 a zpracovatelský subsystém 20. Obrázek 1 rovněž znázorňuje vyřazovací mechanismus 22, vyřazovacího kontrolora 24 a množinu palet 30, z nichž každá přidržuje skupinu čočkových pouzder.

Transportní subsystém 12 zahrnuje dopravníkový pás 32 a osvětlovací subsystém 14, jehož součástí je kryt 34, světelný zdroj 36, reflektor 40 a objektivy 42 a 44. U výhodného provedení systému 10 zobrazovací subsystém 16 zahrnuje rovněž kameru 46 a tato kamera zase zahrnuje kryt 50, pixelové pole 52, závěrku 54 a čočkovou sestavu 56. Zpracovatelský subsystém 20 zahrnuje grafický procesorový prostředek 60, operátorový propojovací prostředek 62 a řídicí procesor 64 (supervisory computer) zahrnující množinu procesorů a paměťových desek 60a, 60b a 60c a propojovací prostředek zahrnující monitor 66 a základní počítač 70.

Dopravní subsystém 12 dopravuje množinu očních čoček po předem stanovené trase a do kontrolního systému pro kontrolu očních čoček označeného na obrázku 1 vztahovou značkou 72. Úkolem osvětlovacího subsystému 14 je generovat světelný paprsek a směřovat tento paprsek skrze čočky pohybující se uvedenou kontrolní polohou. Subsystém 16 generuje soubor signálů reprezentujících světelný paprsek nebo jeho části procházející každou kontrolovanou čočkou a následně přenáší tyto signály do zpracovateckého subsystému 20. Subsystém 20 přijímá signály ze subsystému 16 a zpracovává je podle předem stanoveného programu. pro každou kontrolovanou čočku uvedený subsystém 20 generuje signál označující stav alespoň jedné podmínky uvedené čočky přičemž u provedení subsystému 20, které je zde detailněji popsáno, uvedený subsystém generuje signál oznamující, zda jsou jednotlivé kontrolované čočky vhodné pro spotřebitelské použití.

System 10 lze použít ke kontrole velmi rozdílných očních čoček, co se týče jak velikosti tak typu. uvedený systém je v podstatě velmi vhodný pro kontrolu kontaktních čoček, například kontaktní čočky 74 znázorněné na obrázcích 3 a 4. Čočka 74 má zpravidla vydutý, hemisferický tvar mající přední a zadní povrch 76 resp. 80 a středovou optickou zónu 74a a okrajovou zónu 74b. Uvedená čočka má v podstatě rovnoměrnou tloušťku, nicméně jak ukazuje obrázek 4A, tloušťka uvedené čočky se v mezikruží 74c bezprostředně sousedícím s vnější hranou uvedené čočky postupně zmenšuje.

V případě výhodného provozu systému 10, jsou čočky 74 umístěny v jednotlivých pouzdrech neboli nosičích a tyto nosiče jsou přidržovány v paletách 30, které jsou dopravovány pomocí dopravníku 32 kontrolní polohou 72. U systému 20 lze použít

dopravníku 32 kontrolní polohou 72. U systému 20 lze použít různé typy čočkových nosičů a nosičových palet, přičemž obrázky 5 a 6 znázorňují nosič 82, který lze použít k přidržení čočky 74 a obrázek 7 znázorňuje paletu 30, kterou lze použít k přidržení skupiny uvedených pouzder 82.

Nosič 82 znázorňuje v podstatě rovinný první povrch 84, přičemž uvnitř tohoto prvního povrchu je vytvořena miskovitá dutina neboli vybrání 86, které je při pohledu ze shora konkávní. Příslušná čočka 74 je umístěna v dutině 86 každého nosiče 82 a výhodně je uvedená čočka v dutině nosiče zcela ponořena v roztoku, jakým je například deionizovaná voda. Výhodně je poloměr zakřivení,  $r$ , dutiny 86 větší než poloměr zakřivení oční čočky 74 umístěné v této dutině, takže, pokud se čočka 74 umístí do dutiny 86, mají povrchy uvedeného nosiče 82, které tvoří dutinu, vzhledem k jejímu tvaru tendenci na jejím dně uvedenou čočku vycentrovat.

Uvnitř dutiny 86 je uspořádána množina žeber neboli vertikálních značek 90, které jsou umístěny v blízkosti středu uvedené miskovité dutiny. Tyto vertikální značky napomáhají při přidržení čočky 74 v dutině 86, jakmile se z této dutiny odstraní deionizovaná voda. Pokud je uvedená čočka v dutině 86 vycentrovaná, potom výhodně není v kontaktu s vertikálními značkami a dotýká se pouze v jednom bodě středu dna dutiny. U provedení znázorněného na obrázcích je délka jednotlivých žeber 90 0,5 mm a šířka 0,025 mm, přičemž každé žebro je umístěno 3,0 mm od středu miskovité dutiny 86 a 6,0 mm od konce každého kolineárního partnera.

System 10 může použít nezávisle jakýkoliv specifický způsob a zařízení pro ukládání čoček do uvedených nosičů 82. System 10 je velmi vhodný pro velké systémy, ve kterých se výroba čoček, kontrola čoček a jejich další zpracování a umístování do nosičů 82 provádí automatizovaným způsobem pomocí robotů neboli automatizovaných zařízení určených pro manipulaci s čočkami (není znázorněno).

Obrázek 7 znázorňuje provedení palety 30, která je navržena tak, že nese množiny pouzder neboli nosičů 82 ve dvou řadách, přičemž tyto nosiče 82 mohou být umístěny ve vybráních 30a provedených v uvedené paletě. V tomto případě může být uvedený systém 10 opatřen dvěma kamerami 46, přičemž každá z kamer kontroluje jednu řadu pouzder 82 na paletách 30. Kromě toho může být uvedený systém opatřen dalšími kontrolními kamerami, například kamerami, které se specifickým způsobem použijí ke kontrole okrajových oblastí uvedených čoček 74.

Nyní zpět k obrázku 1, dopravníkový pás 32 dopravního subsystému 12 je namontován nejméně dvou nebo více válečcích (nejsou znázorněny), které nesou uvedený pás pohybující se po nekonečné dráze. Jeden z těchto válečků může být spřažen s vhodným hnacím prostředkem (není znázorněn), který tímto válečkem otáčí a tím pohání dopravníkový pás, který se pohybuje po své nekonečné dráze. Uvedený hnací prostředek pracuje výhodně takovým způsobem, který umožňuje čočkám 74 plynulý, kontinuální nebo v podstatě kontinuální pohyb uvedeným systémem 10. Nebo se mohou 74 systémem 10 pohybovat diskontinuálním neboli krokovým způsobem (indexovat) a každá čočka se může na okamžik zastavit zejména pod zobrazovacím subsystémem 16.

Přesněji řečeno, výhodné provedení systému 10 je navrženo tak, že kontrola skupin čoček probíhá v cyklech, které odpovídají přesunu palet. Uvedený dopravníkový systém používá mechanismus, označený jako krokovací mechanismus, ve kterém jsou uvedené palety tlačeny pomocí ramene upevněného k lineárním saním. Tyto saně umožňují pohyb uvedené palety směrem dopředu. Po ukončení pohybu saní je rameno zataženo a saně se vrátí do své výchozí polohy za účelem zahájení přesunu další palety. Celý přesun palety probíhá ve třech fázích. V první fázi dochází ke startu a zrychlení. Ve druhé fázi se čočky pohybují konstantní rychlostí a ve třetí fázi dochází k brzdění a zastavení palety a čoček. V průběhu druhé fáze, kdy se paleta nesoucí čočky pohybuje konstantní rychlostí, prochází pod uvedenými kamerami 46, které snímají obrazy jednotlivých čoček. Celý cyklus ve výhodném případě trvá přibližně dvanáct sekund a výsledná výrobní kapacita je šestnáct čoček přibližně každých dvanáct sekund. Rovněž je výhodné pokud cyklus pro jednotlivé palety začíná s přesunutím palety a pokud se paleta před dosažením kamery 46 pohybuje již konstantní rychlostí a touto konstantní rychlostí se pohybuje dokud nejsou zachyceny obrazy všech čoček.

Kromě toho lze pro systém 10 použít jakýkoliv vhodný vyřazovací mechanismus 22. Výhodně je tento mechanismus řízen pomocí kontrolora 24. Pokud kontrolor 24 přijme signál vyslaný ze subsystému 20, který oznamuje, že kontrolovaná čočka není vyhovující, aktualizuje vyřazovací mechanismus 22, který vyjme pouzdro obsahující uvedenou nevyhovující čočku z proudu pouzder pohybujících se za vyřazovací mechanismus. U výhodného režimu systému 10, u kterého jsou čočky 74 neseny kontrolním systémem pomocí palet 30, ovládá kontrolor 24 vyřazovací mechanismus 22, který vyjímá pouze pouzdra

obsahující čočky, o nichž bylo rozhodnuto, že jsou nevyhovující. Nebo lze použít vyřazovací mechanismus, který vyjímá ze systému 10, v případě zjištění, že některá čočka na paletě je nevyhovující, celé palety.

Subsystém 14, viz obrázek 1 a 2, se používá ke generování světelného paprsku 92 a jeho nasměrování skrze čočky 74 nacházející se v kontrolní poloze 72. Uvedený světelný zdroj 36 je umístěn v krytu 34 a je přilehlý k vrcholu vnitřní strany parabolického reflektoru 40. Horní část uvedeného krytu 34 je transparentní a výhodně je zakryta deskou 94 matnice (broušeného skla) a dublet čoček 42 a čočka 44 jsou uspořádány v sérii mezi světelným zdrojem 36 a kontrolní pozicí 72 uvedené čočky.

Výhodně je osvětlovací optika navržena tak, aby se dosáhlo co největšího kontrastu u obrazu snímané čočky. vysokého kontrastu lze dosáhnout tak, že se použijí dvě čočky 42 a 46, které se umístí pod uvedené pouzdro. Úkolem těchto čoček je kondenzovat světlo a kompenzovat tak optickou mohutnost roztoku v dutině 86, čímž se zvýší optický kontrast.

Aby mohla být provedena požadovaná kontrola středů čoček 74, umožní výhodný osvětlovací subsystém rovnoměrné osvětlení celého středu čočky v úrovních šedi, jejichž hodnota přesahuje 160, při stupnici od 0 do 255. Jak bude uvedeno dále kamerový senzor 52 je citlivý na úrovně šedi v rozmezí od 0 do 255. Nicméně jak bude rovněž podrobně popsáno později, aby bylo možné provést požadovanou kontrolu středů uvedených čoček, měly by mít okrajové zóny čoček odlišnou úroveň šedi než zadní optická zóna, aby se vytvořilo detekovatelné rozmezí v místě spoje mezi okrajovým zakřivením a zadním optickým

místě spoje mezi okrajovým zakřivením a zadním optickým zakřivením. Toto rozhraní znázorňuje vnitřní kruh okrajové zóny a používá se k testování decentrace vzniklé v důsledku špatného usazení čelní zakřivené a zadní zakřivené části tvářecí formy použité k tváření uvedené čočky 74.

Uvedeným světelným zdrojem je výhodně stroboskopická lampa, která může produkovat pětijoulové desetimikrosekundové světelné impulsy, jakmile zobrazovací procesor 60 generuje povelový signál označený jako povel k zachycení obrazu. Uvedená stroboskopická lampa má mezi vysláním dvou po sobě jdoucích světelných impulsů tak zvanou regenerační časovou prodlevu, která výhodně trvá 450 milisekund.

Použití broušené skleněné desky 94 (matnice) umožňuje dosáhnout vyšších energií osvětlení vzhledem k tomu, že většina světelné energie se nerozptýlí mimo paletovou vstupní zornici. Relativně malé množství světla se rozptýlí mimo optickou dráhu uvedeného systému, přičemž většina světla dosáhne kamerového senzoru 52.

Vzhledem k tomu, že uvedené pouzdro 82 má zakřivení, které vytváří gravitační potenciál ve středu čočky v uvedené dutině 86, takže uvedené pouzdro působí jako čočka v uvedeném zobrazovacím subsystému 16. U provedení podle vynálezu, který byl redukován pro praxi, působí pouzdro 82 jako objektiv s ohniskovou vzdáleností 25 mm. Takže světlo opouštějící uvedené pouzdro 82, pokud nebude korigováno, bude dostatečně rozptýlené před vstupem do objektivu 56 kamery tak, aby minulo clonový otvor kamery. To může způsobit nedostatečné osvětlení uvedeného obrazu testované čočky a snížení kontrastu na tomto obrazu čočky produkovaném na pixelovém poli 52. Ke korekci

obrazu čočky produkovaném na pixelovém poli 52. Ke korekci této rozbíhavosti se používá rozptylka 44, která se umístí pod uvedené pouzdro 82 a působí tak proti optické mohutnosti uvedeného roztoku v dutině pouzdra 86.

U provedení podle vynálezu, které bylo ve skutečnosti redukováno pro potřeby praxe, se použil singletní objektiv od společnosti Newport nebo Melles Griot, který má bikonkávní skleněnou čočku s ohniskovou vzdáleností -25 mm. Středová tloušťka tohoto singletového objektivu je 2,5 mm, nominální tloušťka hrany je 7,73 mm a jeho průměr činí 25,4 mm. Za účelem redukování reflexe a za účelem zvýšení přenosu světla procházejícího uvedenou čočkou a tudíž zvýšení kontrastu se na uvedený objektiv aplikuje širokopásmová antireflexní potahová vrstva. Pro uvedený objektiv byla zvolena potahová vrstva s označením AR14, která účinně působí v rozmezí vlnových délek 430 až 700 nm.

Uvedený dubletový objektiv 42 představuje pro osvětlovací subsystém 14 kolektorový objektiv. První ohniskový bod dubletové čočky 42 leží na matnici 94, což umožňuje kolimovat světlo procházející uvedeným dubletovým objektivem. Uvedený dubletový objektiv může být vyroben z obyčejného skla BK-7, které může být nicméně nahrazeno čočkou z taveného křemene, aniž by se musely modifikovat mechanické opěry.

Zobrazovací subsystém 16 přijímá světelný paprsek procházející čočkou 74 uspořádanou v kontrolní poloze 72 a generuje sérii signálů reprezentujících tento světelný paprsek. Pixelové pole 52, viz obrázky 1 a 2, je umístěno uvnitř kamerového krytu 50, přímo za závěrkou a je výhodně tvořeno množinou světelných senzorů neboli pixelů, z nichž každý je

množinou světelných senzorů neboli pixelů, z nichž každý je schopen generovat příslušný elektrický proud, jehož hodnota odpovídá proporcionálně intenzitě světla dopadajícího na příslušný světelný senzor. Je běžné, že jsou uvedené světelné senzory neboli pixely pixelového pole 52 výhodně uspořádány v pravidelné síti tvořené daným počtem řad a sloupců. Taková síť může například obsahovat přibližně 1000 řad a 1000 sloupců. Obrázek 8 schematicky znázorňuje část pixelového pole a notaci použitou u tohoto pixelového pole pro označení jednotlivých pixelů.

Obraz subsystému 16 má výhodně rozlišovací schopnost vyšší než je rozlišovací schopnost nezbytná pro klasifikování všech specifikovaných jevů, na které se zaměřuje kontrola čoček 74. Pro účely kontroly může být například použita kamera, která je schopna rozlišit objekty o velikosti 0,012 mm. Při 1 048 576 pixelech v zobrazené ploše, pokrývajících zorné pole o velikost 14, 495 mm, každý pixel pokrývá 0,01416 mm prostoru lineárního objektu. Takže takové jevy, kterými jsou například cizorodé částičky nebo trhlinky, ne které lze při kontrole narazit a které v místě svého největšího průměru překryjí přesně tři pixely, by neměly mít větší velikost než 0,0425 mm. Takže je zřejmé, že výše uvedený zobrazovací systém má schopnost detekovat jevy dokonce menší než ty, které se obecně považují za možné příčiny defektnosti čočky a které mohou být tedy důvodem vyřazení čočky.

Pokud je systém 10 v chodu, lze uvedenou zobrazovací kameru 46 zaostřit na okrajové zóny čoček 74. V tomto případě, budou středové optické zóny jednotlivých čoček 74, vzhledem k hloubce pole zobrazovací čočky, zaostřeny také. Rozsah zorného pole lze

zobrazovací čočky, zaostřeny také. Rozsah zorného pole lze zvolit například tak, aby se v pixelovém poli dosáhlo rozlišení 0,000055 mm na pixelovou variaci neboli 0,057 mm celkové variace v zorném poli obrazu. Výhodně se uvedená kamera 46 nastavuje tak, že se 989 pixelů rovná 14,000 mm prostoru objektu. To vede k dosažení výše zmíněného rozlišení, kdy na jeden pixel připadá 0,014156 mm, neboli na celé zorné pole 14,496 mm připadá 1024 pixelů.

Jak je zřejmé odborníkům v daném oboru, pro uvedený subsystém 16 je možné použít jakoukoliv vhodnou kameru. U provedení systému 10, které bylo ve skutečnosti redukováno pro praktické použití se použila kamera Class I Kodak Megaplus s vysokou rozlišovací schopností a se standardním objektivem Nikkor 55mm. Tato kamera má senzor tvořený 1320 x 1024 pixely, z nichž se využilo pouze 1024 x 1024 pixelů. Vzhledem k tomu, že počítačová paměť je v podstatě binární a 1024 rovná se  $2^{10}$ , potom plocha  $2^{10}$  pixelů na  $2^{10}$  pixelů neboli plocha 1 048 576 pixelů bude produkovat údaj, se kterým se bude v grafické paměti snadněji manipuluje pomocí navržených pokynů na ovládacím panelu.

Clonový otvor objektivu kamery se nastaví na f/4 e zorným polem 14,495 mm (čočky 74 v deionisované vodě mohou mít průměr přibližně 12,2 mm). Na jeden konec objektivu kamery je nasazena pásmová propust Andover vycentrovaná na vlnovou délku 550 nm, s oknem 10 nm celovlným půlvýškovým oknem. Taková propust odstraní veškeré možné chromatické aberace, zvyšuje celkovou prostorovou rozlišovací schopnost a zachovávají podobné fotonickou citlivost při kontrole čoček jako je citlivost lidského oka v případě, kdy kontrolu provádí člověk. Uvedená propust rovněž odstraňuje infračervené záření v CCD detektoru.

propust rovněž odstraňuje infračervené záření v CCD detektoru. To je výhodné vzhledem k tomu, že takové světlo by mohlo snížit modulační přenosovou funkci celého systému.

Zpracovatelský subsystém 20 přijímá signály ze zobrazovacího subsystému 16, přesněji z pixelového pole 52 a zpracovává je podle předem stanoveného programu, který bude podrobněji popsán později, za účelem definování alespoň jednoho jevu kontrolovaných čoček. Přesněji, elektrické signály z pixelového pole 52 kamery 42 jsou vedeny do zobrazení zpracovávajícího procesorového prostředku 60. Uvedený procesorový prostředek 60 převede jednotlivé elektrické signály z jednotlivých pixelů uvedeného pole 52 na odpovídající digitální data-hodnoty a ty uloží do paměťové oblasti mající adresu sdruženou s adresou uvedeného pixelu, který generoval uvedený elektrický signál.

Výhodně se uvedený subsystém 20 rovněž používá ke koordinování neboli řízení provozu subsystémů 14 a 16, přesněji tak, že uvedený světelný zdroj 36 se aktivuje a uvedená kamera 46 pracuje v koordinaci s pohybem čoček 74 procházejících uvedeným systémem 10. Jak palety vstupují do kontrolní oblasti, detekuje paletový senzor jejich přítomnost. Po přijmutí tohoto signálu, procesorový prostředek 60 ukončí jakékoliv pokračující procesy související s předešlou paletou a podá zprávu o výsledcích výhodně jak kontroloru PLC tak hlavnímu počítači. Jak pokračuje pohyb uvedené palety po dopravníku detekuje uvedený pouzdrový senzor pouzdro a generuje signál. Tento signál označuje, že uvedená čočka je ve správné poloze, ve které má být zobrazena.

Po přijmutí signálu o značujícího detekci pouzdra iniciuje hardware na zpracování zobrazení zachycení obrazu a jeho zpracování až do provedení rozhodnutí o tom, zda uvedená čočka projde, či zda má být vyřazena. Součástí zachycení obrazu je rovněž aktivování stroboskopické lampy za účelem ozářený kontrolované čočky. Informace o tím, zda čočka prošla nebo, zda má být vyřazena se uloží až do startu další palety, kdy bude odeslána výsledná zpráva. Pokud není uvedená zpráva přijmuta - což se může stát například v případě, že senzor nesprávně detekuje paletu- potom kontrolní systém neumožní přesunutí žádné další palety. Uvedený senzor detekující jednotlivá pouzdra signalizuje detekování každého z osmi pouzder nacházejících se na každé straně uvedené palet.

Přesněji, procesorové desky zpracovávající zobrazení určí, kdy se čočky zobrazí. Během pohybu uvedené palety pod kamerou jsou hrany jednotlivých pouzder detekovány pomocí vláknitých optických senzorů. Po detekování hrany každého pouzdra uvedená stroboskopická lampa vyše záblesk za účelem osvětlení uvedené čočky 74 a kamera sejme obraz této čočky. Získání obrazu čočky je iniciováno procesorovou deskou pro zpracování obrazu a přenesením záchytného signálu do kamery. Potom, co uvedená stroboskopická lampa vyše záblesk, se uložený obraz z paměti kamery převede do paměti jedné z procesorových desek -označené jako hlavní procesor-. Hlavní procesor stanoví, který z dalších dvou procesorových desek—označených jako podřízené detektory- je volný pro kontrolu současně přijatého zobrazení. Hlavní procesor řídí, kde by mělo být uvedené zobrazení zpracováno, přičemž informuje podřízené procesory o tom, který z nich by měl převzít údaj o zobrazení z videoběrnice. Hlavní procesor rovněž monitoruje kontrolu a konečné výsledky určené pro každé zobrazení.

videosběrnice. Hlavní procesor rovněž monitoruje kontrolu a konečné výsledky určené pro každé zobrazení.

Po zpracování obrazu čočky a provedení kontroly zaměřené na středové defekty, podají uvedené dva podřízené procesory zprávu hlavnímu procesoru. Hlavní procesor převezme tuto informaci a následně vyšle dvě zprávy. Jedna zpráva jde k PLC, který kontroluje pohyb přijímacího a vyřazovacího robotu. Ten rozhodne o každém pouzdru na právě kontrolované paletě. PLC sleduje uvedené palety způsobem „první řazen, první vybrán“. Druhá zpráva odchází do řídicího počítače za účelem pasivního shromažďování dat a analyzování výrobních kontrolních programů a přípravy rozvrhovacích programů.

U systému 10 lze použít jakékoliv vhodné zpracovatelské jednotky, přičemž provozními jednotkami označenými vztahovými značkami 60a, 60b a 60c mohou být například obrazové karty IP-940 procesoru na zpracování obrazu dodávané společností Perceptics Corp.

Hlavní počítač 70, jehož součástí je výhodně klávesnice 70a a videoterminál 70b, je spojen s procesorovým prostředkem 60 a umožňuje vkládání vizuálně zobrazených dat nebo zpráv do uvedeného procesorového prostředku. S procesorovým prostředkem 60 je rovněž spojen i monitor 66, který je schopen převést data uložená v procesorovém prostředku opět do obrazové podoby a může být tudíž použit k zobrazení výsledků kontroly a celkových výsledků. Výhodně je jako monitor 66 použit barevný monitor s vysokou rozlišovací schopností, který je řízen zobrazovací kartou Perceptics HRD900 s vysokou rozlišovací schopností, která je rovněž připojena k zobrazovacím deskám 60a, 60b a 60c. RS232 konektory na procesorových deskách

60a , 60b a 60c. RS232 konektory na procesorových deskách umožňují terminálu 66 vzájemně působit na uvedené procesorové desky.

Přesněji, systémové operátorské rozhraní se realizuje prostřednictvím hlavního počítače Sun umožňujícího spojení a komunikaci s procesorovými deskami. Klávesnice hlavního počítače se používá k zavedení informace do procesorových desek a videodisplayů označených jako okna, přičemž na monitoru hlavního počítače zobrazí výsledky a stavové informace. Monitory s vysokou rozlišovací schopností zobrazí obrazy zachycené v průběhu operace. Stavové informace a výsledky kontroly jsou rovněž zobrazeny na monitorech s vysokou rozlišovací schopností.

Co se týče obrázku 10, kdykoliv se zobrazí čočka , objeví se rovněž krátce na monitoru s vysokou rozlišovací schopností spolu s kontrolní zprávou pro celou paletu. Jakékoliv zprávy označující chybu se, pokud to bude nezbytné, mohou rovněž objevit na uvedeném monitoru s vysokou rozlišovací schopností. Zobrazení na tomto monitoru je vysláno zobrazovací deskou s vysokou rozlišovací schopností neboli HRD. Tato deska řídí uvedenou videosměrnici. Ta shromažďuje zobrazení převzatá z desek IP-940 procesoru na zpracování obrazu a zobrazuje buď obraz hrany nebo středový obraz získané od hranových resp. středových kamer v závislosti na volbě operátoru. HRD deska monitoruje zejména obrazy , které jsou zpracovány a zobrazuje je v reálném čase na monitor bez zásahu do zpracování obrazů.

Pro přenesení pokynů a údajů z operátoru do procesorového prostředku 60 lze použít grafické uživatelské rozhraní označené též jako „GUI“. Obrázek 11 znázorňuje hlavní okno grafického

uživatelského rozhraní, jednoobrazovkový řídicí mechanismus pro procesorové desky uvedeného systému. Výhodně se tato obrazovka vyvolává vložением jediného pokynu, `machinename% impgr&`, v hlavním, výhodně „Sun“ povelovém náznaku na obrazovce. Z tohoto obrazovkového terminálu mohou být do prostředí window hlavního počítače uložena popřípadě z něho vyjmuta okna. Při použití klávesy „terminals“ v horní části uvedeného `ipmgr` okna, se objeví nové okno, viz obrázek 12. Toto okno umožní operátoru otevřít hlavní okno pro každou z procesorových desek na zpracování obrazu. Otevření každého terminálového okna je jako připojení neprogramovatelného terminálu ke každé ze zvolených procesorových desek. Lze je použít pro vydání zprávy týkající se přijetí nebo propadnutí kontrolované čočky a pro ladění programu nebo experimentální situace.

Je zřejmé, že subsystém 20 může být opatřen dalším neboli přídatným vstupním a výstupním zařízením, které operátoru vzájemně působit s procesorovými deskami a kontrolorem 24. K uvedeným procesorovým deskám může být připojena například tiskárna, která může poskytnout vytištěný záznam zvolených datahodnot nebo zpráv přenesených do tisku z procesorové desky.

Výhodně lze výtisk získat jakýmkoliv z mnoha způsobů pomocí hlavního řídicího systému. Obrazovkové zprávy z hlavního procesoru mohou být vytištěny tak, že se informace z obrazovky uloží do souboru a vytisknou se později. Rovněž lze tiskárnu použít k tištění informací vyjíždějících na obrazovce. Všechny informace týkající se povahy a polohy čočky jsou současně zaslány řídicímu počítači, který může výhodně asimilovat data a vysílat výrobní zprávy.

Co se týče obrázku 9, celý hardware na zpracování zobrazení, hlavní počítač, monitory a nepřerušitelný zdroj energie jsou výhodně uspořádány v jedné skříni. Veškerá kabeláž nacházející se v systému, která může eventuálně přicházet do uvedené skříně z venku nejprve projde rozvodnou deskou.

Jak již bylo uvedeno dříve, v jednotlivých okamžicích čočka 74 prochází kontrolní polohou 72, světlo prochází touto čočkou a dopadá na pixelovém poli 52, pixely tohoto pole generují elektrický proud jehož hodnota odpovídá intenzitě světla dopadajícího na příslušné pixely. Hodnoty tohoto proudu jsou zdigitalizovány a tyto data-hodnoty se uloží do procesorového prostředku 60, ve kterém se zpracují výhodně za účelem stanovení toho, zda je uvedená čočka vhodná pro spotřebitele. Výhodné provedení kontrolního procesu detekuje scházející čočky, úlomky hrany, trhliny v hraně, povrchové trhliny, cizorodé částičky, díry, decentralizaci atd., které analyzuje za účelem zjištění toho, zda by měla být uvedená čočka vyřazena.

Obrázek 13 znázorňuje hlavní kroky výhodného procesu provádějícího kontrolu čoček. Prvními kroky v tomto procesu jsou lokalizování čočky v zobrazení na pixelovém poli, provedení testu na určení špatného přetržení čočky a vymodelování vnější hrany čočky. Pokud čočka propadne v jakémkoliv z těchto tří kroků, potom může být automaticky vyřazena. Pokud ale těmito prvními třemi kroky projde, určí algoritmus decentralizaci čočky, zpracuje vertikální pouzdrové značky a provede výzkum vedoucí k nalezení defektů nejprve v okrajové zóně a následně v zóně středové. Pokud jsou během těchto pozdějších kroků nalezeny jakékoliv defekty, potom algoritmus rozhodne, zda je čočka přijatelná nebo zda by měla být vyřazena.

## Lokalizace čočky v zobrazení

Počátečním krokem v uvedeném kontrolním procesu, který následuje po zavedení nezpracovaného zobrazení, je určit oblast v zorném poli, ve které se uvedená čočka nachází. Jedním z problémů dřívějších známých kontrolních způsobů je mylná klasifikace defektně fragmentované čočky jako čočky scházející. Klasifikování fragmentu čočky jako čočky scházející může způsobit problémy v případě izolování deionizované vody z dutiny 86 nosiče po provedení kontroly čočky. například, pokud by nebyl velký fragment čočky v dutině 86 pouzdra uznán za fragment, ale byl by označen jako chybějící čočka, potom by mohl ucpat výstupní odvodušňovací průchod v odvodňovací trysce, a zhoršit účinnost této trysky.

System 10 řeší tento problém díky tomu, že nenalézá pouze celé čočky ale rovněž fragmenty čoček a klasifikuje je jako fragmenty, takže pouzdra, která tyto fragmenty obsahují, mohou být vyprázdněna ručně. Pokud se uvnitř pouzdra nachází velký fragment signalizuje kontrolní systém kontrolujícímu PLC 24, aby zastavil dopravní subsystém 12 a zalarmuje operátora, aby vyjmul fragment čočky z pouzdra.

Zpravidla se zobrazení vytvořené na pixelovém 52 podrobí průzkumu zaměřenému na vyhledávání zobrazení objektů, které by mohly být obrazy čoček nebo jejich fragmentů, přičemž tento průzkum se provádí pomocí horizontálních a vertikálních průzkumových vektorů. Průzkumové vektory analyzují zobrazovací gradienty podle následující rovnice (1).

$$G = \sqrt{(P_{i-1,j+1} + 2P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1}) - (P_{i-1,j-1} + 2P_{i,j-1} + P_{i+1,j-1})} + \sqrt{(P_{i-1,j+1} + 2P_{i-1,j} + P_{i-1,j-1}) - (P_{i+1,j+1} + 2P_{i+1,j} + P_{i+1,j-1})}$$

Uvedený gradient  $G$ , se vypočte pro každý pixel podél průzkumového vektoru. Pokud hodnota vypočteného gradientu dosahuje specifikovaného rozhraní, definovaného parametrem „E\_findThr“, nebo ho přesahuje, potom byla čočka potencionálně nalezena. Rovnice (1) je vytvořena tak, že se vezmou absolutní hodnoty Sobelových operátorů. Na rozdíl od obvyklé operace zahrnující celkové zkroucení obrazu, tento modifikovaný Sobel postupuje pouze po směru průzkumového vektoru. Rovněž hodnota gradientu,  $G$ , všechno to, co určí rovnice (1). Tato hodnota je nezávislá na směru nebo znaménku gradientu. To, že mohou být detekovány jak kladné tak záporné gradienty činí detekci hran mnohem citlivější. Kromě toho, rovnici (1) lze použít jak pro horizontální tak pro vertikální hranové detekční průzkumové vektory. Uvedené hranové detekční průzkumové vektory pokrývají alespoň 50% zobrazovací plochy.

Přesněji, co se týče obrázků 14 a 15, výhodně se pro průzkum použije deset horizontálních a deset vertikálních průzkumových vektorů. Tyto vektory jsou od sebe navzájem odsazeny ve stejných vzdálenostech a umístění všech těchto vektorů je takové, že vylučují, aby se ve čtyřech rozích uvedeného zobrazení nacházely tmavé plochy. Pořadí, ve kterém jsou průzkumové vektory vedeny je znázorněn na obrázcích 14 a 15. Směr je označen šipkami a pořadí je označeno číslem před uvedeným vektorem.

Tyto vektory jsou vedeny v předem stanoveném pořadí až do okamžiku, kdy je buď lokalizována čočka nebo jsou již vyčerpány všechny vektory. Pokud je čočka lokalizována, neprovádí se

všechny vektory. Pokud je čočka lokalizována, neprovádí se výhodně další průzkum, tj. nepoužijí se již zbývající průzkumové vektory. Čočka uspořádaná řádným způsobem může být například nalezena již při průzkumu vedeném podél prvního průzkumového vektoru, zatímco v případě špatně přetržené čočky se může stát, že bude nezbytné pro její objevení použít většinu průzkumových vektorů.

Po počátečním lokalizování objektu, se provede druhý test, jehož úkolem je potvrdit správnou detekci čočky. Tento ověřovací test sleduje konturu uvedeného právě nalezeného objektu. K tomuto účelu lze použít jakýkoliv vhodný postup na určení spojitosti. Hrany objektu mohou být například sledovány pomocí technologie, kterou lze označit jako analýza spojitosti osmi prvků. U této technologie platí, že pokud se zjistí, že se první pixel nachází na hraně příslušného objektu, potom se prozkoumá osm s ním bezprostředně sousedících pixelů, přičemž průzkum je veden jedním směrem (například proti směru hodinových ručiček), za účelem nalezení druhého hranového pixelu. Pokud je druhý hranový pixel, který je považován za součást příslušné hrany, nalezen, potom se zopakuje uvedený postup a prozkoumá se tedy osm bezprostředně s tímto druhým pixelem sousedících pixelů za účelem nalezení třetího hranového pixelu. Tento postup se opakuje -uvedený postup je označen jako sledování hrany neboli sledování objektu- dokud není nalezen konec hrany. Před dosažením původního pixelu se při tomto sledování narazí na předem určený počet hranových pixelů, neboli hrana tvořená těmito identifikovanými hranovými pixely tvoří uzavřenou smyčku a přesněji tato hrana se vrací k prvnímu hranovému pixelu příslušného objektu.

Toto analýzu spojitosti osmi prvků podrobněji znázorňují obrázky 16A a 16B. Na obrázcích 16A a 16B je každý pixel reprezentován bodem pro lepší ilustraci průzkumu prováděného kolem jednotlivých pixelů. Obrázek 16A ukazuje první pixel  $P_{i,j}$ , který byl identifikován jako pixel ležící na hraně objektu. Osm bezprostředně sousedících pixelů je prozkoumáno, přičemž průzkum je veden proti směru hodinových ručiček, výchozím bodem je pixel ležící bezprostředně nad pixelem  $P_{i,j}$ , a cílem průzkumu je nalezení pixelu, který má úroveň šedi přesahující předem určenou mezní hodnotu. První pixel, který byl nalezen a který splňoval podmínky tohoto testu je považován za další hranový pixel, který je na obrázku 16A znázorněn jako pixel  $P_{i,j+1}$ .

V dalším kroku, znázorněném na obrázku 16B, je prozkoumáno osm pixelů bezprostředně sousedících s pixelem  $P_{i,j+1}$ , přičemž průzkum je veden opět proti směru hodinových ručiček a počáteční bod má v pixelu ležícím bezprostředně nad pixelem  $P_{i,j+1}$ . Tento průzkum má nalézt pixel, který (i) má úroveň šedi vyšší než je předem stanovená mezní hodnota a (ii) není pixelem ležícím ve středu průzkumu, který byl realizován bezprostředně před tímto průzkumem. První pixel, který je nalezen a který splní podmínky tohoto průzkumu je považován za další hranový pixel, na obrázku 16B je tímto pixelem pixel označený jako  $P_{i,j+2}$ . Tento sledovací proces pokračuje dokud se průzkum nevrátí k počátečnímu pixelu  $P_{i,j}$ , potom co narazí na předem stanovený počet obrazových pixelů, neboli pokud průzkum prováděný okolo daného pixelu nepovede k identifikování žádného dalšího hranového pixelu.

Výhodně se v průběhu tohoto sledovacího postupu použije k určení pixelů na obrysu objektu a vně tohoto objektu gradientní hodnota. Vypočtená gradientní hodnota je identická s hodnotou,

hodnota. Vypočtená gradientní hodnota je identická s hodnotou, kterou používají průzkumové vektory a která je definována rovnicí (1). Mezní hodnota použitá během tohoto sledování je rovněž identická s mezní hodnotou použitou průzkumovými vektory a je specifikována parametrem „E\_findThr“.

Pokud nebylo při sledování uvedeného objektu naraženo na počáteční bod (pixel) před tím, než byl sledován specifický předem stanovený počet pixelů, potom je uvedený objekt považován za čočku, avšak v případě, že se na výchozí polohu narazí ještě před tím, než byl sledován předem stanovený počet pixelů, potom uvedený objekt za čočku považován není a je označen jako šum. Minimální délka obrysu čočky použitá během tohoto ověřovacího testu je dána parametrem „B\_cont\_cnt“. Pokud se při průzkumu vedeném podél průzkumových vektorů narazí na objekt šumu, nepokračuje se v průzkumu vedeném podél tohoto vektoru, a v průzkumu zobrazení se pokračuje u dalšího průzkumového vektoru. Tento postup se opakuje dokud není nalezena čočka nebo dokud se nevyzkouší všechny průzkumové vektory. Obrázek 17A ukazuje příklad hypotetického průzkumu, jehož cílem je detekovat čočku, pomocí kterého byl před lokalizováním čočky nalezen objekt šumu a obrázek 17B ukazuje příklad hypotetického průzkumu vedeného za účelem detekování čočky, pomocí kterého byly před lokalizováním nesprávně roztržené čočky nalezeny dva objekty šumu.

Pokud nebyla po použití všech prohledávacích vektorů čočka nalezena, je čočka považována za chybějící. Tento výsledek je oznámen a další zpracování je zastaveno. Pokud je čočka nalezena, potom se uloží obrazové souřadnice, které původně detekovaly čočku a proces zpracování pokračuje.

Před tím, než jsou analyzovány morfologické znaky uvedeného objektu, mohou být provedeny další testy, jejichž cílem bude stanovit, zda je nalezeným objektem je útržek čočky. Nejprve, pokud se během sledování prováděného okolo uvedeného objektu, při sledování kontury objektu vyběhne mimo vnější okraje zobrazovací paměti, potom se kandidát na čočku nachází částečně mimo zorné pole a nesplňuje požadavky kladené na čočku a je vyřazen. V tomto případě se rovněž neprovádí další zpracování zobrazení. Za druhé, pokud během sledování prováděného okolo uvedeného objektu je překročen maximální počet hranových neboli obvodových pixelů, potom je kandidát na čočku příliš velký na to, abymohl být jednou čočkou a tudíž rovněž nesplňuje podmínky kladené na čočku a je vyřazena.

#### Test určující roztržené čočky nebo fragmenty čočky

Takže nyní pokud pokračuje proces zpracování čočky, je kandidátem na čočku buď špatně přetržená čočka nebo celá čočka. Pokud se během sledování okolo objektu narazí na výchozí polohu, potom lze sledovanou trasu považovat za celý vnější rozměr objektu. Morfologické testy určující špatně přetrženou čočku jsou spuštěny neboli iniciovány buď naražením na výchozí pixel, nebo překročením maximálního počtu hranových pixelů.

Výhodné provedení uvedeného algoritmu používá ke stanovení toho, že uvedeným objektem je špatně roztržená čočka, dva hlavní testy označené jako elongace a velikost opsaného rámečku. Elongační test byl původně navržen pro identifikaci čoček majících jejíž velké části byly odstraněny nebo scházejí, takže se její tvar nebude již dále podobat přibližně

kruhovému objektu s jedinečnou excentricitou, tzv. segmenty čočky. Test označený jako opsaný rámeček představuje kontrolu elongačního testu a se použije zejména k identifikaci segmentů čoček, které jsou poněkud kruhové.

Oba výše diskutované testy využívají informace týkající se souřadnic získaných při sledování celého obrysu uvedené čočky. Sledovací technika je identická s tou, která byla použita k ověření detekce čočky. Uvedený sledovací proces používá hodnotu gradientu, která je definována v rovnici (1), za účelem stanovení toho, zda tento pixel leží na hraně čočky nebo vně této hrany. Ke sledování vedeného podél obrysu čočky se použije analýza spojitosti osmi prvků a mezní hodnota gradientu je specifikována parametrem „C\_findThr“.

V průběhu sledování, se uchovává postupný záznam lokalit řad a sloupců jednotlivých obrysových pixelů. Sledování obrysu pokračuje dokud nedojde k jedné ze tří událostí: 1) sledování se dostane mimo paměť, 2) při sledování kontury je překročen maximální možný počet pixelů nebo 3) narazí se na výchozí oblast, ve které bylo zahájeno sledování.

Pokud se sledování dostane mimo zobrazovací paměť, j čočka považována za čočku nacházející se částečně mimo zorné pole a taková čočka je vyřazena. Výsledek je oznámen a další zpracování je zastaveno. Pokud se narazí na výchozí místo, ze kterého bylo sledování obrysu čočky zahájeno, nebo pokud bude při sledování překročen maximální možný počet obrysových (hranových) pixelů, potom budou morfologické znaky označeny jako elongace a ke stanovení toho, zda je přítomna defektně fragmentovaná čočka, se opsaný rámeček vyjme.

Elongační hodnota objektu je dána následující obecnou rovnicí (2):

$$\text{Elongace} = \frac{\text{moment setrvačnosti okolo hlavní osy}}{\text{moment setrvačnosti okolo vedlejší osy}}$$

Elongační test rovněž poskytuje hodnotu maximálního momentu setrvačnosti pro daný objekt vyděleného minimálním momentem setrvačnosti tohoto objektu. Čím větší disproporce mezi nejdelším a nejkratším rozměrem uvedeného objektu, tím větší elongační hodnota, a čím kompaktnější je objekt, tím je elongační hodnota menší. Například objekt kruhového tvaru má nejmenší teoretickou elongační hodnotu, zatímco tyč nebo lineárně tvarovaný objekt by měl mít relativně vysokou elongační hodnotu.

Za účelem vypočtení elongace se předají souřadnicové údaje pro všechny hranové pixely. Z nich jsou potom vypočteny horizontální a vertikální momenty setrvačnosti. Rovnice (3) a (4) ukazují výpočty těchto momentů:

$$\begin{aligned} \text{vertikální moment setrvačnosti} &= \text{abs}(\sum(x_i - x_{\text{avg}})^2) \\ &= \text{abs}(\sum x_i^2 - ((x_i)^2 / \text{obrysový součet})) \end{aligned}$$

kde  $x_i$  = sloupcová souřadnice i-tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čocky. Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čocky.

$x_{\text{avg}}$  = sloupcové těžiště uvedeného objektu

$$\begin{aligned} \text{horizontální moment setrvačnosti} &= \text{abs}(\sum(y_i - y_{\text{avg}})^2) \\ &= \text{abs}(\sum y_i^2 - ((y_i)^2 / \text{obrysový součet})) \end{aligned}$$

kde  $y_i$  = řadová souřadnice  $i$ -tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čočky.  
Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čočky.

$x_{avg}$  = řádkové těžiště uvedeného objektu.

Tyto informace lze použít ke zjištění úhlu, pod kterým leží hlavní osa uvedeného objektu. Tento úhel lze vypočíst pomocí následující obecné rovnice (5):

$$\phi = \arctan\left(\frac{2 \cdot \sum(x_i - x_{avg})(y_i - y_{avg})}{\sum(x_i - x_{avg})^2 - (y_i - y_{avg})^2}\right) / 2$$

ve které  $\phi$  = úhel vzhledem k těžišti objektu, pod kterým leží hlavní osa

Co se týče stanovení úhlu hlavní osy

$$\begin{aligned} \text{moment setrvačnosti hlavní osy} &= \text{abs}(\sum((-x_i \sin(\phi) + y_i \cos(\phi)) - x'_{avg})^2) \\ &= \text{abs}(\sum(-x_i \sin(\phi) + y_i \cos(\phi))^2 - (((2(-x_i \sin(\phi) + y_i \cos(\phi))^2 / \text{obrysový součet})) \end{aligned}$$

kde  $x_i$  = sloupcová souřadnice  $i$ -tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čočky.  
Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čočky.

kde  $y_i$  = řadová souřadnice  $i$ -tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čočky.  
Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čočky.

$x'_{avg}$  = těžiště uvedeného objektu vedený podél hlavní osy.

$$\text{moment setrvačnosti vedlejší osy} = \text{abs}(\sum((x_i \cos(\phi) + y_i \sin(\phi)) - y'_{avg})^2)$$

$$= \text{abs}(\sum(x_i \cos(\phi) + y_i \sin(\phi))^2 - ((\sum(x_i \cos(\phi) + y_i \sin(\phi))^2) / \text{obrysový součet}))$$

kde  $x_i$  = sloupcová souřadnice i-tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čočky. Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čočky.

$y_i$  = řadová souřadnice i-tého pixelu nalezeného na vnějším obrysu čočky. Do součtu se započítají všechny pixely nalezené na obrysu čočky.

$y'_{\text{avg}}$  = těžiště uvedeného objektu vedený podél vedlejší osy.

Elongace se potom vypočte za použití rovnice (2). Vypočtená elongační hodnota se potom porovná s hodnotou specifikovanou parametrem „C\_elong“, aby se určilo, zda se jedná o uvedenou defektně fragmentovanou čočku či nikoliv. Pokud je například vypočtená hodnota větší než „C\_elong“, potom se čočka považuje za defektně fragmentovanou čočku, je vyřazena a další zpracování se zastaví.

Obrázek 18 ukazuje určitou terminologii použitou při určování elongace.

Pro uvedený čočkový objekt se rovněž vypočte opsaný rámeček. Zpravidla je opsaným rámečkem rámeček právě tak veliký, aby zadržel objekt možné čočky a je tvořen spodní a horní horizontální stranou a pravou a levou vertikální stranou. Bylo zjištěno, že takový rámeček slouží jako poměrně přesná aproximace skutečné plochy uvedeného objektu možné čočky. Tento test se používá k identifikaci defektně fragmentovaných

čoček, které nelze identifikovat pomocí elongačního testu. Tento test se používá v případě, kdy by mohla být defektně fragmentovaná čočka tak zkroucená, že by se ve skutečnosti jevila v podstatě jako kruh a nemohla by tedy být identifikována pomocí elongačního testu. Test využívající opsaný rámeček využívá toho, že i když se dá říct o těchto defektně fragmentovaných čočkách, že mají v podstatě kruhový tvar, tak jsou podstatně menší než normální čočky. Uvedený rámeček je orientován podél horizontální a vertikální osy, které prochází středem objektu. Obrázek 19 ukazuje koncept testu využívajícího opsaný rámeček, který definuje rovnice (8).

Opsaný rámeček = (sloupec v objektu nejvíce v pravo-sloupec (8)  
v objektu nejvíce vlevo)\*(nejspodnější řádek  
v objektu- nejvrchnější řádek v objek-  
tu)

Vypočtená hodnota opsaného rámečku se porovná s hodnotou specifikovanou parametrem „C\_bdbox“. Pokud je například tato vypočtená hodnota menší než „C\_bdbox“, potom neobrazený objekt považován za defektně fragmentovanou čočku a tudíž určen pro vyřazení, a současně se upustí od dalšího průzkumu.

### Modelování vnější hrany čočky

Pokud objekt možné čočky projde jak elongačním testem tak testem opsaného rámečku a splní jejich požadavky, potom se pro účely detekování defektně fragmentovaných čoček použije ještě další postup. Na základě údajů získaných při sledování objektu

se definuje šest kruhových modelů, viz obrázek 20, přičemž k definování těchto modelů se použije šest data-bodů ležících na hraně uvedeného objektu, které jsou od sebe odsazeny přibližně o  $60^\circ$ . Každá sada tří po sobě jdoucích bodů se používá k definování jednoho kruhu. jednotlivé sady jsou tvořeny data-body {1,2,3}, {2,3,4}, {3,4,5}, {4,5,6}, {5,6,1} a {6,1,2}. kruhový model, jehož poloměr je nejbližší poloměru definovanému parametrem  $B\_lens\_dia$ , se použije jako model vnější hrany čočky.

U každého modelu, se výhodně data-body použité k definování kruhu nejprve prověří, aby se vyloučila možnost, že se některé body budou nacházet příliš blízko u sebe. To se může stát v případě, kdy čočka bude obsahovat trhlinu, která naruší  $360^\circ$  kontinuitu obrysu čočky. Uvedená sada potom bude obsahovat data-body, které budou příliš blízko u sebe, což může vést k získání chybného modelu a proto bude výhodné tyto data-body dále nepoužívat.

Každý pixel na obrysu objektu možné čočky se porovná s teoretickým modelem zastupujícím hranu čočky. Za použití vyhledávací tabulky s pravoúhlými a polárními souřadnicemi, se každý hranový pixel přeformuluje pomocí poloměru a úhlové odchylky. Pokud je hodnota poloměru jakéhokoliv pixelu menší než 90% poloměru kruhového modelu zastupujícího hranu čočky, potom je uvedený pixel považován za součást velké trhliny. Jednotlivé skupiny pixelů, které jsou považovány za součást společné trhliny se měří ve stupních. Pokud výchozí a konečný bod trhliny ukazuje, že uvedená trhlina je větší než parametr  $C\_badtear$ , potom je čočka považována za defektně fragmentovanou čočku a měla by být vyřazena. Obrázek 21 nastiňuje koncept postupu použitého ke stanovení rozsahu trhliny v uvedené čočce, který využívá radiální odchylky.

nastiňuje koncept postupu použitého ke stanovení rozsahu trhliny v uvedené čočce, který využívá radiální odchylky.

V případě, kdy není obrys čočky kontinuální, označí algoritmus výchozí a konečný bod trhliny, přičemž počáteční bod trhliny označí v místě, kde náhle změní směr sledování a začne se vracet, tento stav se označuje jako reverzní monitorování „doubling back“. Dále má sledování zpětný směr a sleduje vnitřní stranu obrysu čočky. Protože není možné z druhé strany čočky narazit na počáteční bod trhliny, lze se domnívat, že při detekování dalšího místa reverzního monitorování „doubling back“ se bude jednat o protilehlou stranu trhliny, která způsobuje diskontinuitu.

Tento způsob se používá při řešení problému, kterým je stanovení závažnosti trhliny v uvedené čočce, která má diskontinuální obrys. obrázek 22 graficky znázorňuje koncept postupu zahrnujícího tuto část algoritmu. V případě, že se uvnitř trhliny vyskytne diskontinuita, se rozsah trhliny nastaví tak, aby zahrnoval část čočky mezi výchozím bodem trhliny a diskontinuitou. To mnohem přesněji reprezentuje závažnost trhliny.

Pokud čočka nebyla vyřazena na základě toho, že by se její sledování dostalo mimo prostor zobrazovací paměti, nebo že by přesáhla maximální počet obrysových pixelů, popřípadě proto, že nesplnila podmínky elongačního testu nebo testu využívajícího opsaného rámečku, potom jí lze považovat za úplnou. Jak ukazuje obrázek 13, uvedená čočka sice nebyla v tomto okamžiku ještě klasifikována jako přijatelná, ale byla nalezena a posouzena jako přijatelná pro další kontrolu, tj. další zpracování kontrolního zobrazení. Krokem, který následuje je test určující decentraci.

přijatelná pro další kontrolu, tj. další zpracování kontrolního zobrazení. Krokem, který následuje je test určující decentraci.

### Decentrace

Čočka s decentrací, která umožňuje, aby byla šířka okrajové zóny rovna 0,270 mm nebo menší, může být považována za nepřijatelnou. Vzhledem k tomu, že během kontroly se uvedené čočky nacházejí v deionizované vodě namísto v solném roztoku, který deionizovanou vodu v uvedeném pouzdru následně nahradí, nedošlo ještě k úplné expanzi čočky do její konečné velikosti. Pro první přiblížení, lze okrajovou zónu považovat za část isotropního média. Tento předpoklad lze učinit na základě zjištění, že čočka, pokud se deionizovaná voda v pouzdře nahradí solným roztokem expanduje v radiálním směru, tj. zvětšení šířky prstencového okraj je shodné se zvětšením poloměru celé čočky.

Vztah mezi šířkou okrajové zóny čočky v konečném solném roztoku a šířkou této zóny v deionizované vodě za podmínek ustáleného stavu, lze vyjádřit následujícím způsobem:

$$PZ_k = PZ_v(1 + \xi) \quad (9)$$

kde:  $PZ_k$  znamená šířku okrajové zóny v konečném solném roztoku,

$PZ_v$  znamená šířku okrajové zóny v deionizované vodě za ustáleného stavu, a

$\xi$  znamená lineární expanzní faktor.

$\xi$  lze rovněž vyjádřit pomocí konečného průměru  $D_k$  čočky expandované v konečném solném roztoku a průměru  $D_v$  čočky, která se nachází v deionizované vodě a to v ustáleném stavu, následujícím způsobem:

$$\xi = \frac{D_k - D_v}{D_v} \quad (10)$$

Uvedená čočka může mít například konečný navržený průměr  $D_k$  14,200 mm a průměr čočky v ustáleném stavu v deionizované vodě  $D_v$  je 895 pixelů neboli 12,670 mm. Pomocí obecného vztahu (10) lze pro tuto čočku vypočítat lineární expanzní faktor,  $\xi$ , který se tedy rovná 0,12076. Pokud se tato hodnota pro  $\xi$  dosadí do rovnice (9), dospěje se k rovnici (11).

$$PZ_k = PZ_v(1,12076)$$

V případě, kdy byl uvedený systém 10 použit ke kontrole typu čočky, která měla vnější průměr 14,200 mm a zadní optická zóna čočky měla průměr 13,000 mm. Celková lineární vzdálenost, kterou spotřebuje okrajová zóna je rovna rozdílu těchto dvou hodnot, tj. 1,200 mm, a šířka okrajové zóny  $PZ_k$  čočky se rovná polovině této hodnoty neboli 600 mikrometrům. Přeuspořádáním rovnice (11) a nahrazením  $PZ_k$  600 mikrometry se získá následující rovnice (12) pomocí které lze vypočítat hodnotu  $PZ_v$ .

$$PZ_v = \frac{PZ_k}{1,12076} = \frac{600\mu}{1,12076} = 535 \mu\text{m} \quad (12)$$

Takže při použití první aproximace u šířky okrajové zóny, představoval odhad šířky  $PZ_v$  535 mikrometrů. Nicméně ve skutečnosti je šířka 580 mikrometrů. Takže model podcenil skutečnou šířku okrajové zóny přibližně o 8 procent. To mohlo být způsobeno například nelineární expanzí čočky v konečném roztoku nebo skutečností, že tvářecí formy, ve kterých byly uvedené čočky vyrobeny měli jiný cílový průměr optické zóny.

Výhodné provedení algoritmu použité u systému 10 vyřadí jakoukoliv čočku, která bude mít šířku okrajové zóny menší než 332  $\mu\text{m}$ . Parametr  $C\_minPZdist$  má hodnotu 332 a představuje minimální šířku okrajové zóny.

Ke stanovení decentrace čočky se provede porovnání vnější hrany čočky a rozhraní mezi okrajovou a středovou zónou. Dá se očekávat, že jak hrana tak rozhraní jsou kruhové a deviace na této hraně a na tomto rozhraní nemají vliv na konečné stanovení decentrace. K charakterizování vnější hrany čočky se použije kruhový model, který byl určen během procesu, jehož cílem bylo detekovat čočku. Potom se na tomto modelu vnější hrany čočky přibližně v místech 0, 180 a 270° extrahují tři data-body. Tyto data-body se použijí pro označení oblastí tří oken. Uvedená okna se nacházejí uvnitř modelu vnější hrany čočky a použijí se k nalezení rozhraní okrajové a středové zóny. Obrázek 23 ukazuje oblasti těchto tří oken.

Uvnitř každého z těchto oken je proveden velký jednorozměrný hranový operátor a obrázky 24 a 25 ukazují gradientní masky použité k zvýraznění vertikálních resp. horizontálních hran. Přesněji okna v místě 0 a 180 stupně použijí vertikální hranovou masku, viz obrázek 24, a okno v místě 270 stupně použije horizontální hranovou masku znázorněnou na obrázku 25.

Dále se provede měření síly hrany po celé délce okna. Pro okna v místě 0 a 180° platí, že každý sloupec má sílu hrany s ním sdruženou. Součet gradientních hodnot pro uvedený sloupec je dále zpracován a sloupce na obou stranách tohoto sloupce jsou kompilovány pro každý sloupec v uvedeném okně. Potom se všechny tyto hranové hodnoty projdou, aby se zjistilo, který sloupec má nejvyšší hodnotu síly. Obrázek 26 znázorňuje ukázkou zpracovaného okna a histogram výsledné hranové síly.

U oken v místě 0 a 180° je tento z uvedeného histogramu získaný pikový sloupec považován za sloupec definující rozhraní mezi okrajovou a středovou zónou. Střední řádků uvedeného okna představují odpovídající řádkové souřadnice, které definují na uvedeném rozhraní středové a okrajové zóny dva data-body. Rovnice (11) a (12) ukazují histogramovou kompilaci a analýzu ve formě rovnice.

$$\begin{aligned} \text{sloupcová síla hrany } [j] = & \Sigma(\text{gradientní hodnoty})_{j-1} + \\ & \Sigma(\text{gradientní hodnoty})_j + \\ & \Sigma(\text{gradientní hodnoty})_{j+1} \end{aligned} \quad (11)$$

kde:

$j$  = zpracovávaný sloupec

gradientní hodnota = výsledná úroveň šedi hranu  
zvýrazňujícího operátoru

sloupec rozhraní = maximální hodnota sloupcové  
síly hrany  $[j]$  pole pro všechny  
hodnoty  $j$  (12)

Z koncepčního hlediska je zpracování okna v místě 270 stupňů identická se zpracováním dalších dvou oken. Avšak pro okno v 270 stupních je sledovaná hrana namísto vertikální hrany hranou horizontální a proto jsou všechny operace v podstatě otočené o 90 stupňů. Rozměry okna jsou otočeny, použije se horizontální hranová maska, kompiluje se řádkový histogram hranové síly a výsledkem je řádková hodnota rozhraní okrajové a středové zóny. Sloupcový střed okna představuje odpovídající sloupcovou souřadnici, která definuje data-bod na rozhraní okrajové a středové zóny. Rovnice (13) a (14) ukazují tuto analýzu v rovnicové formě.

$$\begin{aligned} \text{řádková síla hrany } [i] &= \Sigma(\text{gradientní-hodnoty})_{i-1} + \\ &\Sigma(\text{gradientní hodnoty})_i + \\ &\Sigma(\text{gradientní hodnoty})_{i+1} \end{aligned} \quad (11)$$

kde:

$i$  = zpracovávaný řádek

gradientní hodnota = výsledná úroveň šedi hranu  
zvýrazňujícího operátoru

řádek rozhraní = maximální hodnota řádkové  
síly hrany [i] pole pro všechny  
hodnoty i (12)

Pomocí těchto tří data-bodů definujících rozmezí okrajové a středové zóny se vypočte kruhový model rozhraní.

Úhel osy minimální a maximální decentrace se vypočte z posunu středu vnější hrany modelu a středu modelu rozhraní středové a okrajové zóny. Tento vztah je vyjádřen rovnicí (15).

$$\text{úhel decentrační osy} = \arctan\left(\frac{(\text{řádek středu})_{\text{čočky}} - (\text{řádek středu})_{\text{OZ/SZ}}}{((\text{sloupec středu})_{\text{OZ/SZ}} - (\text{sloupec středu})_{\text{čočky}})}\right) \quad (15)$$

Potom, co je stanoven tento úhel, se vypočtou sloupce a řádky bodů na modelu rozhraní okrajové a středové zóny (OZ/SZ) a na modelu vnější hranové čočky pro tento úhel. Dále se vypočte vzdálenosti od uvedených dvou bodů k modelu vnější hrany čočky. Rozdíl těchto dvou vzdáleností představuje minimální decentrační hodnotu. Pokud bude hodnota menší než minimální přijatelná vzdálenost specifikovaná parametrem „C\_minPZdist“, potom by měla být uvedené čočka na základě stanovené decentrace vyřazena. Obrázek 27 geometricky vyjadřuje decentrační výpočet.

Vzhledem k tomu, že jsou oblasti těchto opěrných žeber téměř souhlasné, vymezení výhodný průzkumový program opěrná žebra tak, že se bude moci použít pouze relativně malé průzkumové pole. Celé zobrazení může v podstatě obsahovat 1 048 576 pixelů, zatímco klasická průzkumová plocha pro první opěrné vertikální žebro může obsahovat přibližně 3 000 pixelů.

Výhodné provedení průzkumového programu nalezne první opěrné vertikální žebro tak, že provede průzkum ve značně velké oblasti, v níž se očekává přítomnost opěrného vertikálního žebra. Obrázek 29 znázorňuje například průzkumovou oblast, kterou lze použít pro vyhledávání prvního opěrného vertikálního žebra. Po nalezení prvního opěrného vertikálního žebra se poloha tohoto žebra použije jako pomocný prostředek pro nalezení dalších opěrných vertikálních žeber. Pro nalezení dalších opěrných vertikálních žeber potom mohou být použity v podstatě menší ale přesněji umístěné průzkumové oblasti než v případě lokalizování prvního opěrného žebra. Průzkumové oblasti pro druhé, třetí a čtvrté opěrné vertikální žebro mohou zahrnovat pouze 400 pixelů. Obrázek 30 ukazuje příklad takové průzkumové oblasti, která může být použita k lokalizaci ploch opěrných vertikálních žeber.

Přesněji, výhodný způsob zpracování opěrných vertikálních žeber začíná prozkoumáním relativně velké obdélníkové oblasti s cílem lokalizovat levé, horizontální opěrné žebro. Řádek a sloupek označující body, které definují umístění průzkumové oblasti, jsou specifikovány parametry „C\_r\_tickofst“ resp. C\_c\_tickofst“. Velký počet rovnoměrně odsazených sloupcových průzkumových vektorů je veden přes celou průzkumovou oblast. Průzkumové vektory jsou vedeny ze shora dolů dokud hodnota jednorozměrného gradientu naznačí přítomnost hrany opěrného

žebra. Uvedený gradient lze vypočítat na základě následující obecné rovnice (16).

$$\text{průzkumový gradient opěrného žebra} = \text{abs}(P_{i-1,j} - P_{i,j}) \quad (16)$$

Hodnota gradientu se porovná prahovou hodnotou danou parametrem „C\_tickhthr“. Pokud je během průzkumu vedeného podél určitého průzkumového vektoru vypočtená hodnota gradientu větší nebo rovna prahové hodnotě, potom tento vektor narazil na hranu opěrného žebra. Pokud je nalezena horní hrana opěrného žebra, potom se dále průzkum povede po stejném sloupcovém průzkumovém vektoru, ale od spoda nahoru, za účelem lokalizování spodní hrany opěrného žebra. Tento postup lze použít u všech uvedených vektorů v uvedené průzkumové oblasti, přičemž obrázek 31 například ukazuje průzkumové vektory průzkumové oblasti, které lze použít k lokalizování levého horizontálního opěrného žebra.

Hranová informace týkající se hrany opěrného žebra, získaná při výše popsaném průzkumu od všech průzkumových vektorů v oblasti opěrného žebra je následně analyzována za účelem získání řádkového těžiště opěrného žebra. Průzkumové vektory, které detekovaly hrany objektu, který je buď příliš široký nebo příliš úzký, než aby se mohlo jednat o opěrné žebro, jsou výhodně odloženy. Ty průzkumové vektory, které nenalezly žádný objekt, jsou vyřazeny rovněž. Potom se zbývající vektory projdou s cílem nalézt nejdelší segment po sobě jdoucích vektorů, které identifikují potenciální objekt opěrného žebra, a tento nejdelší objekt je považován za opěrné žebro. Tento postup je navržen tak, aby rozlišil opěrná žebra od menších objektů označených jako šum, a od defektů čočky, na které lze uvnitř průzkumové oblasti narazit. Řádkové těžiště se následně vypočte z hran

oblasti narazit. Řádkové těžiště se následně vypočte z hran nejdelšího segmentu identifikovaného pomocí průzkumových vektorů, přičemž obrázek 31 rovněž znázorňuje tento postup využívající průzkumové vektory a vztah průzkumových vektorů ke stanovení řádkového těžiště.

Dalším krokem je identifikování sloupcových hran opěrného žebra. Tato identifikace se provede tak, že se podél již určeného řádkového těžiště opěrného žebra vedou dva průzkumové vektory. Tyto dva vektory jsou vedeny směrem ven od středového sloupce vypočteného jako průměr sloupců nejdelšího identifikovaného segmentu. Jeden z těchto vektorů směřuje nalevo a jeho cílem je nalézt levou hranu uvedeného opěrného žebra a druhý vektor směřuje napravo s cílem nalézt pravou hranu uvedeného opěrného žebra. K identifikaci sloupcových hran opěrných žebor se výhodně použije způsob, který tuto hranu identifikuje na základě prahové hodnoty úrovně šedi, vzhledem k tomu, že defekty, které by mohly být nalezeny v opěrných žebrech, by mohly přinést chybnou gradientní informaci. Kromě toho, se efekty v opěrném žeboru jeví tmavší než zbývající plocha opěrných žebor. Z tohoto důvodu, průzkum používající prahovou

jako posuvná transformace („offset transformation“). Tato transformace v podstatě zvyšuje úroveň šedi opěrného žebra řádek po řádku na úroveň, která umožní smísení této oblasti opěrného žebra se sousední oblastí. Tento postup zachovává informace týkající se defektu a později lze tedy provést za použití stejného algoritmu, který se použije i pro všechny další oblasti středové zóny, v transformované oblasti analýzu zaměřenou na vyhledávání defektů.

Přesněji řečeno, u tohoto postupu se zprůměrují úrovně šedi dvou ploch v blízkosti zóny opěrného žebra. Těmito dvěma plochami mohou být plochy použité při stanovování těžiště opěrného žebra, jak ukazuje například obrázek 32. Potom se vypočte rozdíl,  $\Delta_{\text{řádek}}$ , mezi průměrnou hodnotou úrovně šedi oblastí vně zóny opěrného žebra a každým řádkem zóny opěrného žebra. Potom se k hodnotě intenzity šedi každého řádku uvedené zóny opěrného žebra tato hodnota,  $\Delta_{\text{řádek}}$ , přičte. Výsledek této posuvné transformace použité k zpracování zóny opěrného žebra zahrnující defekt je znázorněn na obrázku 34. Jak ukazuje tento obrázek, zobrazení dírkového defektu bylo na zobrazení čočky zachováno, ale samotná zóna opěrného žebra se sloučila se sousední oblastí zobrazení obklopujícího tuto zónu opěrného žebra. Díky tomuto transformačnímu procesu, lze nyní zónu opěrného žebra kontrolovat jako součást středové zóny (SZ) pomocí kontrolního algoritmu SZ.

Zónu opěrného žebra lze zpracovat nejen pomocí lineární posuvné transformace, ale k tomuto zpracování lze rovněž použít způsob, u kterého se před použitím výše uvedené transformace uvnitř zóny opěrného žebra zvýší amplituda signálu pixelů. To může zvýšit schopnost kontrolního algoritmu detekovat defekty uvnitř zóny opěrného žebra. Vynásobením zóny opěrného žebra určitým faktorem zvýšení před stanovením posuvné hodnoty  $\Delta_{\text{řádek}}$  by mělo zvýšit gradient defektního objektu uvnitř zóny opěrného žebra. Nicméně toto vynásobení může na druhé straně působit i nežádoucím způsobem, které bude spočívat v tom, že vyzdvihne šum v zóně opěrného žebra.

Po nalezení těžiště řádků a těžiště sloupců se provede transformace na „opěrném žebře“. Transformace se omezuje na

malou obdélníkovou oblast, která zahrnuje uvedené „opěrné žebro“ a jejím středem je těžiště tohoto opěrného žebra. Výška (kratší rozměr) a šířka (delší rozměr) průzkumové ohraničené oblasti je specifikován parametry „C\_tickhgt“ resp. „C\_tickwid“.

Zbývající tři opěrná žebra lze lokalizovat a zpracovat shodným způsobem. Průzkumové oblasti pro tyto tři opěrná žebra jsou výhodně poněkud menší než průzkumová oblast použitá k lokalizaci prvního opěrného žebra, vzhledem k tomu, že počáteční oblasti pro tyto další tři opěrná žebra jsou odvozené od těžiště levého horizontálního opěrného žebra. U průzkumu, jehož cílem je lokalizovat vertikální opěrná žebra se operace vzhledem k tomu, že delší rozměr opěrného žebra je v řádkovém směru namísto ve sloupcovém, otočí o 90°. Obrázek 30 například ukazuje průzkumové oblasti, které lze použít k nalezení dalších tří opěrných žebor.

Stejně jako u levého horizontálního opěrného žebra, již zmíněná transformace hodnot úrovně šedi opěrného žebra nedetekuje defekty. Opěrná žebra jsou předběžně zpracována do formy, ve které mohou pomocí vhodného algoritmu analyzovány jakou součást středové zóny. U tohoto způsobu nebudou samotná opěrná žebra považována za defekt, ale skutečné defekty, které leží na těchto opěrných žebrech budou detekovány.

#### Díry a škrábance ve středové zóně

Díry a škrábance v kontaktních čočkách se zpravidla jeví jako tmavé skvrny ve středových zónách zobrazení těchto kontaktních čoček. Takové znaky lze rozlišit od bílého pozadí

pomocí gradientních průzkumových algoritmů. Nicméně gradientní průzkum, jehož cílem je definování objektů ve středové zóně by trval velmi dlouho, vzhledem k tomu, že kontrola celého zobrazení, které obsahuje 1 048 576 pixelů, by si vyžádalo přibližně 20 milionů operací.

Za středovou zónu čočky se považují všechny části čočky směrem dovnitř od okrajové zóny, a obrázek 35 ukazuje umístění této oblasti. skutečná hranice této oblasti je výhodně definována modelem rozhraní okrajové a středové zóny, který byl odvozen při výpočtu decentrace.

Jako prostředek pro detekování defektů se použije modifikovaná verze „blobs“-analýzy. Podobně jako analýza okrajové zóny, která bude popsán později, používá analýza středové zóny detekční způsob („eight connectivity analysis“), který na základě sledování osmi prvků bezprostředně sousedících se sledovaným prvkem určí další spojitosti prvků za účelem segmentace objektů. Avšak mezi použitím „blobs“-analýzy ve středové a okrajové zóně existují dva důležité rozdíly. Při analýze středové zóny lze na základě hodnoty gradientu přesně odlišit objekty ležící v popředí od objektů v pozadí. Tato hodnota je definována obecnou rovnicí (17).

$$\text{gradient} = \text{abs}(P_{i,j-1} - P_{i,j+1}) + \text{abs}(P_{i-1,j} - P_{i+1,j}) \quad (17)$$

Pokud bude hodnota gradientu pixelu větší nebo rovna prahové hodnotě specifikované parametrem „C\_czbinthr“, potom se nalezený objekt považuje za objekt ležící v popředí.

Druhým rozdílem je to, že se při použití „blobs“-analýzy ve středové zóně je „blobs“ uvedená oblast zpracuje pomocí tak

zvané pseudo podsouborově analyzované technologie („pseudo subsampled technique“). Výše uvedená „blobs“-analýza hledající spojitost pixelu používá pouze pixely ležící v každém druhém řádku a každém druhém sloupci. Avšak pro účely výpočtu gradientu jsou zpracovány skutečné bezprostředně sousedící pixely. Obrázek 36 názorně ukazuje sousedící pixely použité pro účely podsouborové analýzy („subsampling“) a pixelové sousedy použité pro účely gradientních výpočtů.

Potom, co se projde celé zobrazení, se vypočtou velikosti nalezených objektů. Ty objekty, které přesahují svou velikostí velikost objektu specifikovanou parametrem „C\_czminblob“ se považují za dostatečně závažné pro vyřazení uvedené čočky. Pokud byl nalezen jeden nebo více takových objektů potom je čočka vyřazena a další její zpracování je zastaveno.

Při použití podsouborové analyzační technologie („subsampling technique“) lze shodnou plochu zpracovat pomocí menšího počtu operací. Obrázek 36 ukazuje základní schéma pixelového podsouborového analyzačního vzoru („subsampling pattern“), jenž byl zvolen za účelem snížení počtu potřebných výpočtů pod 1 310 720. Vizualně se průzkumové schéma jeví jako modifikovaný šachovnicový vzor. Každý druhý řádek a každý druhý sloupec se při analyzování sledovaného bodu přeskočí.

V případě každého pixelu zpracovaného podsouborovou analýzou, se okolní pixely analyzují pomocí dvousměrné gradientní operace, která je vyjádřena rovnicí (18), aby se určilo, zda se v blízkosti sledovaného pixelu objevují velké gradienty.

$$G = (\text{abs}(P_{i,j+1} - P_{i,j}) + \text{abs}(P_{i-1,j} - P_{i+1,j})) \quad (18)$$

Pokud je gradient větší než parametr C-czbinthr, potom je tento pixel umístěn do specifikované části paměti procesoru označené jako „přední sekce“ („foreground“). Jakmile k tomu dojde, je uvedený pixel testován pomocí „blobs“-analýzy, za účelem určení objektu v popředí, jehož součástí je testovaný objekt, tj. tato analýza určuje, zda existují v blízkosti nějaké objekty, jejichž by byl uvedený pixel součástí. Pokud se ukáže, že sledovaný pixel není součástí žádného z existujících objektů, znamená to identifikování nového objektu. Avšak pokud sledovaný pixel spadá do některého existujícího objektu, potom je velikost uvedeného objektu porovnána s prahovou hodnotou specifikovanou pro velikost objektu. Pokud přidáním nejnovějšího sledovaného pixelu k objektu existujícímu v popředí tento objekt překročí uvedenou prahovou hodnotu „C\_czminblob“, potom je tento objekt považován za natolik velký, aby byl důvodem pro vyřazení čočky.

Takže nemusí být nezbytné vyhodnotit celé zobrazení středové oblasti. Pokud se zjistí, že nalezený objekt překračuje uvedenou prahovou hodnotu, „C\_czminblob“, potom se další zpracování čočky zastaví.

Jakýkoliv objekt, na který se narazí při podsouborovém analyzování středové zóny, je v případě, že je dostatečně veliký, detekován jako defekt. Prahovou hodnotu „C\_czminblob“ může například představovat plocha obsahující 25 pixelů. Protože je tato hodnota vyjádřena v jednotkách pixelů podsouborové analýzy, jedná se ve skutečnosti o plochu objektu obsahující 9x9, neboli 81 pixelů. U jednoho provedení systému 10, představuje devět pixelů délku 127 mikrometrů, takže 5 pixelů pokrývá 71 mikrometrů. Z tohoto důvodu, je u tohoto postupu nejdelším možným přijatelným defektem středové zóny defekt pokrývající

plochu  $9 \times 2 = 18$  pixelů a mající maximální rozměr 127 mikrometrů. Avšak vzhledem k tomu, že je druhý pixel překryt a skutečnosti, že gradientní výpočet ve skutečnosti rozšíří šířku objektu, jsou menší defekty pomocí uvedeného výhodného algoritmu snadno detekovány.

Dokonale kulaté objekty například vypadají jako objekty v popředí, které jsou větší než skutečné objekty. V praxi je například defekt s průměrem 0,080 milimetrů nakalibračním standardním defektu detekován ve uvedeném algoritmem v podstatě ve shodném měřítku. Vzhledem k tomu, že 80 mikrometrů nedosahuje skutečných 6 pixelů, jeví se tento defekt, který byl nalezen pomocí gradientních výpočtů pixelů podsouborové analýzy, jako objekt v popředí s rozpětím 9 skutečných pixelů. Na základě zjištění, že defekt přesahuje `C_czminblob` parametr, algoritmus uvedenou čočku vyřadí. To znamená, že nastaveným minimálním vyřaditelným středovým defektem je 80 mikrometrový defekt, pokud je parametr `C_czminblob` roven 5 pixelům plochy předního prostoru. Pokud by byl parametr `C_czminblob` nastaven na 16 pixelů, potom by se tato velikost minimálního vyřaditelného středového defektu se zmenšila na 45 mikronů. Nicméně bylo zjištěno, že při nastavení parametru `C_czminblob` na 25 lze dosáhnout vynikajících výsledků.

### Vtlačení

Vtlačení, která představují kosmetické defekty, jsou lehkými prohlubněmi v povrchu uvedené čočky, přičemž obrázek 37 ukazuje průřez typickým vtlačěním. Tyto prohlubně zasahují pouze jeden povrch čočky na rozdíl od dalšího defektu známého

jako díra, který prochází celou čočkou. Vzhledem k tomu, že pokles je velmi pozvolný, je zpravidla velmi obtížné spatřit tato vtlačení při použití osvětlovacího systému využívajícího bílého světla. Fázové kontrastní systémy, jako například Schlierenův systém, mají tendenci zvýrazňovat hrany uvedených vtlačení lépe. V bílém světle, jaké používá systém 10, jsou zpravidla viditelné pouze nejhlubší a nejzávažnější vtlačení. U fázového kontrastního systému, jsou rozlišitelné dokonce odchylky indexu lomu způsobené teplem prstů. Výsledkem této hyper-senzitivity fázového kontrastního systému je to, že tento systém zvýrazňuje i méně závažné kosmetické defekty a zobrazuje je tak, že mohou být příčinou zbytečného vyřazení čoček. Při použití fázového kontrastního systému se velmi mělká vtlačení vypadají stejně závažně jako hlubší defekty.

Vtlačení se objevují převážně na vnější části uvedených čoček a jsou výsledkem sotva patrných variací v SSM procesu. Čočková vtlačení vznikají během tvářecího procesu. Některá vtlačení mohou zmizet nebo se mohou stát prakticky neviditelné jakmile je čočka hydratována, v tomto případě se dá říci, že je uvedené vtlačení hydratací odstraněno. Ve skutečnosti v podstatě dochází k tomu, že hydratační proces vyhladí hrany v podstatě neviditelného vtlačení do neviditelné povrchové nepravidelnosti.

Výhodné provedení algoritmu provádí kontrolu, jehož cílem je vyhledávat vtlačení, ve dvou oblastech, středové zóně, SZ, a okrajové zóně, OZ. Přístupy k nalezení vtlačení v těchto dvou rozdílných oblastech se od sebe liší co se týče vzhledu vtlačení v těchto oblastech. Ve středové zóně, se vtlačení jeví jako tmavé čáry na bílém pozadí, zatímco v okrajové zóně jsou vtlačení částečně zastíněny obrazovým šumem a vypadá to jako by měly bílou aureolu.

částečně zastíněny obrazovým šumem a vypadá to jako by měly bílou aureolu.

#### Vtlačení ve středové zóně

Jakékoliv vtlačení, které je natolik závažné, že způsobí tmavou čáru ve středové zóně, je důvodem pro vyřazení stejně jako jakékoliv jiné znaky. Výhodně algoritmus nerozlišuje mezi jednotlivými defekty. Není důležité, který středový defekt způsobí, že zobrazovací procesor čočku označí jako čočku defektní. čistá čočka projde a čočka s vtlačením nebo jakýmkoliv dalším typem defektu ve středové zóně bude označena jako defektní a následně bude kontrolním systémem vyřazena.

Vtlačení, která zasahují do středové zóny jsou zpravidla velmi velká. Kromě toho, taková vtlačení zpravidla protínají rozhraní mezi středovou a okrajovou zónou. Vtlačení, která protínají toto rozhraní se hůře detekují v oblasti okrajové zóny než v oblasti zóny středové. Méně závažná vtlačení, která jsou mělká a mají slabší linie, jsou viditelnější ve středové zóně než v zóně okrajové.

#### Vtlačení v okrajové zóně

Prstencovou zónou se rozumí oblast prstencového tvaru ohraničená vnější hranou uvedené čočky a rozhraním mezi okrajovou a středovou zónou uvedené čočky, viz obrázek 38. Vtlačení v okrajové zóně nespádají do normální definice

středových defektů čočky. Nicméně výhodně je kontrolní algoritmus schopen nalézt i vtlačení v okrajové zóně.

Uvedená okrajová zóna má některé specifické znaky související s tím, že je zpracována odděleně od středové zóny. Úroveň šedi uvedené okrajové zóny je podstatně nižší než úroveň šedi středové zóny, což je příčinou vysokých hodnot gradientů při průchodu z jedné zóny do druhé. Tyto rezultující gradientní hodnoty mohou být snadno zaměněny s defekty, neboli pokud by byl test prahové hodnoty použit jako prostředek kompenzace, mohl by snižovat detekční senzitivitu uvedeného kontrolního způsobu. Nižší úroveň šedi v okrajové zóně a struktura, která tuto nižší úroveň šedi doprovází, způsobují, že defekty jsou méně znatelné. Rovněž proto, že rozhraní okrajové zóny je nerovné a nepravidelně tvarované a v uvnitř její prstencové plochy jsou obsaženy gradientní hodnoty, je mnoho těchto šumových znaků podobných defektům. Konečně okrajová zóna je oblast ve které se zpravidla nacházejí vtlačení. Jak již bylo dříve uvedeno, vtlačení jsou charakteristická pozvolným sklonem a svými téměř neznatelnými hranami, které mohou být paralelní nebo kolmé ke křivce vnější hrany čočky.

Jako prostředek segmentování objektů v popředí od objektů v pozadí se použije modifikovaná verze „blobs“-analýzy. Pokud objekty v popředí splňují určitá velikostní kritéria a kritéria týkající se světelné intenzity, potom jsou považovány za defekty. Kritérium týkající se intenzity, která se používají k zjištění toho, zda jednotlivé pixely leží v popředí nebo v pozadí, je specifikováno parametrem „C\_pzanthr“. Velikostní kritérium je specifikováno parametrem „C-pzminblob“.

Blobs-analýza učiní průchod jedním řádkem přes uvedené zobrazení za účelem určení spojitosti každého nového pixelu s již existujícími objekty a přiřadí jedinečné označení všem nově nalezeným objektům. Spojový seznam uchovává stopu všech nalezených objektů v zobrazení a aktualizuje je v případě, že objekty, které byly původně označeny jako samostatné se později v uvedeném zobrazení spojí. Spojitost se výhodně realizuje tak, že pokud je sledovaný pixel považován za pixel v popředí a jakýkoliv z jeho bezprostředních sousedů je součástí určitého objektu, potom je i tento sledovaný pixel přiřazen k uvedenému objektu. Jinými slovy, základem „blobs“ segmentační analýzy je analýza „eight connectivity“.

Každý pixel v oblasti okrajové prstencové zóny se bere v úvahu při implikaci do zobrazovacího popředí v široce modifikované „blob“-analýze. Všechny pixely v popředí jsou klasifikovány jako součást objektů, které pokud přesahují určitá velikostní omezení, mohou být příčinou vyřazení uvedené čočky.

Tradiční blob-analýza vyžaduje binární zobrazení, ve kterém má každý pixel hodnotu nula nebo jedna, tj. popředí nebo pozadí. U výhodného algoritmu použitého v systému 10, je vlastností rozlišující pixel v popředí od pixelu v pozadí je skalární součin pixelového vektoru pixelové gradientní hodnoty a směrového tangenciálního vektoru. Pokud je výsledný skalární součin větší než  $C_{pztanhr}$ , potom se uvedený pixel považuje za část popředí.

Blobs analýza se zpravidla používá u binárního zobrazení, ve kterém je segmentace založena na hodnotách pixelu 1 nebo 0. Použitím blob-analýzy u okrajové zóny je jedinečné v tom, že vlastností pixelu použitou pro rozlišení objektů v popředí od

vlastností pixelu použitou pro rozlišení objektů v popředí od pozadí je vektorový skalární součin vektoru pixelové gradientní hodnoty a směrového tangenciálního vektoru. Vektor gradientní hodnoty pixelu je tvořen horizontální a vertikální gradientní složkou. Tangenciální směrový vektor pixelu zahrnuje určité váhy, které se zakládají na horizontálních a vertikálních složkách směrového vektoru tangenciálního k vnější hraně uvedené čočky. Bod na vnější hraně, kterým prochází uvedený směrový Tangenciální vektor, je definován průsečíkem vnější hrany čočky a přímkou procházející středem uvedené čočky a sledovaným pixelém. Obrázek 39 názorně ukazuje vztah obou vektorů.

Obecně se dá říct, že pokud je směr gradientního vektoru  $G(f(x,y))$  paralelní s tangenciálním vektorem na vnější hraně čočky, potom bude výsledný skalární součin veliký. K této skutečnosti dochází pokud, je hrana vtlačení uvnitř uvedené okrajové zóny paralelní s vnější hranou čočky.

Uvedený skalární součin mezi gradientním vektorem a tangenciálním vektorem na vnější hraně čočky je definován následujícím vztahem (19).

$$\text{Skalární součin} = T \cdot G = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_x \\ G_z \end{bmatrix} \quad (19)$$

~~Tangenciální směrový vektor a vektor gradientní hodnoty~~ pixelu se vypočtou způsobem označeným jako „letní“ pro každý pixel nalezený v oblasti okrajové zóny. Tangenciální směrový vektor a jeho složky jsou definovány obecnými vztahy (20) a (21).

horizontální  $\tan = (\text{řádek}_{\text{POI}} - \text{řádek}_{\text{čočka}}) \cdot \text{měřítko} / \text{poloměr}_{\text{POI}}$

kde indexy:

$\tan$  = složka tangenciálního směrového vektoru

POI = souřadnice definující polohu sledovaného pixelu

čočka = souřadnice definující střed uvedené čočky a

měřítka je specifikováno parametrem „C\_pzscale“.

vertikální  $\tan = (\text{sloupec}_{\text{čočka}} - \text{sloupec}_{\text{POI}}) \cdot \text{měřítko} / \text{poloměr}_{\text{POI}}$  (21)

kde dolní indexy

$\tan$  = složka tangenciálního směrového vektoru

POI = souřadnice označující polohu sledovaného pixelu

čočka = souřadnice označující střed uvedené čočky a

měřítka je specifikováno parametrem „C\_pzscale“.

Jak je patrné z výše uvedených vztahů (20) a (21), ke zvýšení dochází u těch gradientů, které jsou paralelní s tangenciálním vektorem. Zvětšení je největší pro ty hrany, které jsou přesně paralelní s tangenciálním vektorem čím je gradient kolmější k tangenciálnímu vektoru, tím je zvětšení menší.

Vzhledem k tomu, že ve skutečnosti je žádoucí zvětšit jak gradienty, které jsou spíše kolmé na tangenciální vektor, tak gradienty, které jsou spíše paralelní s tangenciálním vektorem, provede se kontrola, kterému případu je uvedený gradient nejbližší a provede se nastavení potencionálních výsledků (20) a

(21). Za účelem stanovení toho, zda je uvedený gradient spíše paralelní než kolmý, se provede srovnání mezi dominantní složkou tangenciálního směrového vektoru a dominantní složkou vektoru gradientní hodnoty. Pokud se dominantní složka vektoru gradientní hodnoty liší od dominantní složky tangenciálního směrového vektoru, potom je uvedený gradient spíše kolmý než paralelní. Například, pokud vertikální složka vektoru gradientní hodnoty větší než jeho horizontální složka a horizontální složka tangenciálního směrového vektoru je větší než jeho vertikální složka, potom je gradient spíše kolmý než paralelní. Vztah (22) ukazuje nastavení, které se provede v tomto případě.

Pokud je gradient spíše kolmý než paralelní k tangenciálnímu vektoru,

přesunované tangenciální vektorové složky

$$\begin{aligned}
 \text{dočasný výsledek} &= \text{horizontální}_{\tan} \\
 \text{horizontální}_{\tan} &= \text{vertikální}_{\tan} \\
 \text{vertikální}_{\tan} &= \text{dočasné výsledky} \qquad (22)
 \end{aligned}$$

Vztahy (23) a (24) uvádějí maximální váhu těch gradientů, které jsou exaktně paralelní nebo kolmé k tangenciálnímu vektoru. Váhy se zmenšují až dosáhnou minima pro gradient svírající s tangenciálním vektorem  $\pm 45^\circ$ . Výsledný tangenciální směrový vektor je dán vztahem (23).

$$\text{tangenciální směrový vektor} = \begin{matrix} \text{horizontální}_{\text{tan}} \\ \text{vertikální}_{\text{tan}} \end{matrix} \quad (23)$$

vektor gradientní hodnoty pixelu a jeho složky jsou dány obecnými vztahy (24) až (26).

$$\text{horizontální}_{\text{gh}} = \text{abs}(P_{i-1,j,j+1} + 2 \cdot P_{i-1,j} + P_{i-1,j-1} - (P_{i+1,j,j+1} + 2 \cdot P_{i+1,j} + P_{i+1,j-1})) \quad (24)$$

kde

$\text{horizontální}_{\text{gh}}$  = horizontální složka vektoru gradientní hodnoty

$$\text{vertikální}_{\text{gh}} = \text{abs}(P_{i-1,j+1} + 2 \cdot P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1} - (P_{i-1,j-1} + 2 \cdot P_{i,j-1} + P_{i+1,j-1}))$$

kde

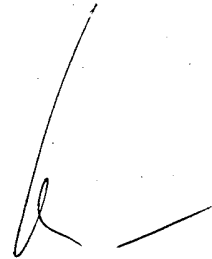
$\text{vertikální}_{\text{gh}}$  = vertikální složka vektoru gradientní hodnoty.

$$\text{vektor gradientní hodnoty} = \begin{matrix} \text{horizontální}_{\text{gh}} \\ \text{vertikální}_{\text{gh}} \end{matrix} \quad (26)$$

Výsledný skalární součin vektorů je dán vztahem (27).

skalární součin vektorů = vektor gradientní hodnoty •  
tangenciální směrový vektor

$$\begin{aligned} & \text{horizontální}_{gh} \quad \text{horizontální}_{tan} \\ = & \quad \bullet \\ & \text{vertikální}_{gh} \quad \text{vertikální}_{tan} \\ = & (\text{horizontální}_{gh} * \text{horizontální}_{tan}) + \\ & (\text{vertikální}_{gh} * \text{vertikální}_{tan}) \quad (27) \end{aligned}$$



## PATENTOVÉ NÁROKY

2. Systém podle nároku 1, v y z n a č e n ý t í m , že uvedená sestava čoček zahrnuje dubletovou čočku a rozptylku umístěnou v řadě mezi uvedeným světelným zdrojem a uvedenou kontrolní polohou.
3. Systém podle nároku 2, v y z n a č e n ý t í m , že uvedená dubletová čočka má první ohniště v uvedeném difuzéru a druhé ohniště před uvedenou zobrazovací rovinou.
4. Systém podle nároku 3, v y z n a č e n ý t í m , že uvedené optické čočky jsou v pouzdrech , která mají optickou mohutnost, a uvedená rozptylka kompenzuje tuto optickou mohutnost uvedených pouzder.
- A. Způsob kontroly očních čoček, v y z n a č e n ý t í m , že zahrnuje:
- dopravu uvedených čoček do uvedené kontrolní polohy;
  - generování světelného paprsku;
  - obecné nasměrování uvedeného světelného paprsku prvním směrem a skrze uvedené čočky uspořádané v uvedené kontrolní poloze;
  - zaostření části světelného paprsku procházejícího uvedenými čočkami na zobrazovací rovinu za vzniku zobrazení uvedených čoček na uvedené rovině;
  - zaostření části světelného paprsku do ohniska před uvedenou zobrazovací rovinou za vzniku difuzního zadního vzoru na uvedené zobrazovací rovině;

generování souboru signálů reprezentujících zobrazení  
čočky promítnuté na uvedené zobrazovací rovině;

zpracování uvedených signálů podle předem stanoveného  
programu s cílem identifikovat alespoň jednu podmínku každé z  
uvedených čoček.

28 Způsob podle nároku 5, v y z n a č e n ý t í m , že  
uvedené čočky jsou umístěny v pouzdrech majících optickou  
mohutnost a tím, že uvedené zaostření části světelného paprsku  
na zobrazovací rovinu zahrnuje umístění rozptylky pod uvedenou  
kontrolní polohu za účelem kompenzování optické mohutnosti  
uvedených pouzder a zaostření části světelného paprsku do  
ohniska před uvedenou zobrazovací rovinu zahrnuje umístění  
dubletové čočky pod uvedenou rozptylku.

7. Způsob podle nároku 6, v y z n a č e n ý t í m , že  
uvedené vedení světelného paprsku v prvním směru zahrnuje  
rozpylování uvedeného světelného paprsku, které poskytuje v  
rovině kolmé k uvedenému prvnímu směru světelný paprsek s v  
podstatě shodnou intenzitou.

8. Způsob podle nároku 6, v y z n a č e n ý t í m , že  
uvedené rozptýlení světelného paprsku zahrnuje umístění  
~~difuzéru do dráhy uvedeného světelného paprsku a uvedené~~  
umístění dubletové čočky zahrnuje umístění dubletové čočky tak,  
aby se její ohnisko nacházelo na uvedeném difuzéru.

ohniska před uvedenou ~~zobrazovací~~ rovinu zahrnuje umístění 02  
dubletové čočky pod uvedenou rozptylku.

3. Způsob podle nároku 2, v y z n a č e n ý t í m , že  
uvedené vedení světelného paprsku v prvním směru zahrnuje:  
rozpylování uvedeného světelného paprsku, které poskytuje v  
rovině kolmé k uvedenému prvnímu směru světelný paprsek s v  
podstatě shodnou intenzitou.

4. Způsob podle nároku 2, v y z n a č e n ý t í m , že  
uvedené rozptýlení světelného paprsku zahrnuje umístění  
matnice do dráhy uvedeného světelného paprsku a uvedené  
umístění dubletové čočky zahrnuje umístění dubletové čočky tak,  
aby se její ohnisko nacházelo na uvedené matnici.

5. Zařízení k provádění způsobu podle některého z  
předcházejících nároků, v y z n a č e n é t í m , že zahrnuje:

dopravní subsystém (12) pro dopravu čoček (74) do  
kontrolní polohy (72);

osvětlovací subsystém (14) pro generování světelného  
paprsku (92) a vedoucí tohoto světelného paprsku (92) skrze  
uvedené čočky (74) , které se nacházejí v kontrolní poloze (72);

zobrazovací subsystém (16) pro generování souboru  
signálů reprezentujících vybrané části světelného paprsku (92)  
procházejícího uvedenými čočkami (74); a

obraz zpracující subsystém (20), pro přijímání uvedených  
signálů z výše uvedeného zobrazovacího subsystému (16) a  
zpracovává je podle předem stanoveného programu s cílem

identifikovat alespoň jednu detekční podmínku jednotlivých čoček; přičemž uvedený osvětlovací subsystém (14) zahrnuje:

i) světelný zdroj (36) pro generování světelného paprsku (92),

ii) prostředek pro směrování světelného paprsku (92) v podstatě prvním směrem a skrze čočky (74) nacházející se v uvedené kontrolní poloze (72),

iii) matici (94) umístěnou v dráze uvedeného světelného paprsku (92), přičemž uvedený světelný paprsek procházející touto maticí (94) má v celém svém průřezu, který je kolmý k uvedenému prvnímu směru, shodnou intenzitou,

iv) sestavu (56) čoček pro zaostření části uvedeného světelného paprsku (92) procházejícího uvedenými čočkami (74), které se nacházejí v kontrolní poloze (72), na zobrazovací rovinu, a část na ohnisko před uvedenou zobrazovací rovinou za vzniku rozptýlného zadního vzoru na uvedené zobrazovací rovině.

6 Zařízení podle nároku 5, v y z n a č e n é t í m , že uvedená sestava (56) čoček zahrnuje dubletovou čočku (42) a rozptylku (44) umístěnou v řadě mezi uvedeným světelným zdrojem (36) a uvedenou kontrolní polohou (72).

7. Zařízení podle nároku 6, v y z n a č e n é t í m , že uvedená dubletová čočka (42) má první ohniště v uvedené matici (94) a druhé ohniště před uvedenou zobrazovací rovinou.

8. Zařízení podle nároku 7, v y z n a č e n é t í m , že uvedené optické čočky (74) jsou v pouzdrech (82), která mají

optickou mohutnost, a uvedená rozptylka (44) kompenzuje tuto optickou mohutnost uvedených pouzder (82).

9. Zařízení k provádění způsobu podle některého z nároků 1 až 4, v y z n a č e n é t í m , že zahrnuje:

držák čoček pro přidržení uvedených čoček v kontrolní poloze;

pixelové pole (52);

osvětlovací subsystém (14) pro generování světelného paprsku a pro vedení tohoto světelného paprsku (92) skrze uvedené čočky (74), které se nacházejí v kontrolní poloze (72) a na uvedené pixelové pole (52), přičemž tento osvětlovací subsystém (14) zahrnuje

i) světelný zdroj (36) pro generování světelného paprsku,

ii) matnice (94) umístěná v dráze uvedeného světelného paprsku (92) k rozptýlení tohoto světelného paprsku (92), a

iii) sestavu (56) čoček uspořádanou v dráze uvedeného světelného paprsku (92) za účelem zaostření části tohoto světelného paprsku (92) procházejícího uvedenými čočkami (74) v kontrolní poloze (72) na uvedené pixelové pole (52) a zaostření části uvedeného světelného paprsku (92) na ohnisko před uvedeným pixelovým polem (52) za vzniku difuzního zadního vzoru na tomto pixelovém poli (52);

zobrazovací subsystém (16) pro generování souboru signálů reprezentujících uvedený světelný paprsek (92) dopadající na uvedené pixelové pole (52); a

obraz-zpracující subsystém (20) pro příjem uvedených signálů z uvedeného zobrazovacího subsystému (16) a pro zpracování těchto signálů podle předem určeného zpracovatelského programu za účelem identifikování alespoň jedné podmínky každé z uvedených čoček.

10. Zařízení podle nároku 9, v y z n a č e n é t í m , že uvedená optická čočka (74) má středovou a okrajovou zónu (74a, 74b) a rozhraní (74c) mezi těmito zónami, a uvedený osvětlovací subsystém (14) je upraven tak, že promítá zobrazení tohoto rozhraní (74c) mezi středovou a okrajovou zónou (74a, 74b) jednotlivých čoček (74) na uvedené pixelové pole (52).

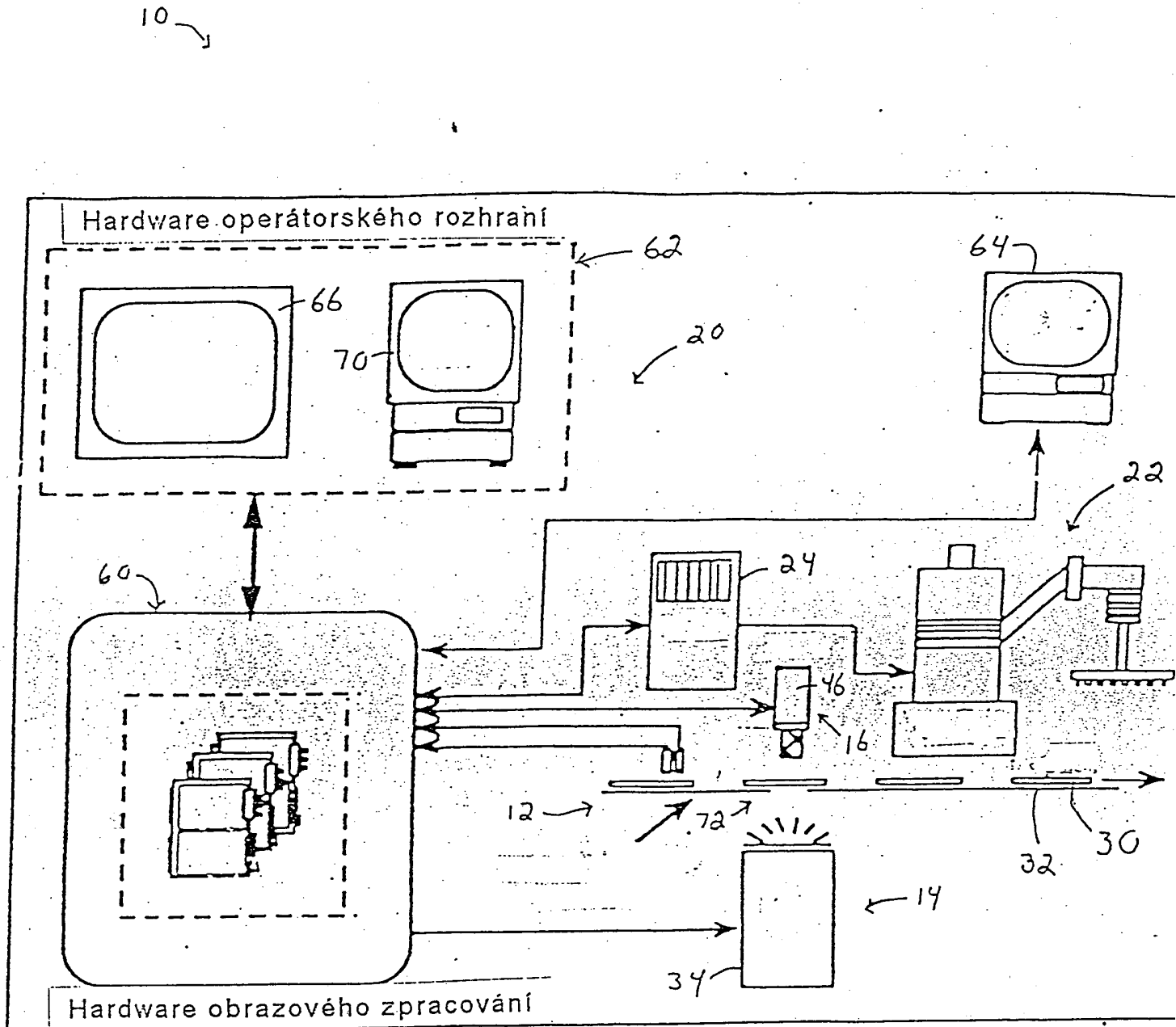
11. Zařízení podle nároku 10, v y z n a č e n é t í m , že uvedená sestava (56) čoček zahrnuje:

rozptylku (44) umístěnou mezi uvedeným světelným zdrojem (36) a kontrolní polohou (72) a

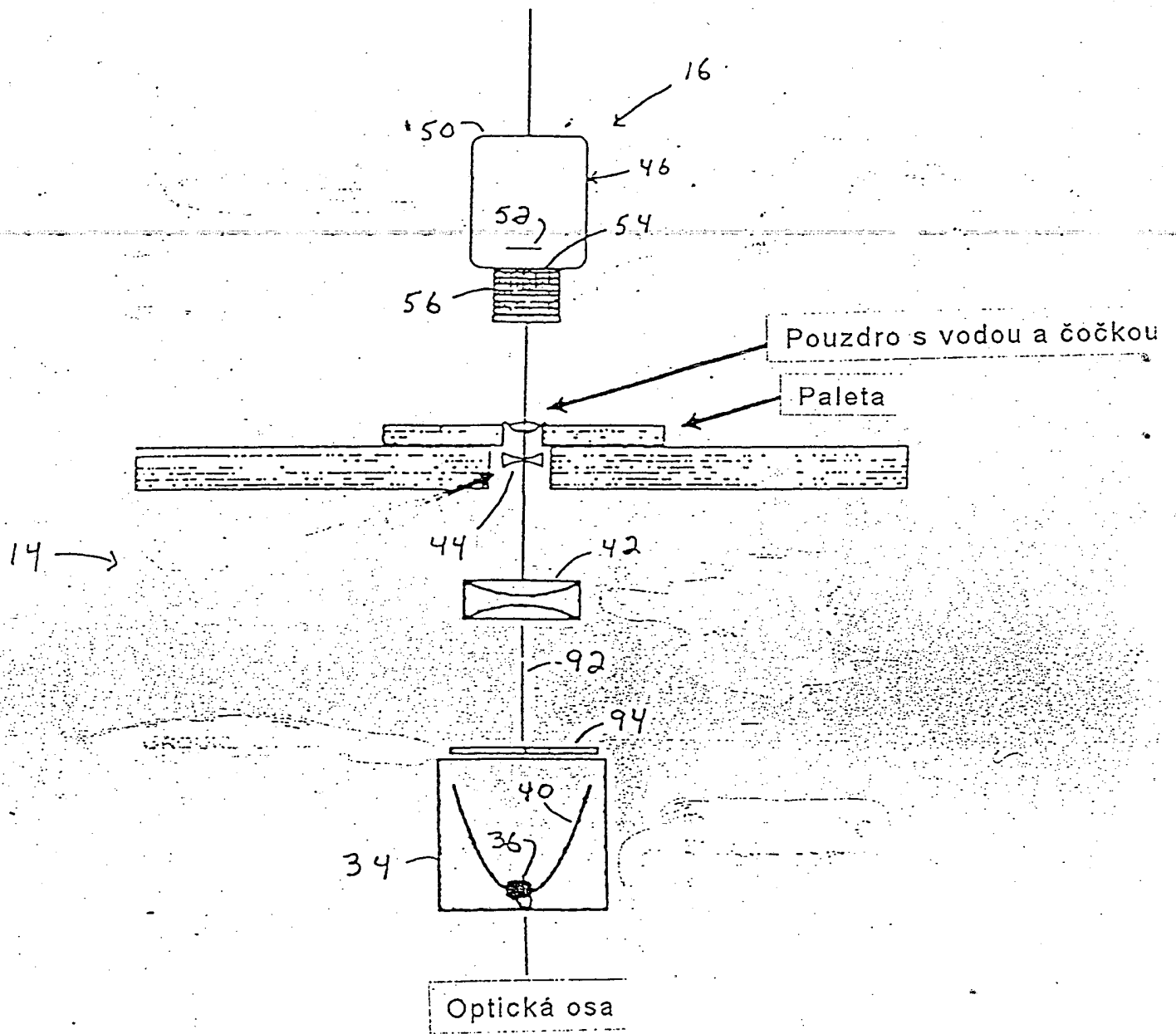
dubletovou čočku (42) umístěnou mezi uvedeným světelným zdrojem (36) a uvedenou rozptylkou (44).

12. Zařízení podle nároku 11, v y z n a č e n é t í m , že uvedená dubletová čočka (42) má první ohnisko na uvedené matnici (94).

Zastupuje:

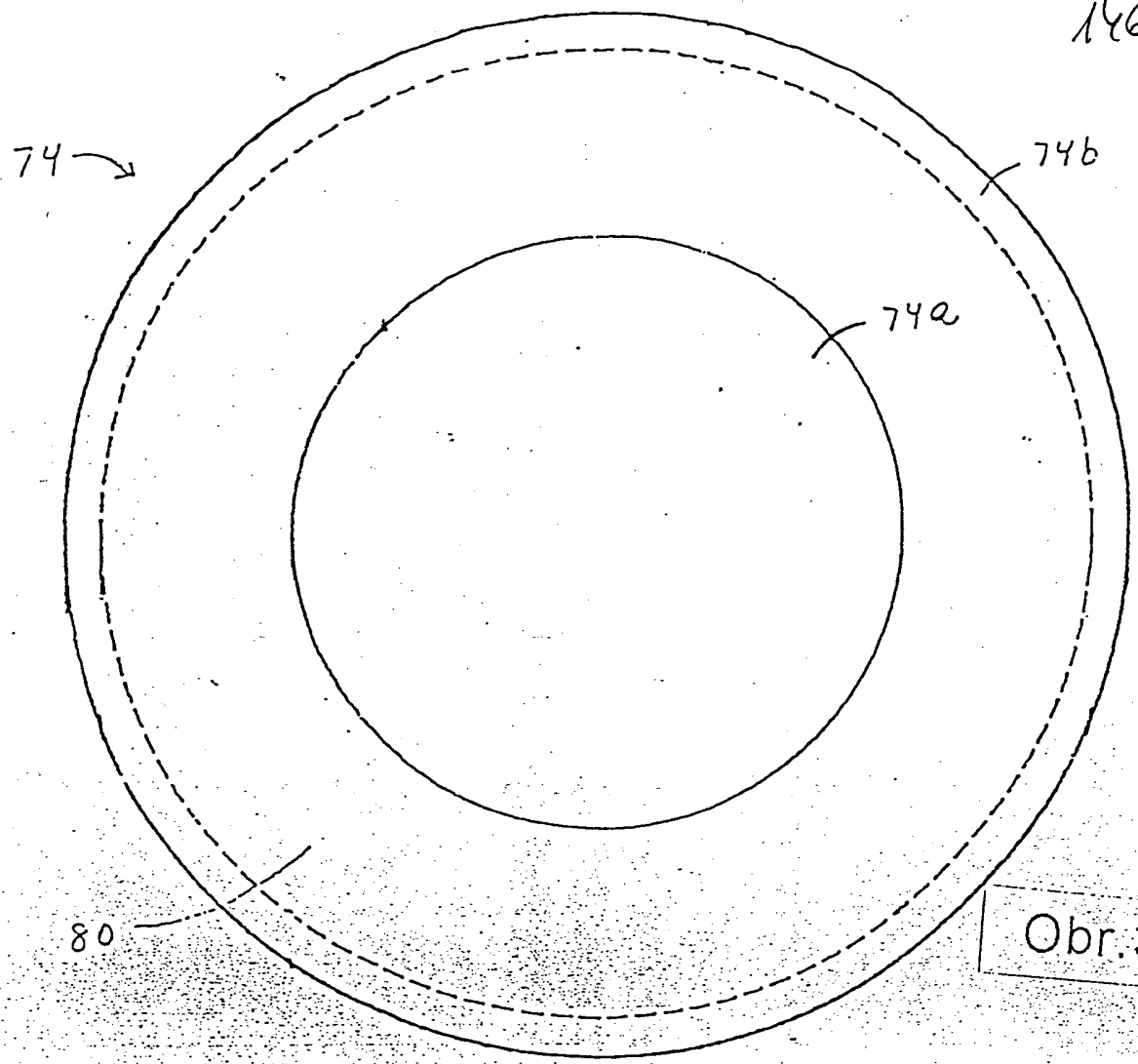


Obr. 1



Obr.2.

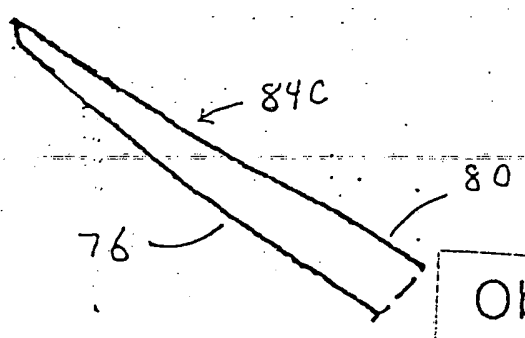
L



Obr.3

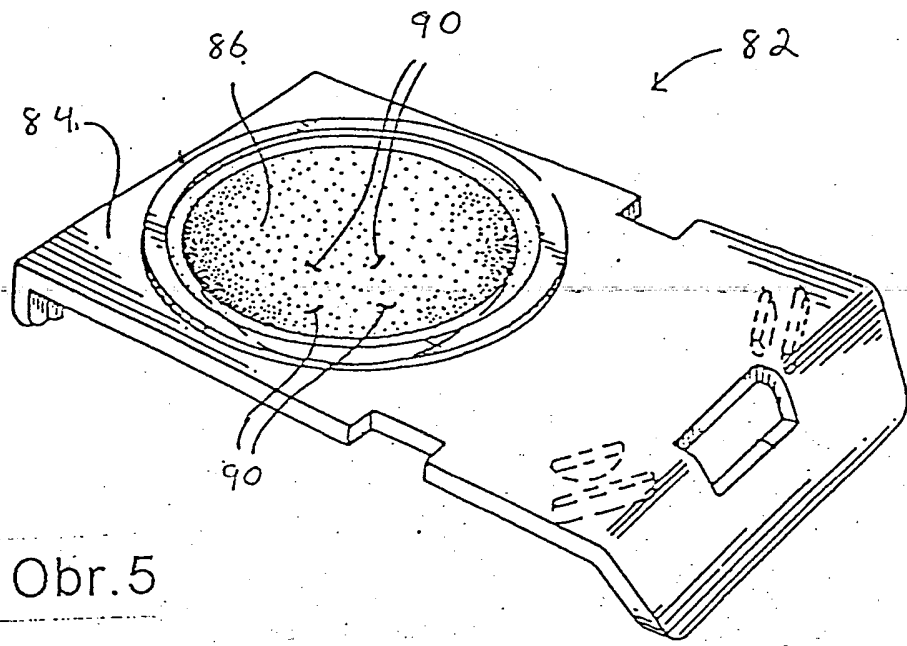


Obr.4

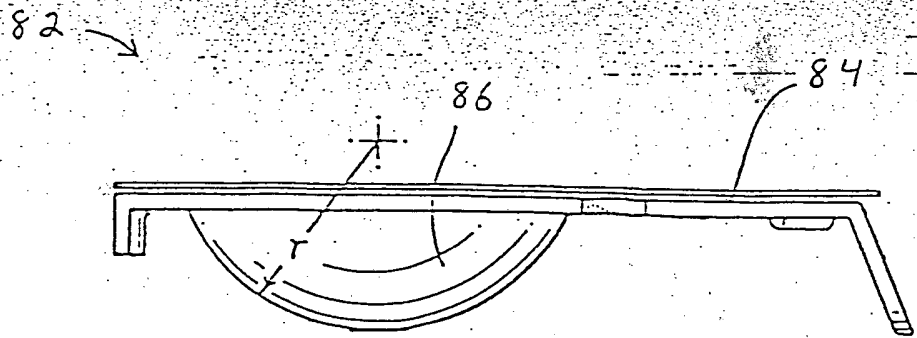


Obr.4a

L

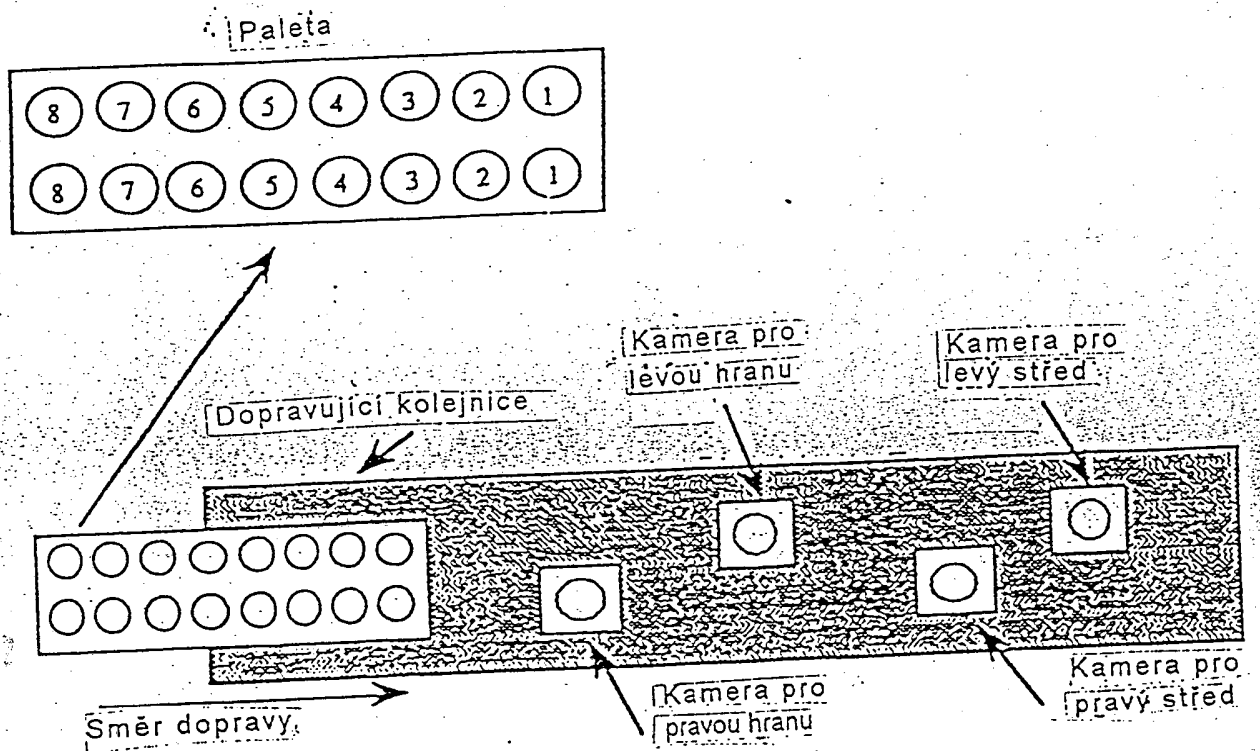


Obr. 5



Obr. 6

h



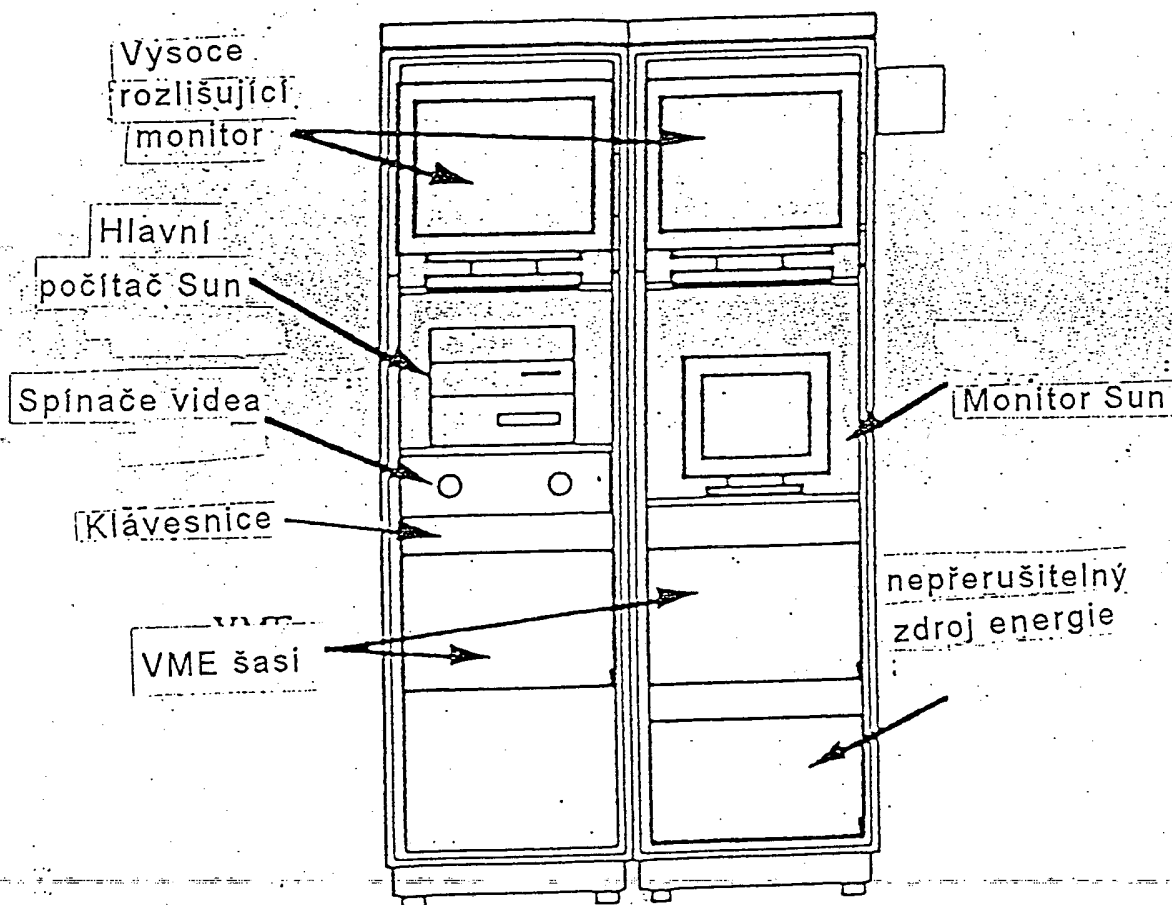
Obr.7

h

$P_{i-1,j-1}$	$P_{i-1,j}$	$P_{i-1,j+1}$
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
$P_{i+1,j-1}$	$P_{i+1,j}$	$P_{i+1,j+1}$

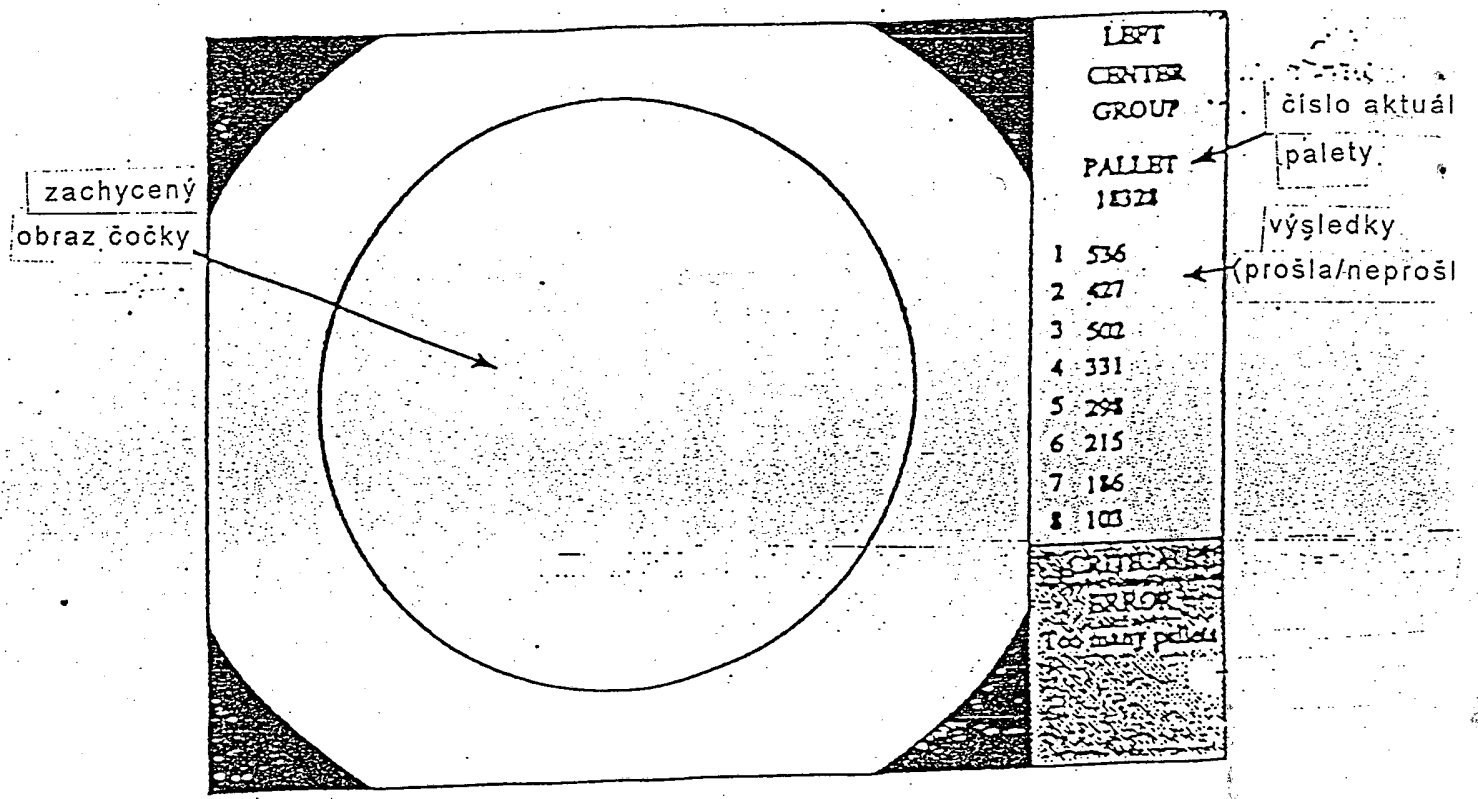
Obr. 8

L



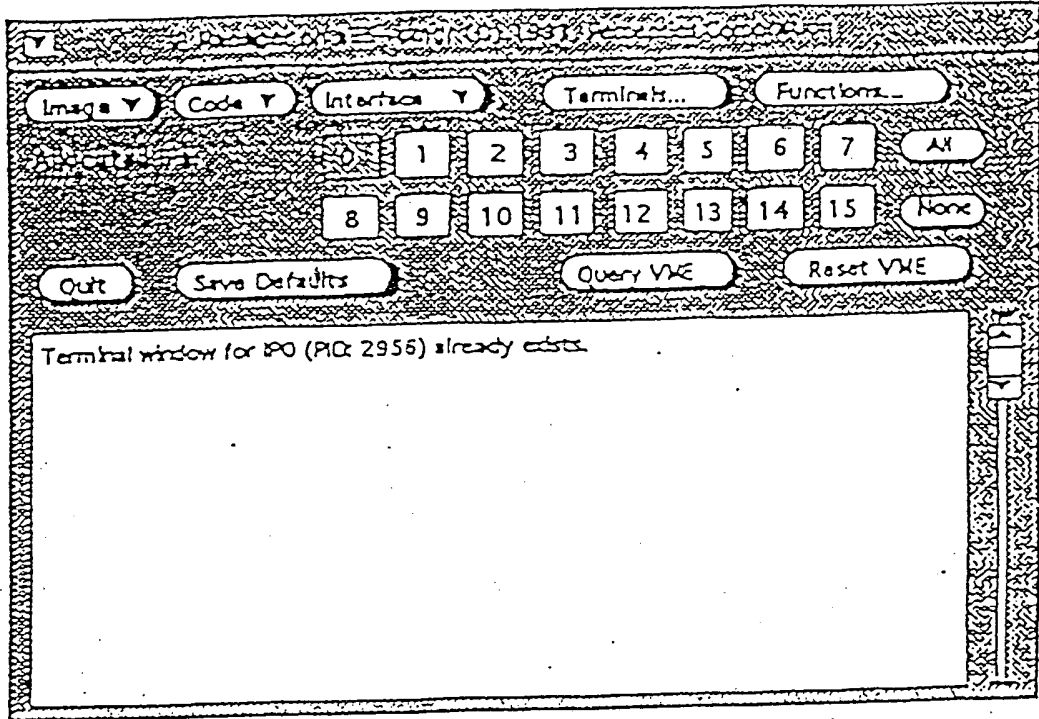
Obr.9

L

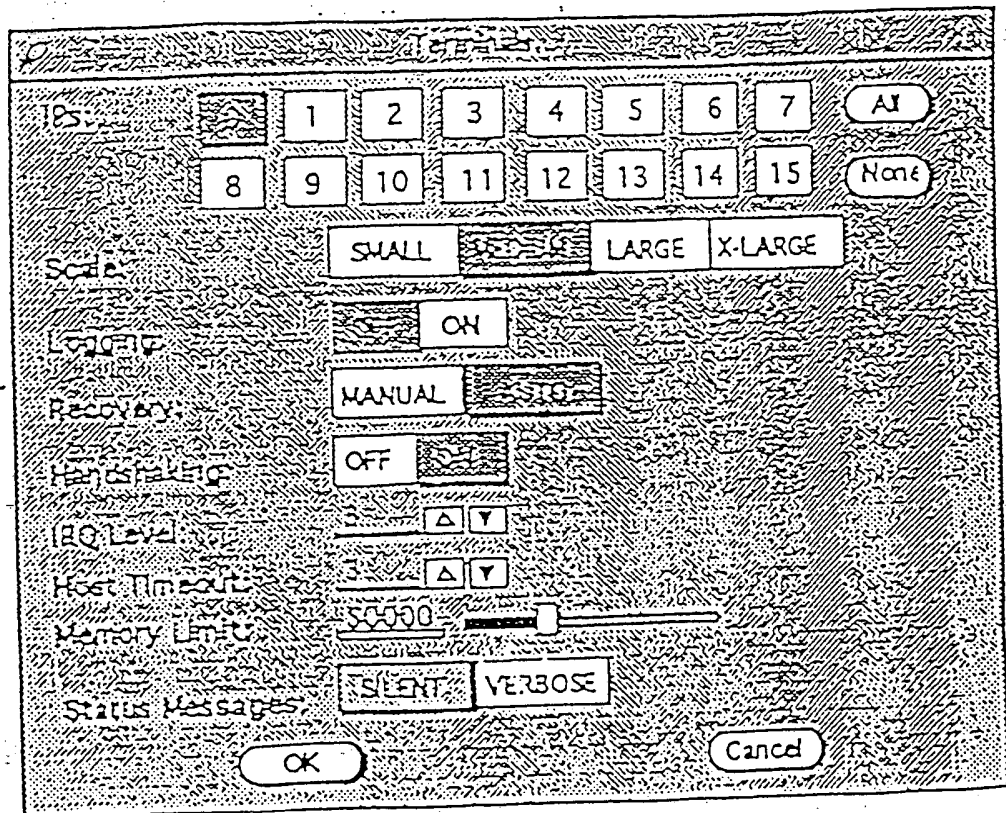


Obr. 10

L

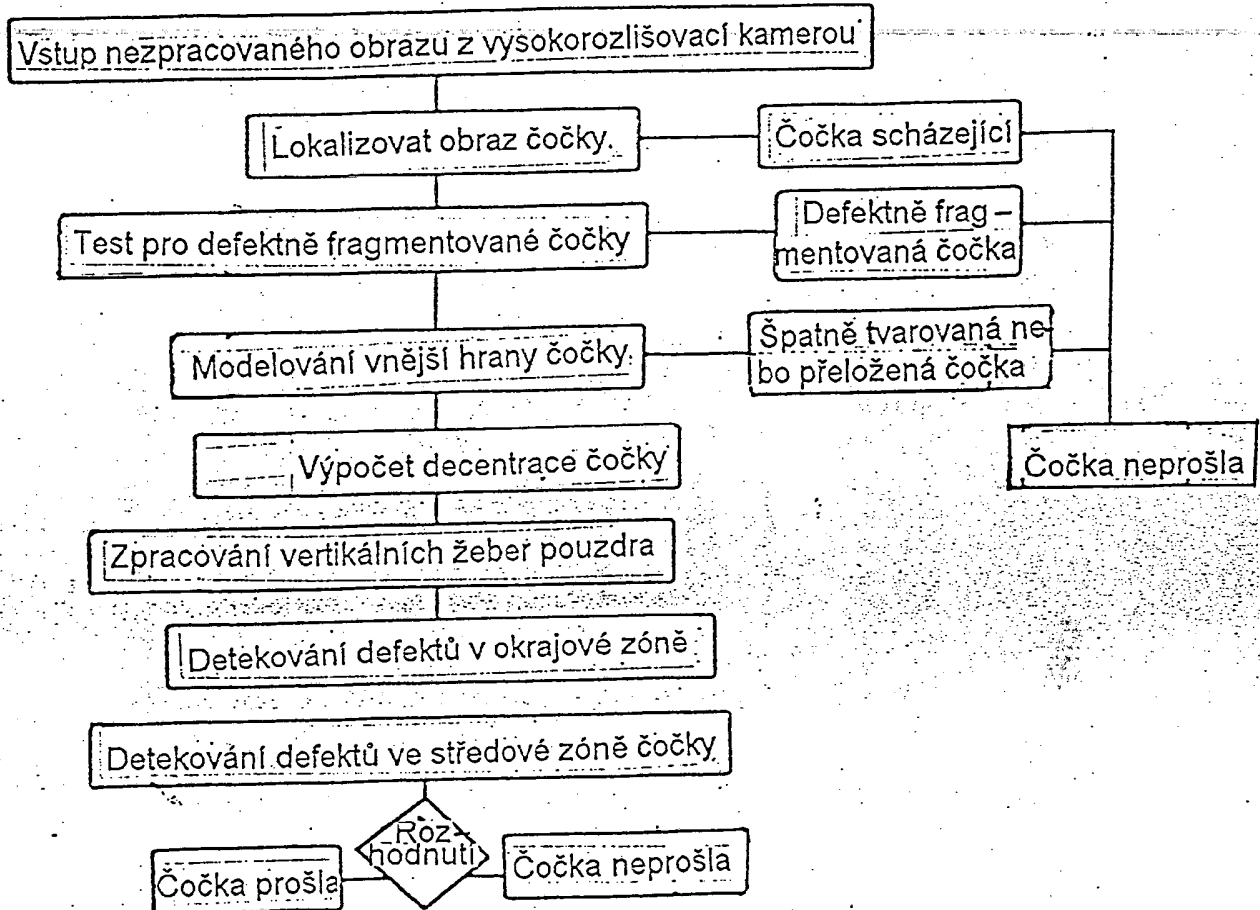


Obr. 11



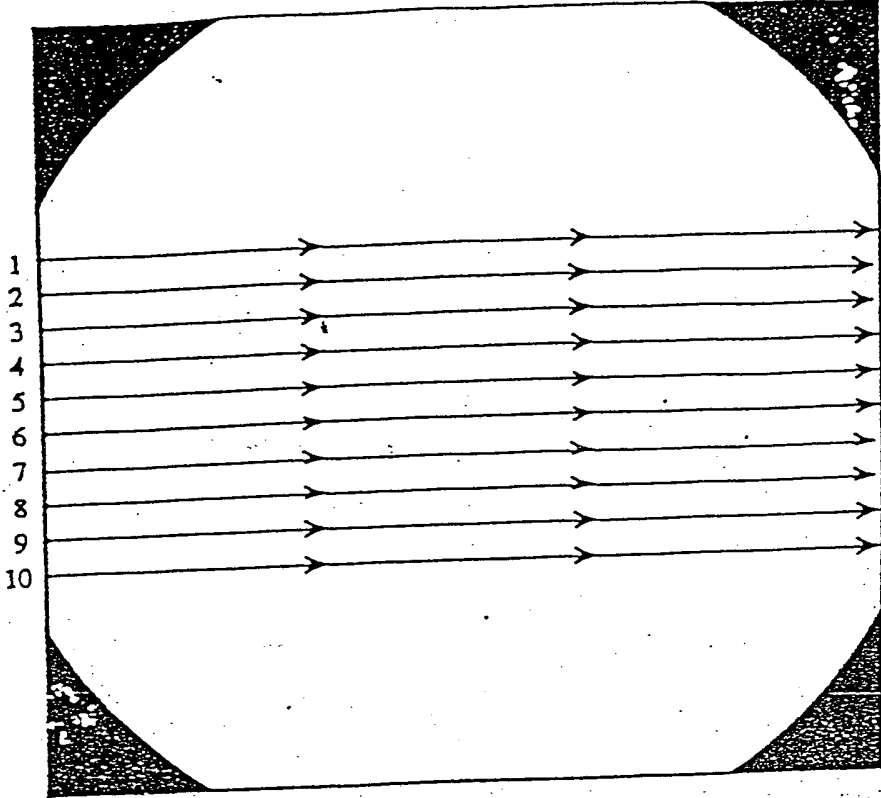
Obr. 12

6



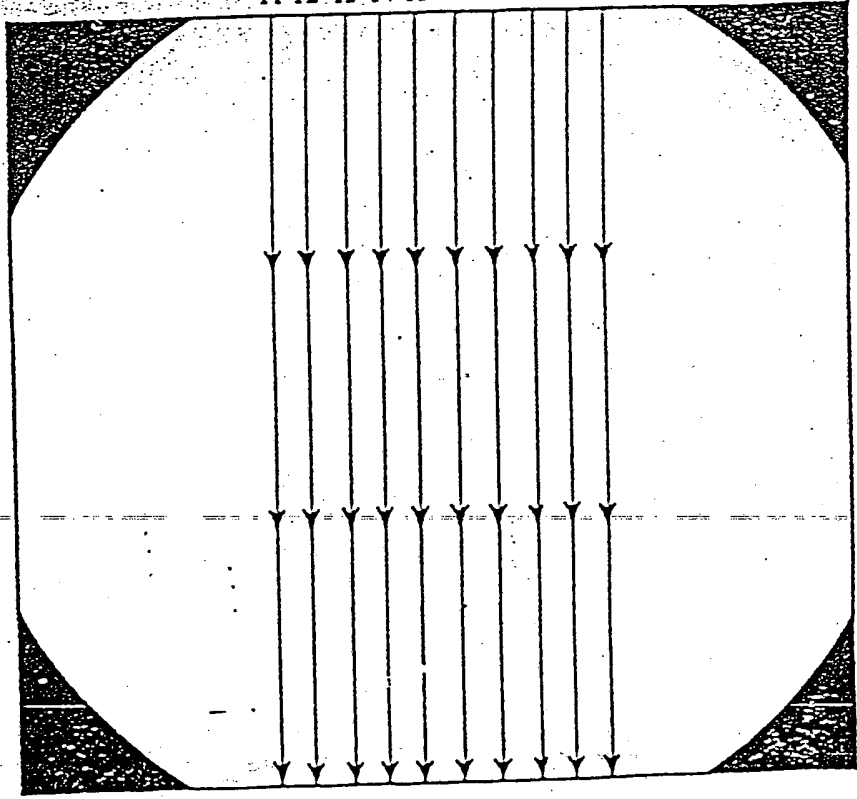
Obr.13

L



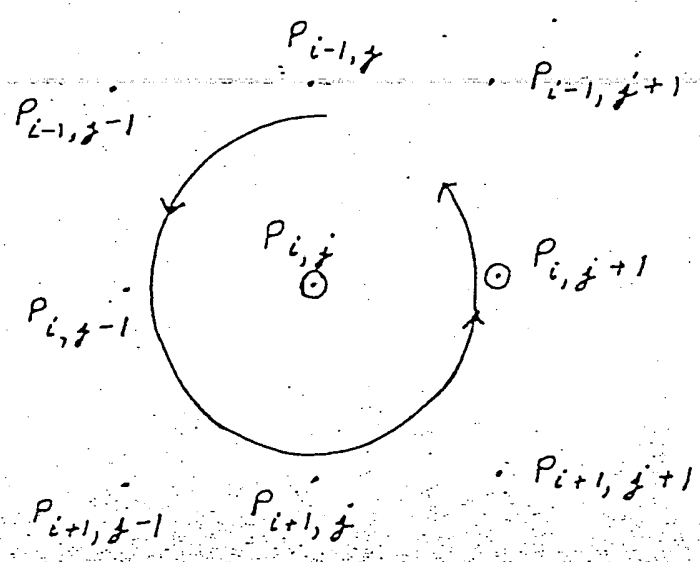
Obr. 14

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

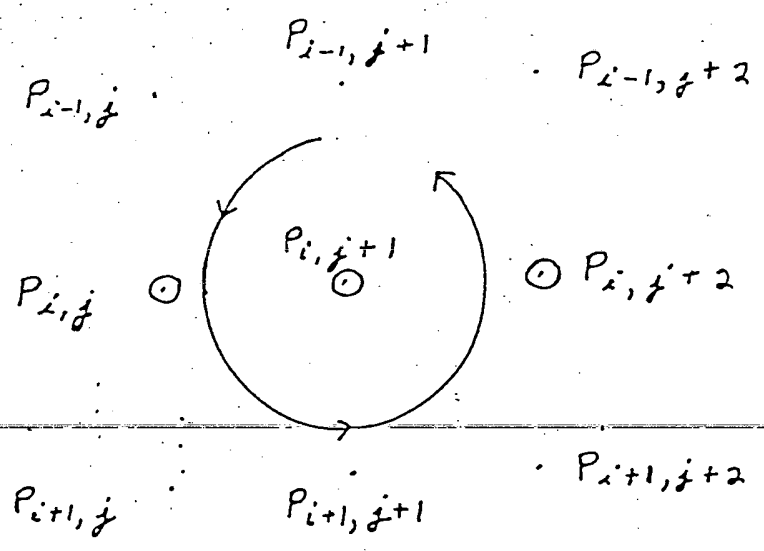


Obr. 15

*h*

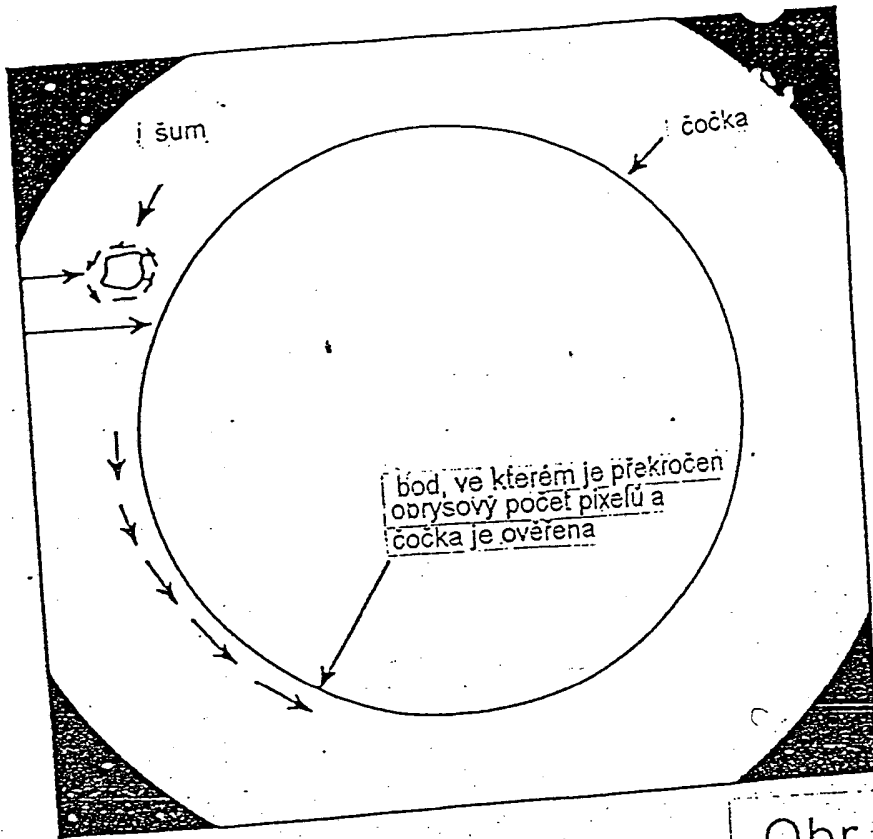


Obr. 16a

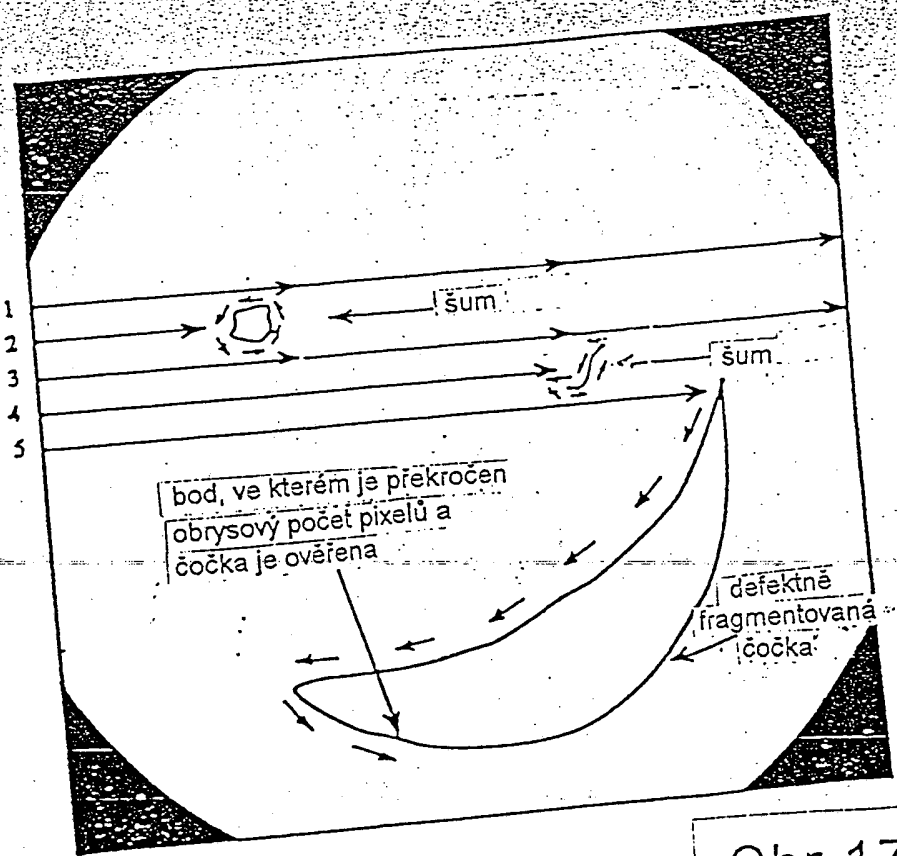


Obr. 16b

L

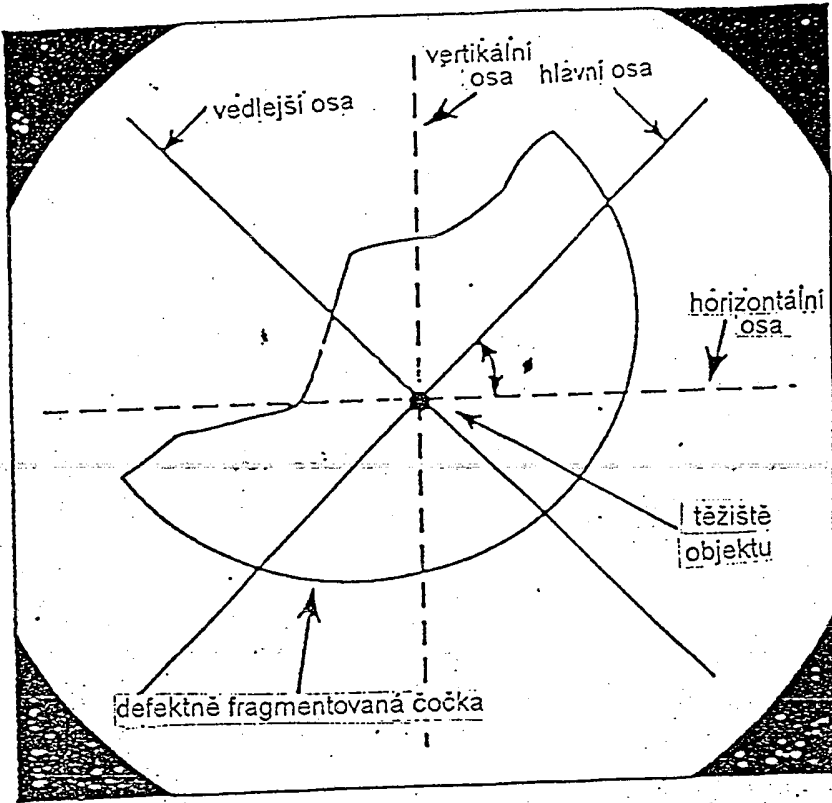


Obr.17a

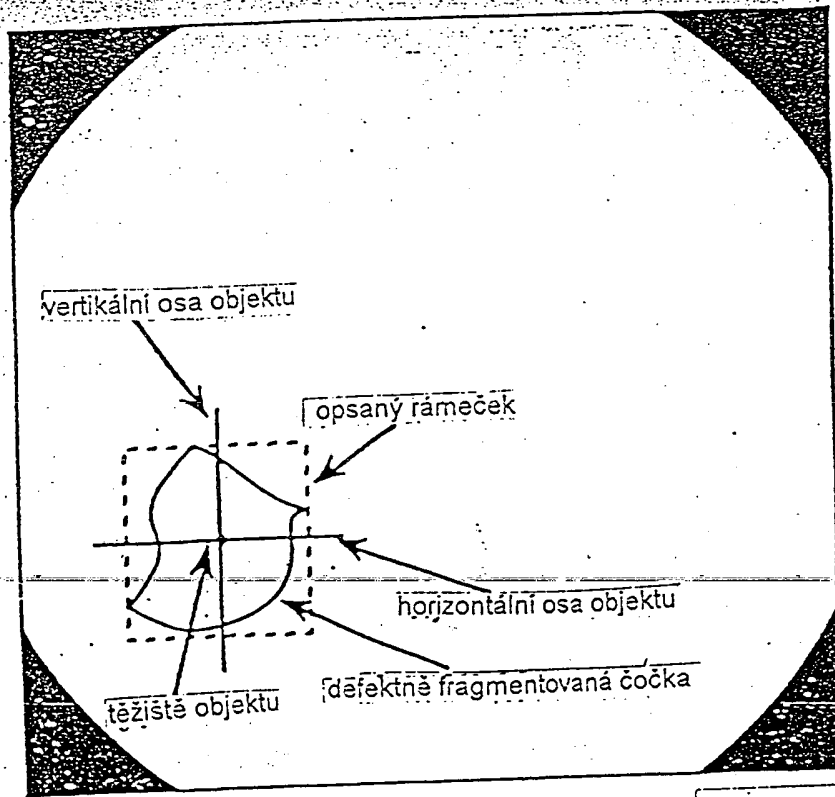


Obr.17b

L

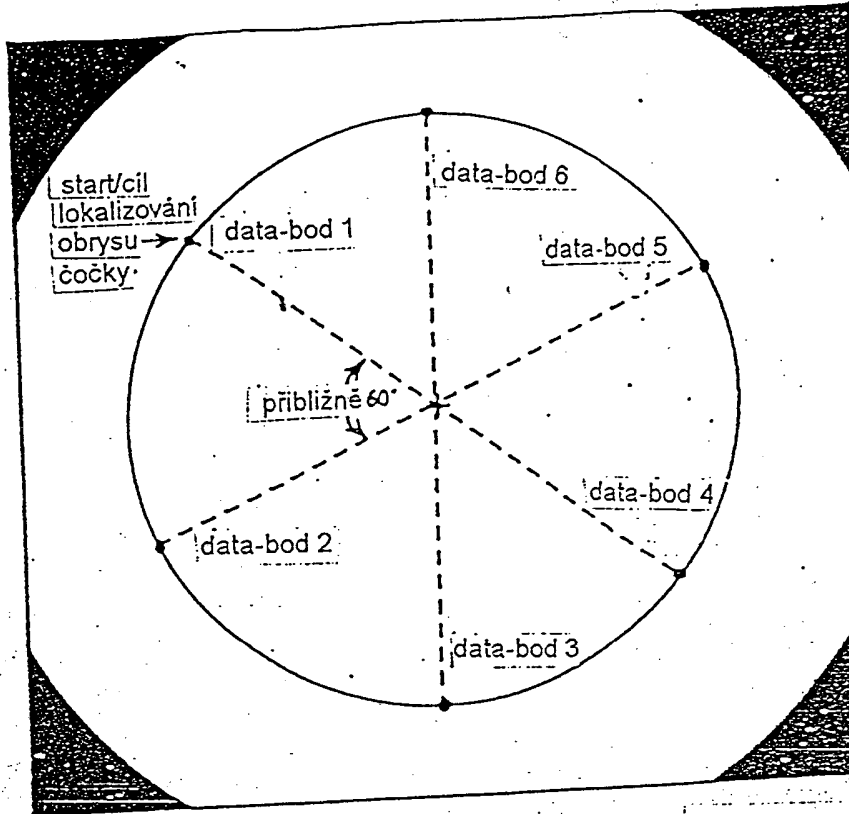


Obr. 18

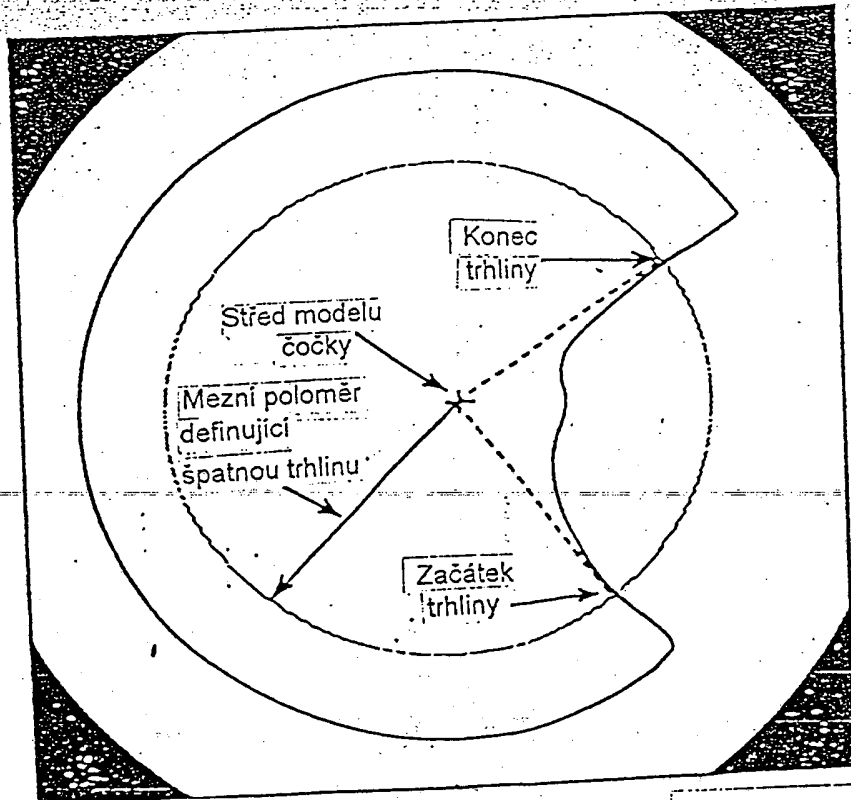


Obr. 19

L



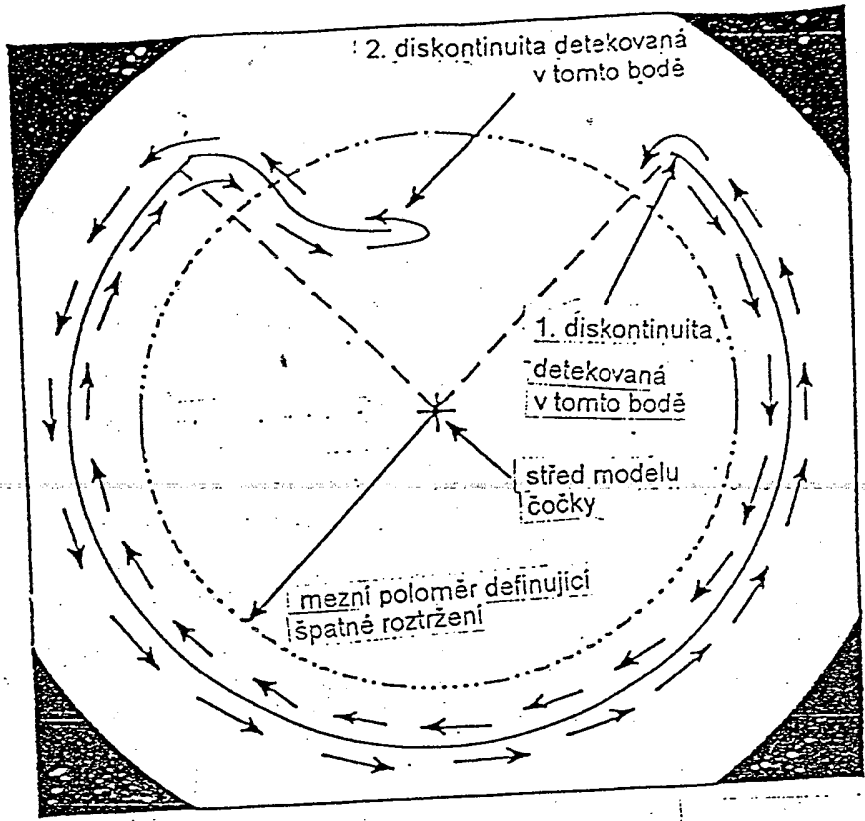
Obr.20



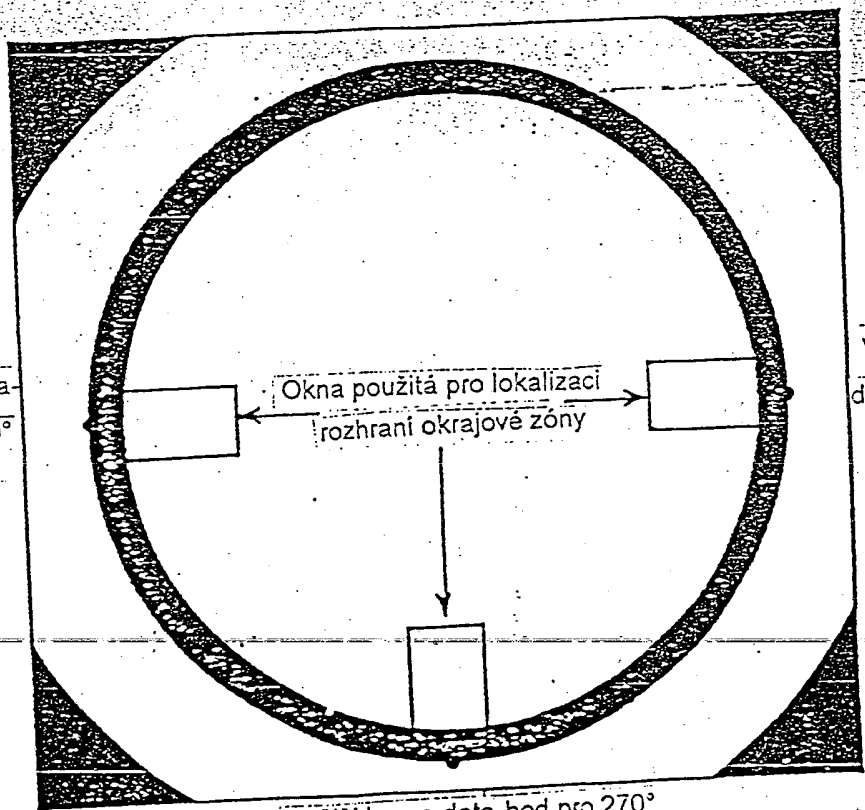
Obr.21

h

1460-95



Obr.22



Vnější hrana data-bod pro 180°

Vnější hrana data-bod pro 0°

Vnější hrana data-bod pro 270°  
u 270°

Obr.23

L

1460-95

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1
2	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
3	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
4	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
5	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
6	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
7	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
8	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
9	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
10	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
11	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1

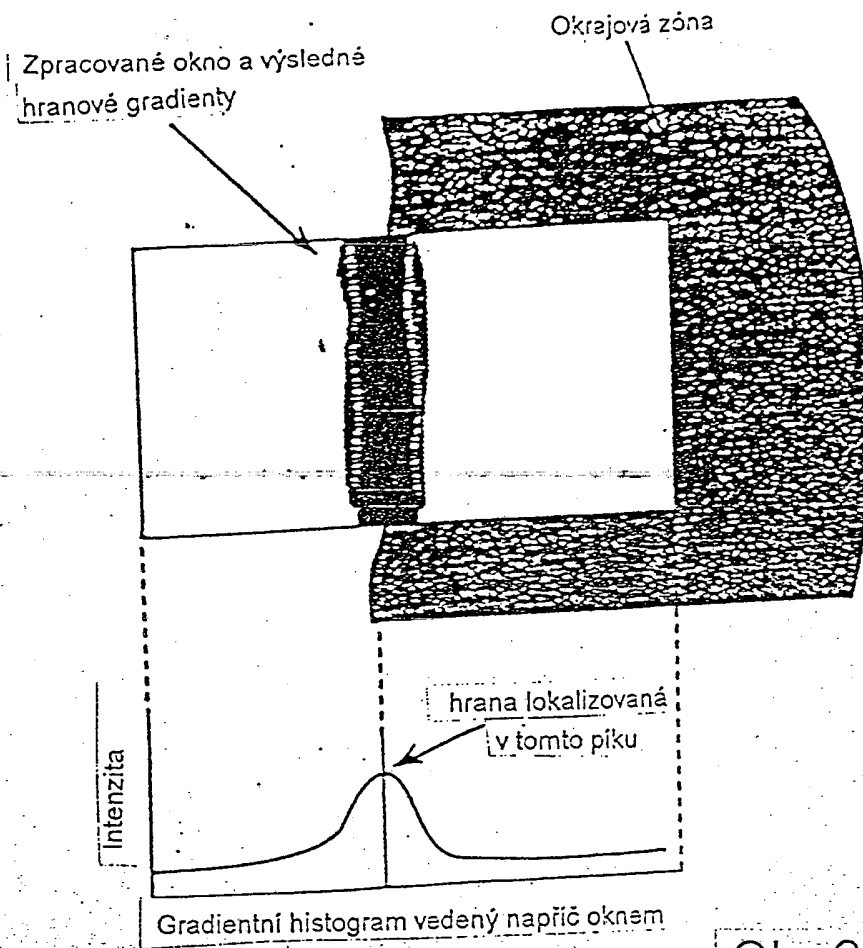
Obr.24

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
2	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
3	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
4	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
5	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
8	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
9	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
10	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
11	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1

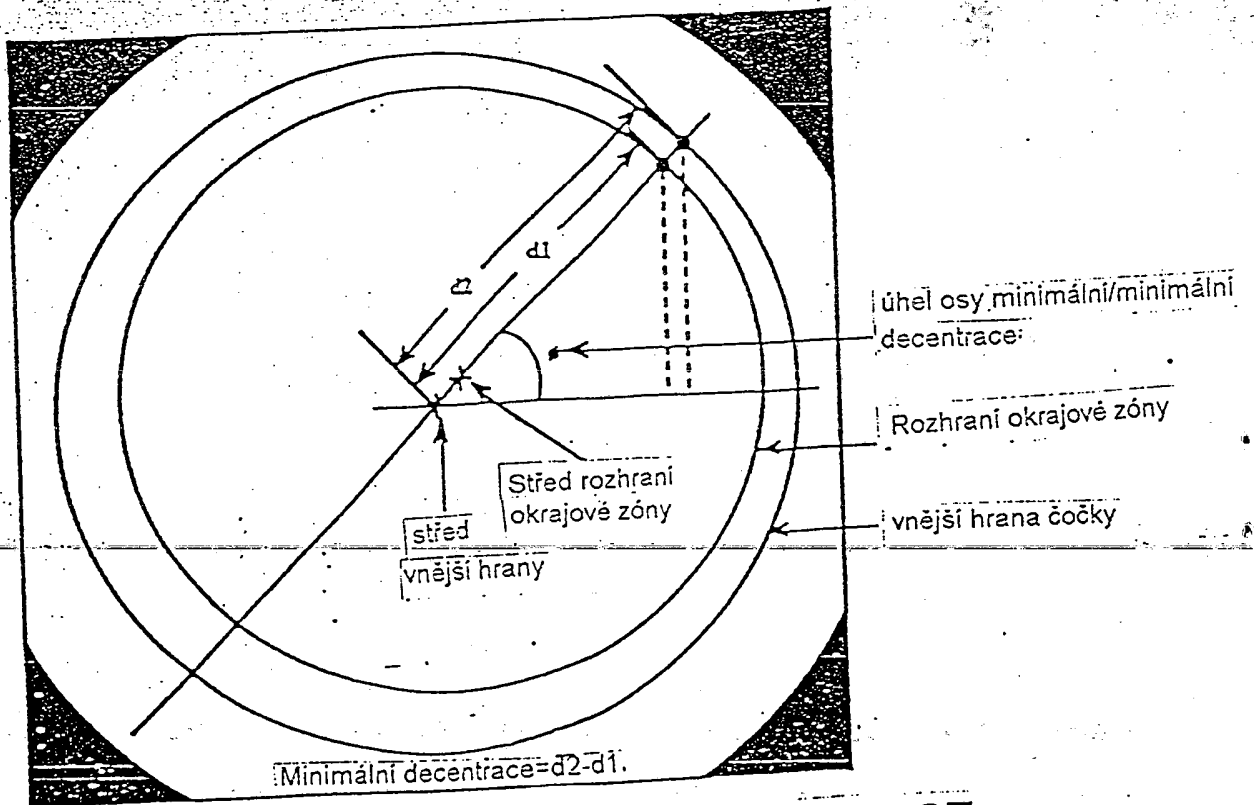
Obr.25

L

1460-95

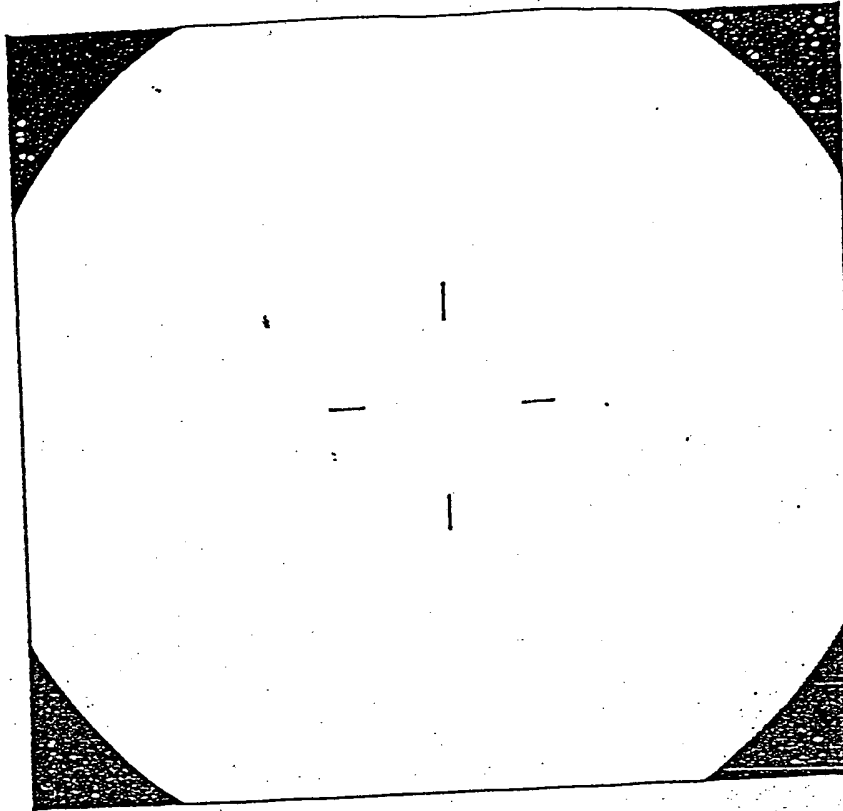


Obr.26

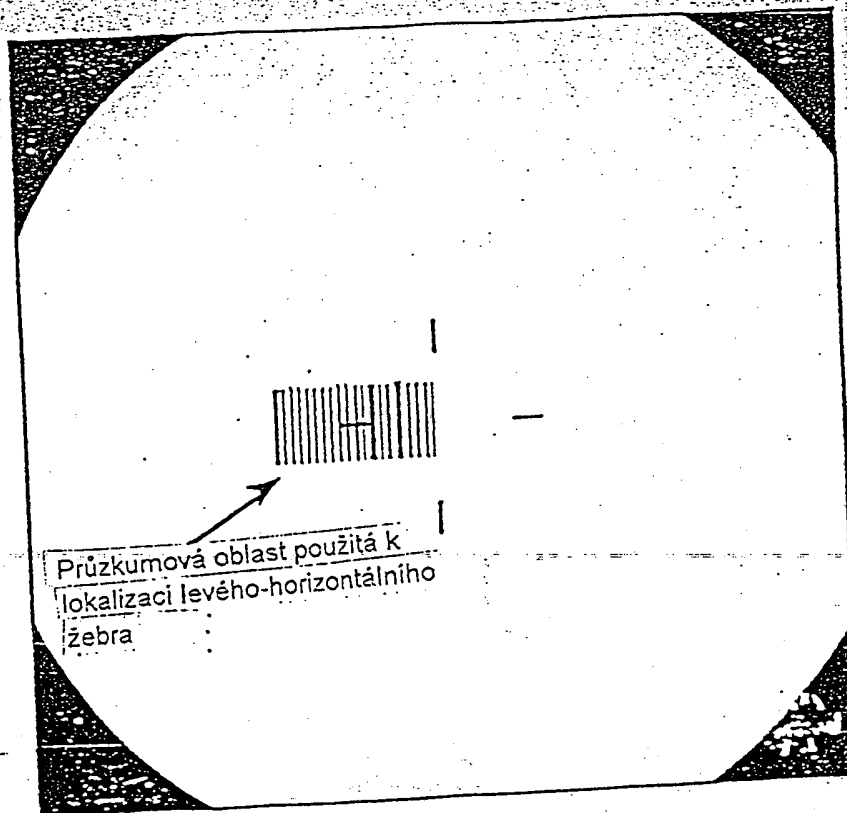


Obr.27

L

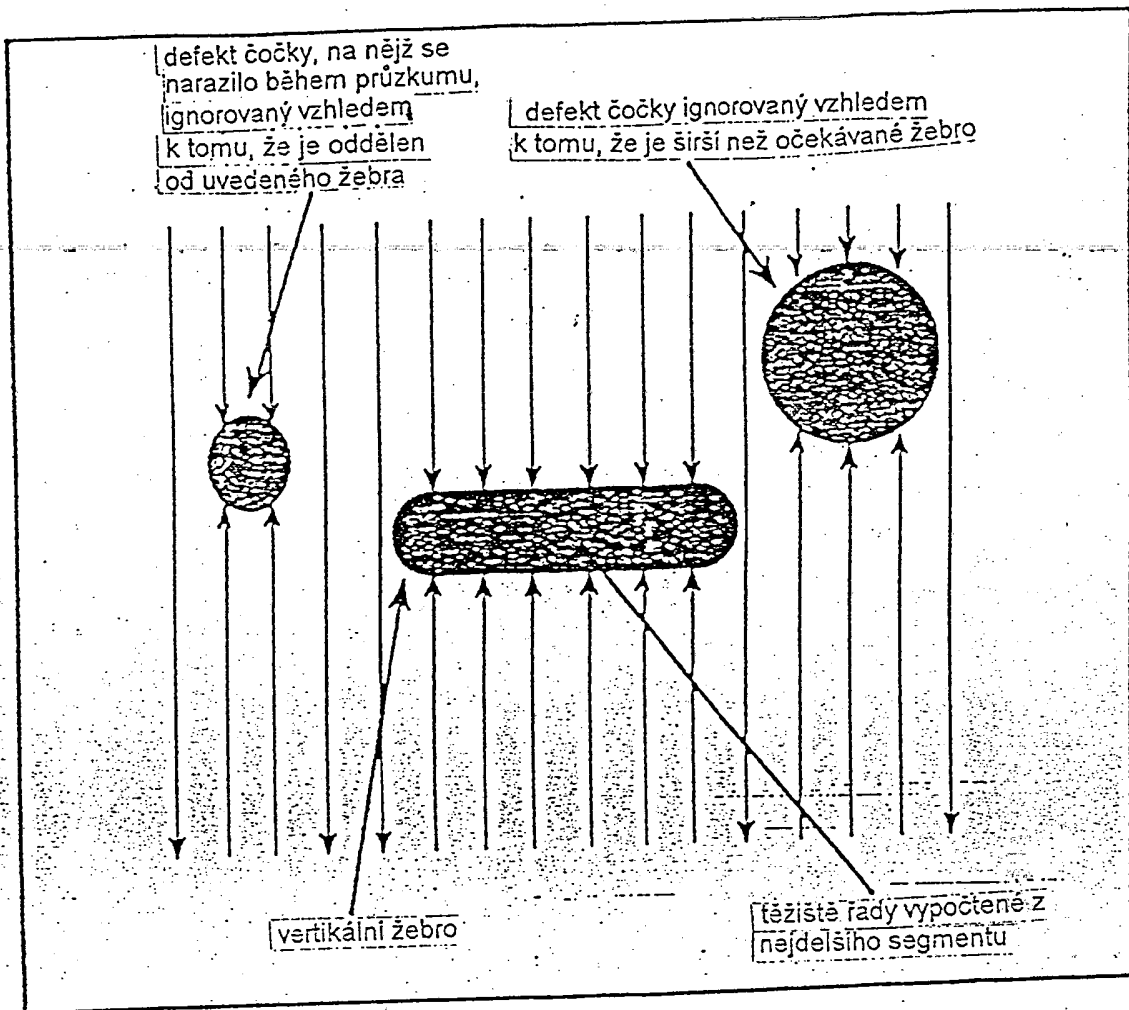


Obr.28

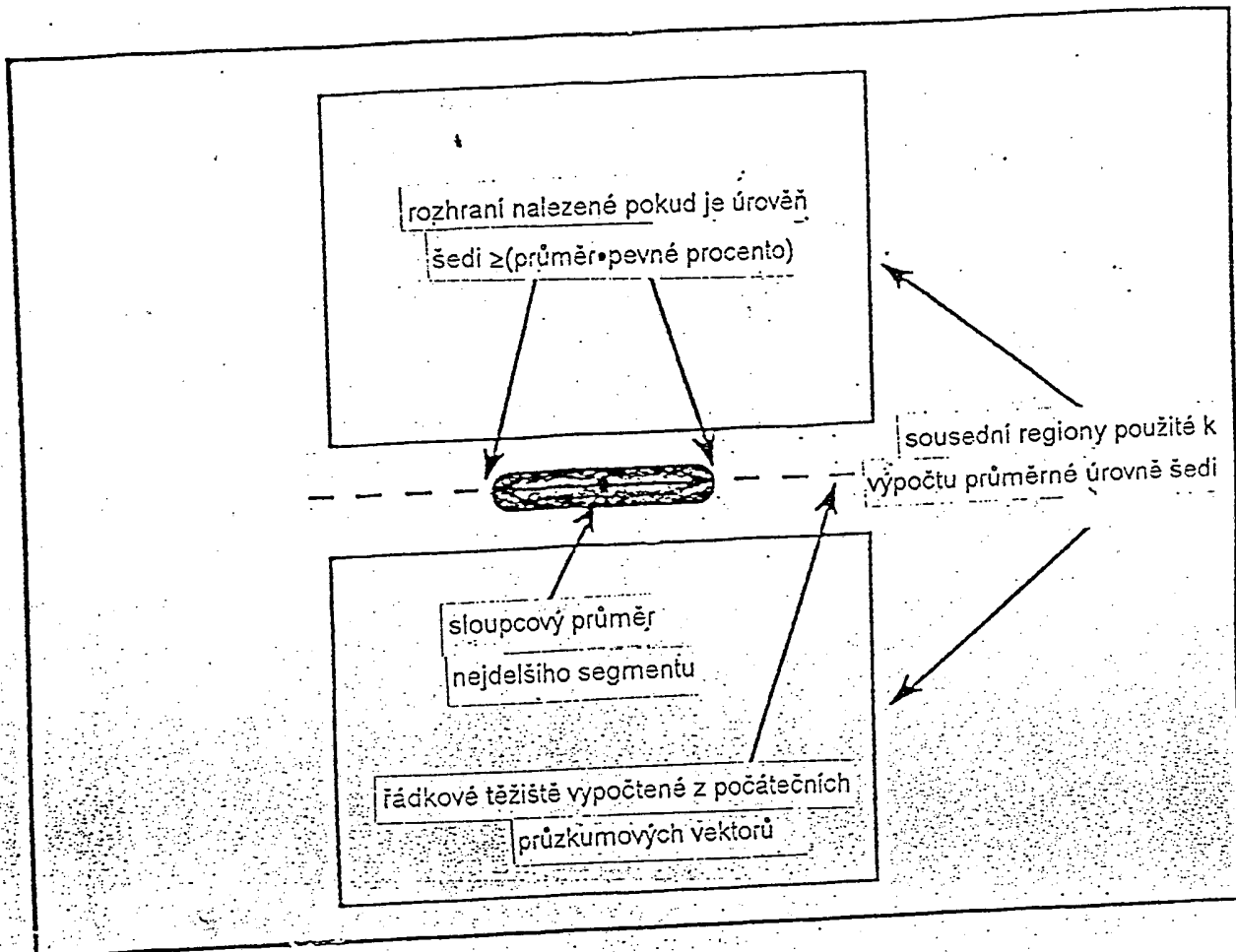


Obr.29

lv

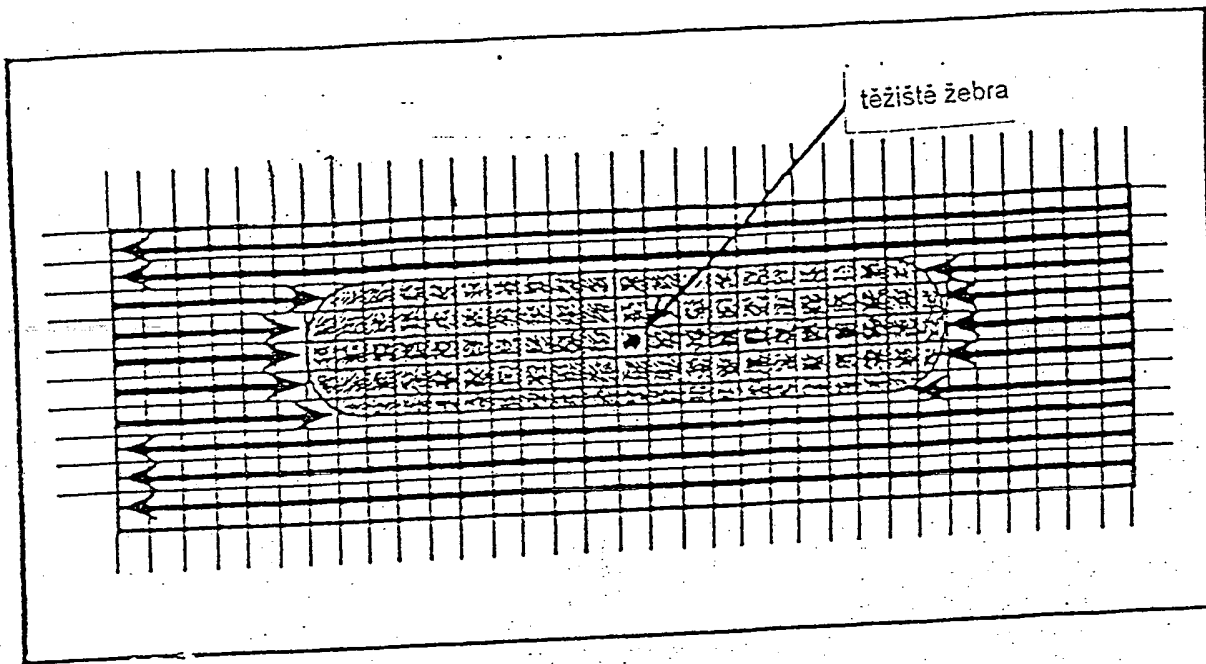


Obr.30

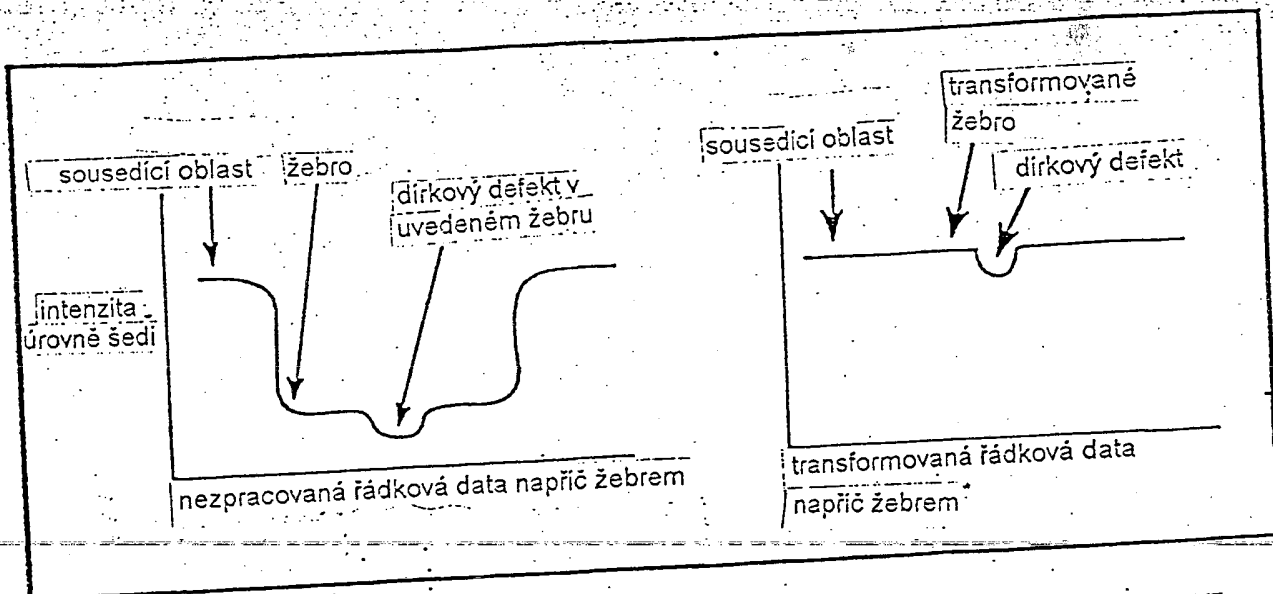


Obr.31

L

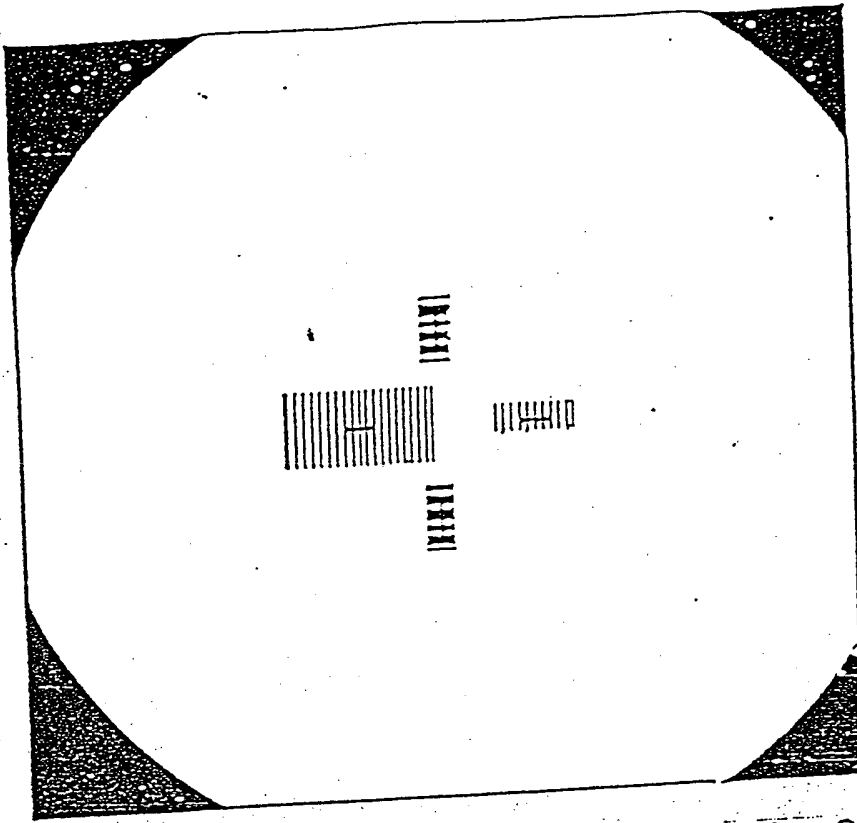


Obr. 32

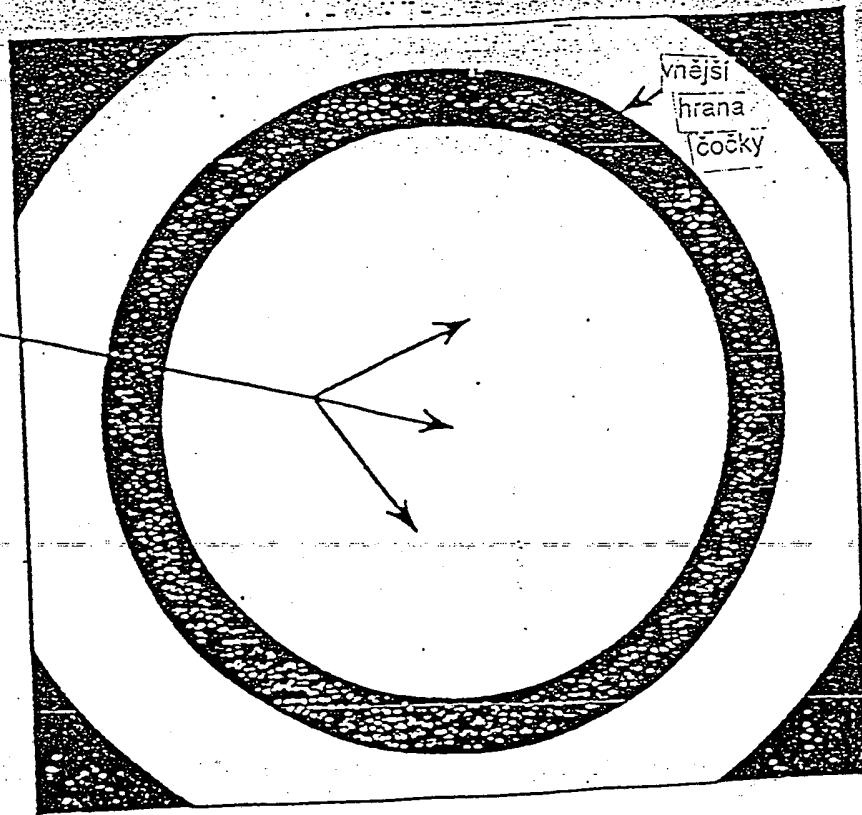


Obr. 33

h



Obr. 34

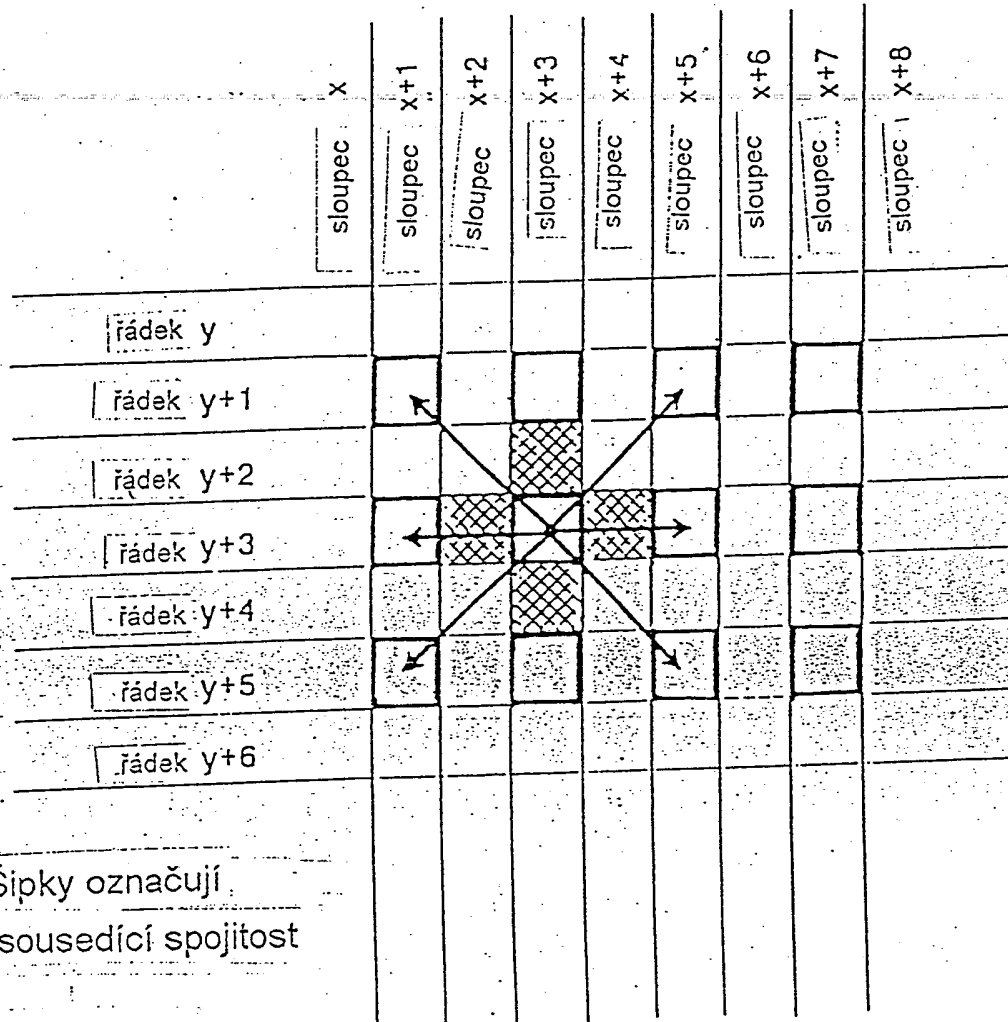


oblast středové zóny

vnější  
hrana  
čičky

Obr. 35

h



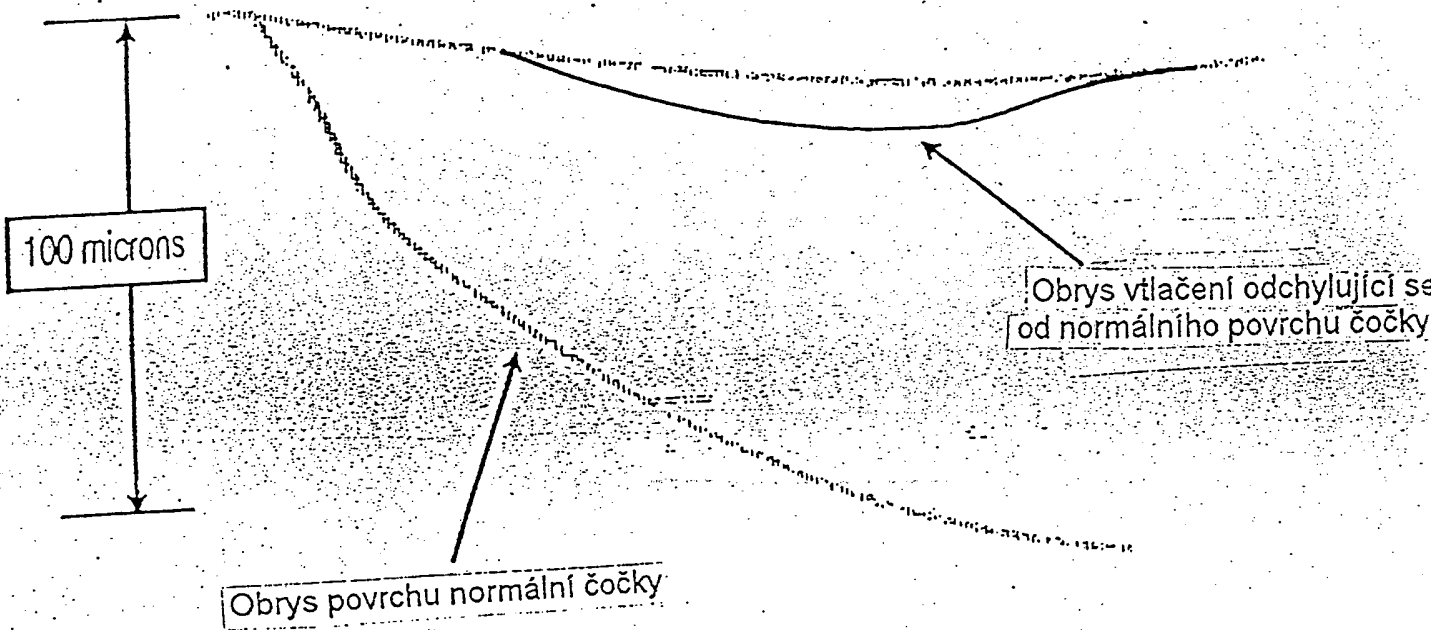
Šipky označují  
sousedící spojitost

= pixel použitý ve vzoru podsouborové analýzy
  = pixel použitý při výpočtu gradientu

Vzor podsouborové analýzy ve středové zóně

Obr.36.

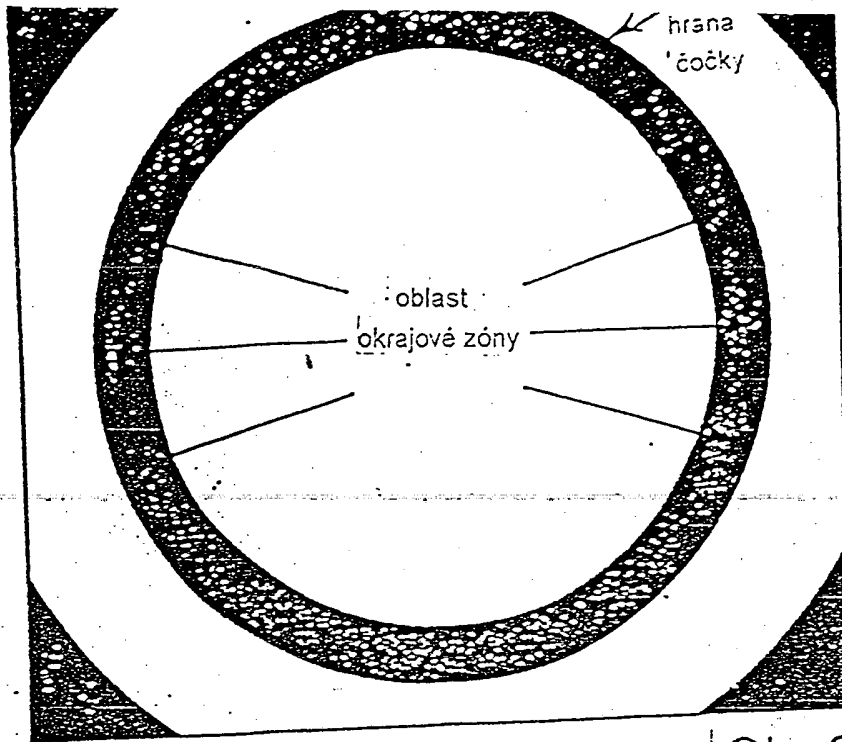
L



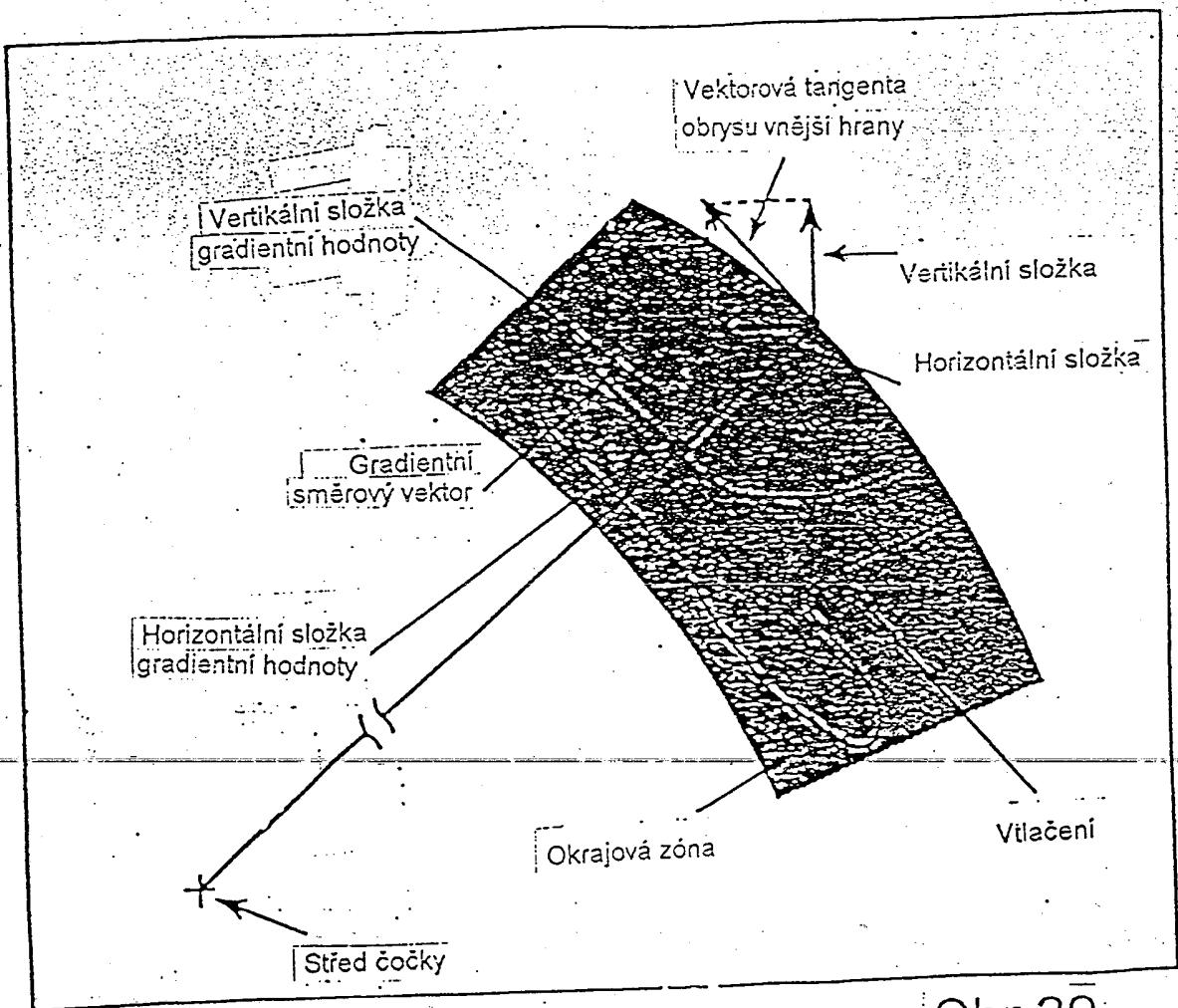
Typický průřez vtláčení

Obr.37

1460-95



Obr.38



Obr.39

L