

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra mikroelektroniky

Optická kontrola LP desky

Optical inspection of vinyl records

květen 2016

Student: Jakub Demjan

Vedoucí práce: Ing. Stanislav Vitek Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Optická kontrola LP desky“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Datum: 24. 5. 2016

.....

Podpis studenta

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra mikroelektroniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **DEM J A N Jakub**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika

Obor: Aplikovaná elektronika

Název tématu: **Optická kontrola LP desky**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se principy výroby LP desek
2. Vyhodnoťte možnosti optické detekce vad LP desek
3. Na základě analýzy provedené v 2) navrhňte kamerový systém, který umožní rychlou inspekci kvality desky
4. Navržený systém implementujte s využitím programového prostředí LabView
5. Diskutujte možnosti využití systému ve výrobním provozu

Seznam odborné literatury:

- [1] Gonzales, R. C. Digital image processing / 2nd ed. Upper Saddle River : Pearson, 2002, 793 p. ISBN 81-7808-629-8.
- [2] Relf Ch., Image Acquisition and Processing with LabView, CRC Press, 2004, ISBN 0-8493-1480-1
- [3] Evans B., Beginning Arduino Programming, 2011, ISBN 1430237775

Vedoucí: **Ing. Stanislav Vítek, Ph.D.**

Platnost zadání: 9. 9. 2017

L.S.

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 17. 2. 2016

Anotace

Cílem této bakalářské práce je vytvořit automatizovaný systém optické detekce vad dlouhohrajících gramofonových desek. Je zde rozebíráno, jakým způsobem a za jakých podmínek lze provést optickou kontrolu desky a následné zpracování s vyhodnocením. V rámci práce byly provedeny experimenty s osvětlením snímaného vzorku a jeho vlivu na kvalitu kamerou nasnímaných dat. Na závěr jsou zde diskutovány možnosti využití tohoto systému ve výrobním provozu. Veškeré operace s obrazovými daty jsou prováděny pomocí programu v LabView.

Klíčová slova

LabView

Vinylová deska

Arduino

Seznam zkratek

LabView- grafické vývojové prostředí (volný překlad „Laboratorní virtuální nástroj pro inženýrský pracovní stůl“)

VI-virtual instrument (program v labview)

Mikrometr - $1[\mu m] = 10^{-6}[m]$

PVC – polyvinylchlorid (umělá hmota)

PVC koláček - předtavené množství granulovaného PVC pro snazší umístění do lisu

LP-long play vinyl (dlouhohrající gramofonová PVC deska)

CIR – kontaktní obrazový senzor

LE Dioda - světlo vyzařující dioda

PWM – pulzní šířková modulace

ROI – region zájmu

Summary

The aim of this work is to create an automated optical detection of defects long-playing phonograph records. Firstly it will explain how and what conditions the optical control of them may be performed along with processing and evaluation. In this work experiments were carried out with the lighting of the scanned sample and its impact on the quality of the camera scanned data. In conclusion the possibilities of this system on the factory floor are discussed. All operations of image data were performed using LabView.

Index terms

LabView

Vinyl record

Arduino

A list of shortcuts

LabView- graphical programming interface (Laboratory Virtual instrumentation Engineering Workbench)

VI-virtual instrument (a part of code written in LabView)

Micrometer - $1[\mu m] = 10^{-6}[m]$

PVC – polyvinyl chloride (plastic)

PVC cake – heated amount of PVC for easy placement into the press machine

LP-long play vinyl

CIR – contact image sensor

LE Diode - Light Emitting diode

PWM – pulse width modulation

ROI – region of interest

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Stanislav Vítku Ph.D. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

V Praze dne 27. 5. 2016

.....

Podpis studenta

Obsah

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	- 4 -
Úvod.....	- 10 -
1 Gramofonová deska – výroba, vady při výrobě a jejich odhalování.....	- 11 -
1.1 Úvod.....	- 11 -
1.2 Výroba gramofonových desek	- 12 -
1.3 Vznik vad při výrobním procesu.....	- 14 -
1.4 Možnosti při optické detekci vad LP desek	- 18 -
2 Realizace.....	- 22 -
2.1 Získávání obrazu z kamery	- 23 -
2.2 Zpracování obrazu.....	- 29 -
3 Perspektiva	- 32 -
4 Literatura	- 34 -
5 Seznam příloh.....	- 35 -
Principy a projevy vad při výrobě vinylových desek	- 36 -

Seznam obrázků

Obr.1.2 – LP vinylová deska - detail	- 11 -
Obr.1.1 – LP vinylová deska	- 11 -
Obrázek 1.3 – mikroskopický snímek drážky	- 12 -
Obr.3 – mikroskopický snímek škrábance.....	- 15 -
Obr.2 - mikroskopický snímek návalků.....	- 15 -
Obr.4 – mikroskopický snímek nedolisů	- 16 -
Obr.5 – ilustrace rozložení komponentů kamerového systému.....	- 19 -
Obr.7 – výkonová LE Dioda s chladičem.....	- 20 -
Obr.6 – použitá kamera s objektivem	- 20 -
Obr.9 – Front panel (přední panel) programu.....	- 20 -
Obr.8 – Block diagram (blokový diagram) programu	- 21 -
Obr.1.4 – LP vinylová deska – zrnka prachu.....	- 22 -
Obr.10 – dřevěné mezikruží s LE Diodami	- 23 -
Obr.11 – držák objektivu s odraznou plochou a zdrojem napětí pro LE Diody	- 23 -
Obr.12 – vývojová deska Arduino UNO	- 24 -
Obr.13 – schéma výkonové části osvětlení.....	- 24 -
Obr. 14 – PWM modulace	- 25 -
Obr.15 – ilustrativní VA charakteristika použité výkonové LE Diody	- 25 -
Obr.16 – senzorová část osvětlení	- 25 -
Obr.18 – výkonová a řídicí část osvětlení.....	- 26 -
Obr.17 – ilustrativní kód pro Arduino UNO.....	- 26 -
Obr.19 – nefunkční kód v LabView na ovládání Arduina.....	- 27 -
Obr.20 – NI Vision Acquisition.....	- 28 -
Obr.21 – NI Vision Assistant.....	- 29 -
Obr.23 – NI Vision Assistant – nastavení podobnosti template obrázku	- 30 -
Obr.22 – NI Vision Assistant – nastavení detekce hran	- 30 -

Úvod

Tato práce se zabývá sběrem obrazových dat vinylových LP desek a jejich zpracování s cílem detekce kritických chyb vznikajících při jejich výrobě. Díky dnešnímu trendu, kdy se dostávají vinylové desky opět na výsluní a roste jejich prodejnost, má smysl se zabývat bezchybnou zákazkovou výrobou. Desky se vyrábějí stále s použitím staré technologie, ovšem aby uspěly ve dnešním světě dokonalosti, tak musí být jejich výroba velmi precizní a kontrolovaná v každém kroku.

Vzhledem k tomu, že výrobní postup je zdoluhavý a složitý proces, tak je jasné že možností, kde může vzniknout vada je mnoho. Budou zde stručně rozebrány nejzávažnější chyby vznikající při převodu signálu na desku, výrobě lisovacích matric a konečné sériové výrobě. Musíme počítat se vznikem vad při výrobě mnoha a mnoha kusů, a proto je důležité tyto vady včas odhalit a zamezit tak ztrátě času a prostředků.

Vznik vad při výrobě je převážně důsledkem lidské chyby, a to především nepozornosti a nedůslednosti. Jako příklad bych uvedl jednu vadu vylisované desky, která je jasnou ukázkou vlivu lidské nedůslednosti. Tato vada se výrazně opticky projevuje, avšak tento projev může být i poslechový. Při lisování desky je vložena změkklá lisovací hmota společně s etiketami mezi lisovací matrice a stlačena za zvýšené teploty pro vytvrnutí hmoty. Před umístěním lisovací hmoty mezi matrice je nutné je zkontrolovat a případně očistit od možných zbytků z předešlého procesu, případně jiných nečistot. Pokud je vložena a vylisována hmota na maticích s nečistotami, pak nečistoty způsobí jistou deformaci desky v místě jejich výskytu a toto místo se projeví opticky jako důlek. Nemusí mít závažný projev při poslechu, ovšem opticky vypadá deska poněkud „otlučeně“. Tato vada se nazývá „smět“.

Vzniku vad není možno zcela zabránit, ale je možné omezit jejich ztrátový vliv, co se týče prostředků na výrobu. Z toho důvodu je celý výrobní proces kontrolován, bohužel ale opět jen lidmi a bez použití pokročilejších technologií, s výjimkou simulace a kontroly mechanických parametrů desky před nahráváním. Domnívám se, že vliv této práce a případná realizace optických kontrolních systémů při výrobě by mohla snížit náklady na opravu vad a reklamace, protože při sériové výrobě ztráty silně závisejí na počtu nezdařilých kusů.

1 Gramofonová deska – výroba, vady při výrobě a jejich odhalování

1.1 Úvod

Gramofonová deska je médium určené pro mechanický záznam, uchovávání a reprodukci zvuku. Má tvar kotouče s různými poloměry a otvorem ve středu, který slouží k usazení média na „trn“ přehrávače, kterým je obvykle gramofon.

Desky se také vyrábějí s různými rozměry drážky záznamu a rychlosti otáčení při přehrávání tak, aby se na nich dala reprodukovat jak hudba, tak mluvené slovo a to vše v co nejlepší kvalitě. Zároveň je potřeba, aby byly k dispozici desky s rozličnou dobou možného záznamu, kvůli ekonomické stránce. Materiál, ze kterého se dnes desky vyrábějí je všudypřítomný PVC (*Polyvinylchlorid*) s příměsí sazí pro získání syté černé barvy. Dříve se používal materiál zvaný šelak, což je vysoce viskózní organická kapalina pocházející z výměšků červce lakového.

Na obrázku (*Obr.1.1-1.2*) je ilustrativně vyobrazena gramofonová deska již vyrobená z PVC a dlouhohrající (*celé album-kolem 25-45 minut na stranu*). Rozměr drážky je zde kolem čtyřiceti mikrometrů na šířku (*40um*), který se samozřejmě mírně mění dle dynamiky záznamu.



Obr.1.1 – LP vinylová deska

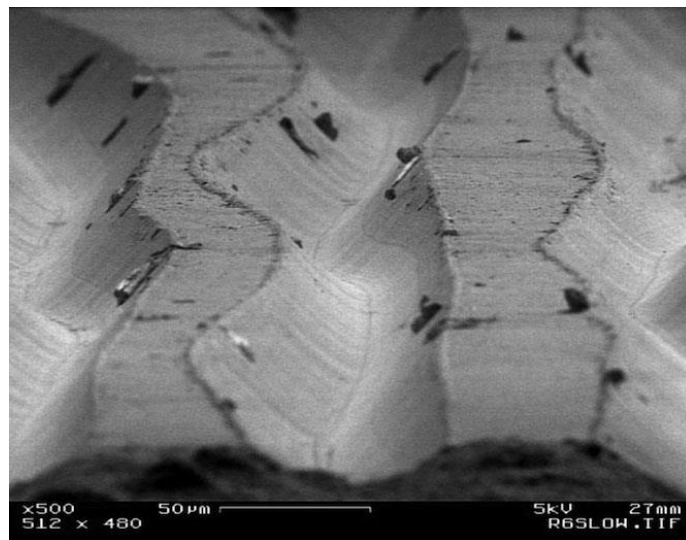


Obr.1.2 – LP vinylová deska - detail

1.2 Výroba gramofonových desek

Výroba gramofonových, v našem případě dlouhohrajících vinylových desek je složitý a dlouhý proces, který začíná vytvořením záznamu, poté nástrojů pro sériovou výrobu média a až úplně na konci je hotový produkt.

Abychom mohli něco zaznamenat, musíme mít nejdříve data ve správné formě. Ve výrobě se pro převod používá soustava výpočetních zařízení, která udělají vše, co je nutné, aby mohl být záznam fyzicky vytvořen. Před samotným záznamem se celá deska nasimuluje a data se prověřují a upravují tak, aby již při záznamu nevznikaly zbytečné chyby způsobené rozměrovým nebo fyzikálním omezením.



Obrázek 1.3 – mikroskopický snímek drážky

Master, neboli prvotní záznam, se provádí na galvanicky poměděný ocelový plech. Ten poté vypadá jako hotový produkt. Vše zajišťuje speciální zařízení podobné gramofonu, kdy se v reálném čase vyřezává hlavicí se speciálním nožem drážka. Rozměry drážky jsou závislé na dynamice a hlasitosti zaznamenávaných dat. V zásadě se jedná o desítky mikronů, jak můžeme vidět na obrázku (*Obr. 1.3*). Záznam je také možné provádět zcela analogicky, ovšem do lakové folie, ale s tím je spojeno více problémů (*viz.: 1.3 Vznik vad při výrobním procesu*). Po tomto procesu máme jednu stranu desky přímo vyřezanou a na druhou stranu aplikujeme zcela stejný postup.

Druhým krokem při výrobě vinylové desky je výroba negativu masteru. Poměděný master se vloží do lázně a galvanicky se na něj nanese velmi silná vrstva niklu. Tím by byla lisovací matrice hotova, ovšem je ještě nutné negativ vystředit a na správném místě udělat otvor pro

správné umístění na lisovací hlavu (pro každou stranu desky je jiný negativ/matrice). Dále dochází ke tvarování okrajů negativu tak, aby přesně dosedl na lisovací hlavu a středící otvory v horní matrici i spodní matrici dosedly přesně na trn lisu.

Vložením lisovacích matric do lisu a jejich fixací získáme základ pro výrobu vinylové desky. Deska se lisuje z PVC „koláčku“. Do lisu se vloží spodní etiketa, koláček, horní etiketa a může se začít.

Celý proces trvá asi 20 vteřin, přičemž po vylisování jsou hrany desky ještě za tepla ořezávány. V tento okamžik by se již deska dala na gramofonu přehrát, ale mohlo by se stát, že by byla abnormálně poškozována jehlou přenosky a proto je nutné je nechat vychladnout, na což je určený odkládací trn, kdy se mezi jednotlivé čerstvě vylisované vinyly vloží papírová distanční vložka.

1.3 Vznik vad při výrobním procesu

Po stručném objasnění náležitostí, které jsou s výrobou vinylových gramofonových desek spojeny je jasné, že někde může vzniknout chyba, které se pak negativně projeví na vzhledu výrobku a co hůře i na kvalitě poslechu. Chyby mohou vznikat již při nahrávání, dále pak v galvanoplastice a nakonec v lisovně.

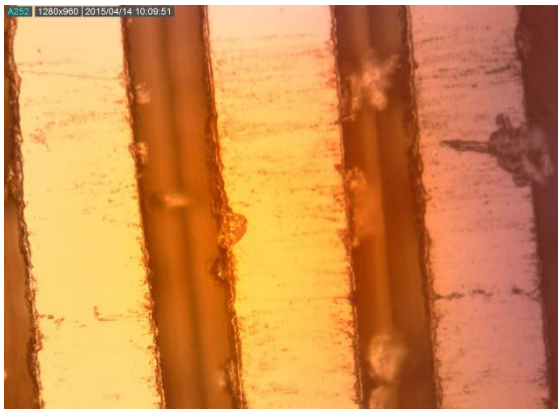
Samotnou kapitolou je šum. Ten je zcela náhodný a vzniká ve všech krocích výroby. Jde tedy o šum způsobený špatným poměděním masteru, opotřebením řezného nože, zrnitostí niklu, hmotou pro lisování, a také šum vnořený již v původním záznamu signálu, ať již úmyslně nebo ne. Někdy se totiž nahrávací studia snaží docílit efektu nedokonalosti desky a tak přidávají do nahraných dat šum a praskot, aby si zákazník při poslechu připadal, že poslouchá stále stejně starou šelakovou desku.

Ty nejzávažnější zde budou rozebrány včetně příčin jejich vzniku.

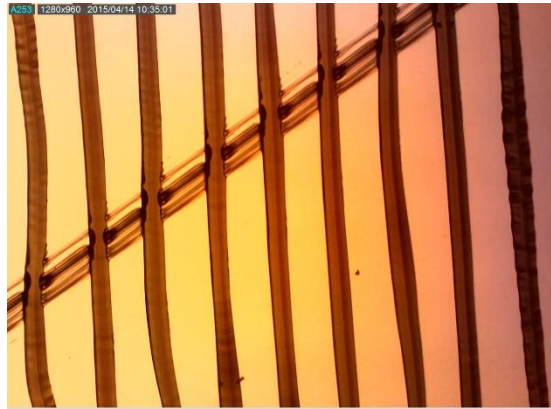
Vzhledem k velmi pečlivému předzpracování (*preprocessingu*) a simulaci celé desky se podařilo zmenšit počet vad vznikajících při řezání do poměděného masteru na minimum. Bohužel ale nelze nikdy zcela eliminovat všechny možné vlivy, a proto i zde se vyskytuje pár možných vad.

K těm nejhorším zcela patří tzv. prořez, kdy se setkají dvě drážky z důvodu špatného nastavení řezací hlavy nebo nedostatečné kontroly vstupního signálu. Ten poté může způsobovat přeskok jehly přenosky mezi drážkami a případně zacyklení celé desky. Je nutné dodržovat minimální vzdálenost mezi drážkami, protože se zde může objevit jedna velmi zajímavá, avšak nechtěná vada. Touto vadou je tzv.: „*preecho*“. Preecho se projevuje při řezání do lakové fólie a to tak, že při nebezpečném přiblížení dvou drážek jsou sebou navzájem ovlivněny. Při poslechu drážky vzdálenější od středu desky můžeme slabě slyšet signál zaznamenaný z drážky bližší ke středu. S tímto souvisí zkreslení signálu při řezání masteru řeznou hlavicí, kdy hlavice nedokáže přesně kopírovat nastavené parametry nebo poté jehla přenosky nezvládne kopírovat drážku a v nejhorším případě začne ve drážce při přehrávání rezonovat. Typickým příkladem této vady jsou „zkreslené sykvavky“, kdy drážka má ostrý tvar písmene Z a přenoska jej nedokáže plně kopírovat. Úplně stejný případ je úbytek vysokých frekvencí vůči původnímu záznamu.

Další velmi závažnou vadou jsou tzv. návalky (*Obr.2*). Ty vznikají při řezání masteru do lakové fólie vlivem jejich mechanických vlastností a projevují se jako ostré hrany právě vyřezané drážky. Při doteku se hrana „rozmaže“ a vytvoří nesmazatelnou šmouhu na desce.



Obr.2 - mikroskopický snímek návalků



Obr.3 – mikroskopický snímek škrábance

Při použití takto vadného masteru vznikají další problémy v galvanoplastice a i při lisování, kdy může být původní zaznamenaný signál velmi zkreslený.

V galvanoplastice může vzniknout také pár velmi nepříjemných vad, které mohou způsobit, že deska nebude přehratelná nebo bude opticky nepřitažlivá a přinejhorším obojí. K těm nejméně závažným z hlediska poslechu patří škrábanec. Škrábanec (*Obr.3*) může vzniknout jak v galvanoplastice, tak i v lisovně a především nešetrným nakládáním s matricí.

Škrábanec lze rozdělit dle závažnosti na buď jen na optickou vadu, kdy je poškozeno pouze zrcátko nikoliv drážka nebo i vadu poslechovou, kdy je poškozena i drážka. Vše záleží na hloubce škrábance. Také je důležité, zda je prvotní škrábanec pouze na vylisované desce nebo i na lisovací matrici, protože při poškození lisovací matrice vznikají vlivem poškození negativu drážky mnohem horší vady a to jak optické, tak i poslechové.

Další velmi rušivou vadou jsou všemožná poškození drážky. Může jít o poškozenou stěnu drážky, vytržené dno nebo vytrženou drážku. Tyto vady vznikají při oddělování negativního niklového obrazu masteru a mohou být i různě rušivé.

Nejhorší vadou je vytržení celé drážky, které se projevuje extrémním praskotem nebo lupnutím. Dále může být vytrženo pouze dno, které se taktéž projevuje praskotem a lupnutím. Nejméně rušivou vadou je poškozená stěna drážky.

Související vadou je „pravý škrták“. Tato vada vzniká také při odlupování niklového negativu od poměděného masteru. Tím je poškozena lisovací matrice a tím i každá vylisovaná deska z ní. Proto je nutné tuto vadu předpokládat a každý negativ kontrolovat. Projevuje se jako drobné tečky nebo čárky na negativu.

V galvanické lázni se mohou vyskytovat i nečistoty, které „zarostou“ do poměděného masteru a způsobí deformaci původních tvarů drážky. V případě velkých nečistot může dojít i k vadě, která se projevuje nízko- tónovým boucháním. Tyto místa s vadou tzv.: „pikle“ jsou pak důlky na lisovací matrici.

Lisování je nejkritičtější část výroby vinylových desek, protože i při vlastnictví kvalitních masterů a následné bezchybné výrobě lisovacích matric, se může mnoho věcí pokazit. Jednou z nejhorších vad při lisování jsou tzv. nedolisů (*Obr.4*), které vznikají při špatné viskozitě lisovací hmoty a nedostatečné teplotě a tlaku lisovací hlavy. Lisovací hmota se pak nedostane tam, kam by měla a deska je zdeformována. Opticky se nedolisů projevují jako shluky bílých teček způsobených nedostatkem hmoty a zároveň při poslechu v tomto místě uslyšíme velmi rušivý praskot.



Obr.4 – mikroskopický snímek nedolisů

Při lisování je kritický parametr také čistota matric, aby nedošlo k zalisování nečistot do desek. Pak by se mohlo stát, že při přehrávání se bude deska na postiženém místě projevovat praskáním nebo lupnutím. V případě, že se nečistoty na matrici nezalisují do desky, může dojít k poškození roviny. Na desce pak vznikají důlky, které se projevují hlubokým boucháním.

Velkou roli na kvalitě desky hraje i čistota lisovací hmoty. Pokud hmota obsahuje mnoho nečistot, tak mohou vznikat místa, kde je hmoty málo a je nahrazena nečistotami. Těmto místům se říká „puchýře“. Ty jsou inverzní vadou k důlkům a jejich projev je obdobný.

Další možnou vadou při lisování je „nepravý škrťák“. Vzniká při lisování, když jedna strana desky přilne k lisovací matrici více než strana druhá, pak při pokusu o odloupení deska zapruží a „škrťne“ sebou o matrici. Tato vada se projevuje jako drobné tečky nebo čárky. Jde především o optickou vadu.

Možnou vadou pro lisování a galvanoplastiku může být excentricita vinylové desky. Ta je způsobena špatným vycentrováním lisovací matrice a chybným místem výřezu středového otvoru. Projevuje se při přehrávání jako změna rychlosti a deska pak „mňouká“.

1.4 Možnosti při optické detekci vad LP desek

Při obdržení zadání tohoto projektu jsem si byl celkem jistý, že vše půjde snadno vyřešit. Můj původní plán bylo využít starý CIR senzor. Bohužel se mi nepodařilo najít k němu odpovídající dokumentaci takovou, aby se dal s nějaký smyslem použít. Proto jsme se vedoucím práce rozhodli použít pro snímání dat kameru. Konkrétně jde o kameru *IMAGING SOURCE DFK 72BUC02* s CMOS senzorem o rozlišení 2592x1944 (*Obr.6*), se kterou je použit objektiv *FUJINON YV2.2x1.4A-2 1/3" 1.4-3.1mm* „rybí oko“. Rozlišení je zcela dostatečné, ale při pokusech o sejmutí viditelné drážky z vinylové desky nastal jiný problém.

Při pokusu o přiblížení objektivu k desce, za účelem optického záznamu drážky se ukázalo, že zvětšení objektivu jednoduše nestačí ke zřetelnému rozpoznání drážky. Proto se domnívám, že k nějaké hlubší analýze defektů drážky bude potřeba objektiv s lepším zvětšením.

Testoval jsem několik principiálně odlišných postupů k mému účelu a vyhověl v mé konfiguraci a pro mé použití pouze jediný. Mezi těmi, které jsem nepoužil, byla například detekce kontur objektu přímo implementovaná v knihovně NI Vision. Ta je založená na detekci hran, kdy se počítají hodnoty pixelů a porovnávají se mezi sebou. Tuto metodu jsem si nevybral, protože nemám k dispozici takové zařízení, které by bylo schopné zaznamenat drážku tak viditelnou, že by mohla být dále zpracovávána.

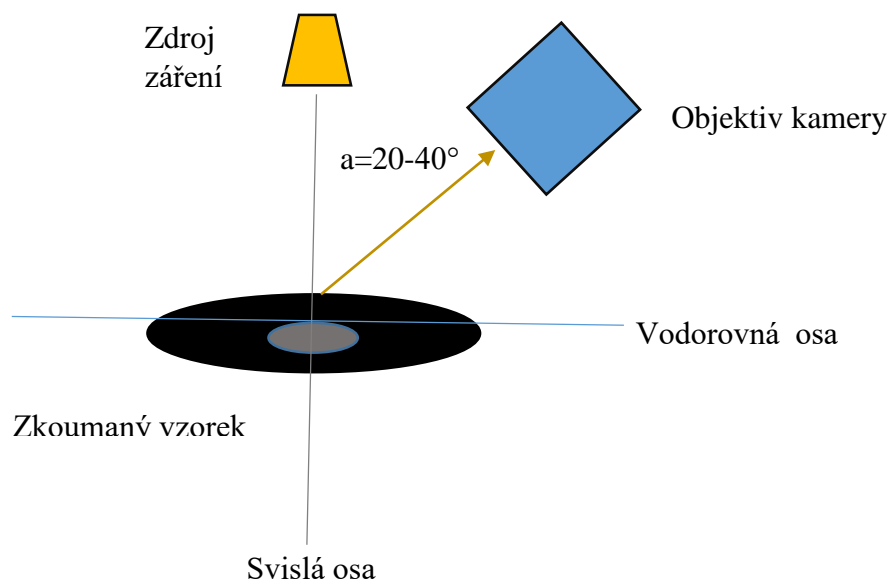
Dále jsem se pokoušel využít metodu také založenou na detekci hran a to metodu detekce kružnic. Zde jsem se snažil nastavit zařízení tak, aby byla drážka zachycena mezi dvě kružnice a zkoumána v závislosti na změně jejich rozměrů. Vše ztroskotalo na stejném problému.

Po několika dalších neúspěšných pokusech jsem si uvědomil, že s mě dostupným zařízením bude na problém potřeba pohlížet poněkud více makroskopicky než doposud. Zkrátka není možné zkoumat objekty velké několik mikrometrů bez mikroskopu, a proto jsem se zaměřil spíše než na detekci samotných vad na detekci jejich projevů. Dle mě poskytnutého seznamu a mikrosnímků nejhorsích vad jsem experimentoval s různými konfiguracemi vzájemných poloh snímacího zařízení, snímaného vzorku a zdroje světla. Přišel jsem na jednu velmi zajímavou skutečnost, a sice není možné donutit jakoukoliv strukturální vadu se projevit bez správně umístěných obou komponent a to snímače a zdroje světla.

Při exkurzi do výrobní haly podniku *GZ Media a.s.* jsem měl možnost pozorovat, jakým způsobem kontrolují výstupní kvalitu vylisovaných desek doposud. Na celou kontrolu měli zaměstnanci něco okolo dvaceti vteřin, což je doba za kterou se přibližně vylisuje jedna deska. Zaměstnanci prováděli kontrolu tak, že se pokoušeli nastavit desku v takovém úhlu vzhledem k zdroji světla, aby zachytili následný odraz a mohli porovnat jeho konzistenci a případné abnormality. Zároveň bylo nutné desku protočit, protože správného odrazu se pro jednu stranu desky dosáhne

pouze pod určitým úhlem, ovšem pro opačnou stranu desky je úhel vlivem tvaru odrazné plochy zrcadlový než původní. Při vnějším pohledu by člověk mohl říci, že zaměstnanci se stali hledači zlata z řek, protože s deskou „rýžují“ nebo alespoň tak bych nazval pohyb desky při její vizuální kontrole.

Po pár pokusech o definici správných úhlů k nastavení snímacího systému, jsem došel k následujícímu zjištění. Nad desku je možné umístit zdroj homogenního světla tak, aby jí nasvítíl z téměř kolmého úhlu. Bohužel ale to neplatí o snímacím zařízení, které pro zachycení odrazu nesmí být kolmo k desce. Zároveň je nutná regulace výstupního výkonu zdroje světla, aby nedošlo tak výrazným odleskům, v kterých by původní vady zcela zanikly. Ilustrativně je vidět rozložení celého systému na obrázku (Obr.5). Experimentálně jsem ověřil, že je možné prohodit vzájemnou polohu zdroje záření a snímacího zařízení a odraz bude stále detekovatelný.



Obr.5 – ilustrace rozložení komponentů kamerového systému

Jako zdroj záření jsem použil výkonové LE Diody bílé barvy postupně poskládané kolem objektivu kamery. Kamera i s objektivem je na obrázku (Obr.6), zdroj záření pak na obrázku (Obr.7).



Obr.6 – použitá kamera s objektivem

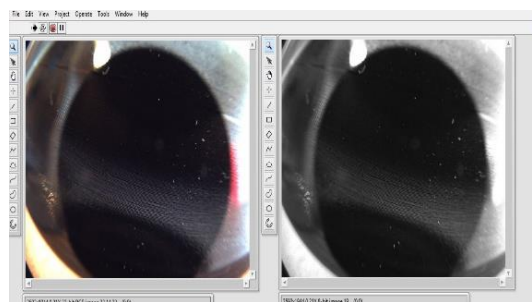
Po stránce hardwaru je tedy jasné, co jsem použil. Ovšem softwarová stránka věci je taktéž zajímavá. Pro optickou detekci vad LP desek jsem využil grafické programovací prostředí Lab-View.



Obr.7 – výkonová LE Dioda s chladičem

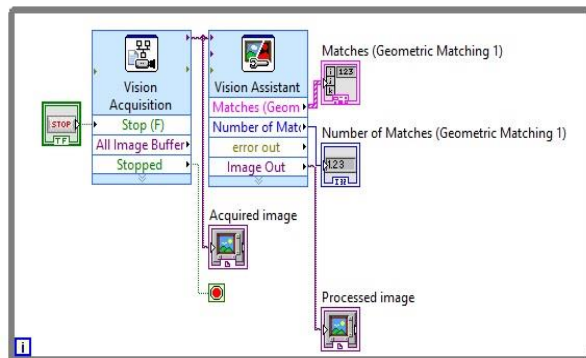
Programování v LabView se skládá ze dvou částí. První část je samotný program: logická struktura, výpočetní mechanismus, vyhodnocovací algoritmus a mnoho dalších. Tato část programu je zapsána v tzv. blocích. Z toho je odvozen název pro první okno programu „Block diagram“ (Obr.8), ve kterém je v samostatně funkčních částech programu zapsána valná většina kódu.

Další část kódu kterou bych osobně nazval uživatelská část, protože skrze ní je program ovládán uživatelem je „Front panel“ (Obr.9). Zde jsou umístěny veškeré ovládací a zobrazovací prvky, mezi které patří např.: zadávací textová pole, grafické zobrazovače, indikátory stavů, posuvné přepínače a mnoho dalších. Programování probíhá stylem „drag and drop“ tj. přesouváním



Obr.9 – Front panel (přední panel) programu

funkcí programu do blokového diagramu a předního panelu, kdy u každého okna zvlášť máme paletu nástrojů, ze které vybíráme.



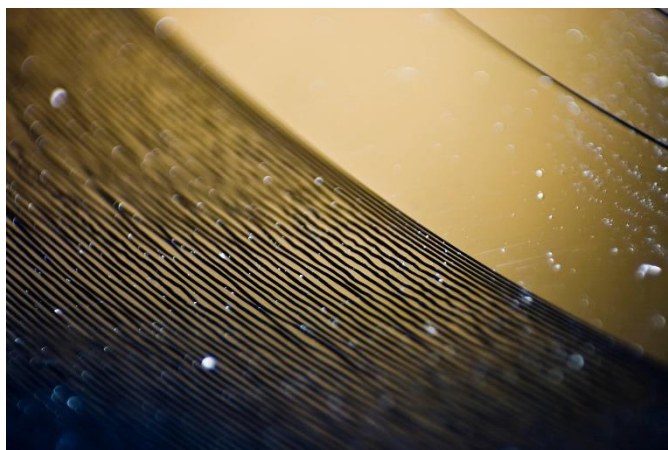
Obr.8 – Block diagram (blokový diagram) programu

Na obrázcích (Obr.8 a Obr.9) je celý program naprogramovaný v LabView. Samozřejmě zde nevidíme kompletní program, protože podprogramy a funkce, které jsou vyžadovány pro bezproblémový běh celého programu, jsou schované v jednotlivých blocích. V kapitole o realizaci kamerového systému bude i popis funkce jednotlivých bloků s odpovídajícími ilustracemi.

2 Realizace

Realizace se skládala ze dvou částí. Nejprve bylo nutné získat přiměřeně kvalitní obraz vinylové desky z kamerového systému. Největší vliv na kvalitu snímku vinylové desky a schopnost vůbec něco detekovat má osvětlení. Proto je výrazná část věnována právě tomu. Následně je třeba získaný obraz zpracovat. Ke zpracování jsem využil program v LabView při použití knihovny pro práci s obrazem „NI Vision and Motion“.

První část se bude věnovat praktické realizaci experimentálního kamerového systému z hlediska hardware a druhá se poté bude zabývat softwarovou stránkou věci. Definitivně složitější částí projektu bylo samotné nastavení podmínek tak, aby bylo možné získat dostatečně kvalitní snímek, který bych byl schopný zpracovat a vyhodnotit. Vzhledem k nemožnosti nastavit kameru na detekci drážky tak, aby byla vidět a daly se na ní provádět kontrolní mechanismy, jsem se rozhodl detekovat daleko větší objekty, a sice zrnka prachu.



Obr.1.4 – LP vinylová deska – zrnka prachu

Toto bylo možné, protože požadavek na systém byl detekovat vady projevující se převážně jako bílé tečky, popřípadě jiné geometrické tvary odrážející nehomogenně světlo ze zdroje záření. Jsem si jist, že při použití lepší kombinace kamery a objektivu by bylo možné detekovat téměř okem neviditelné vady se stejným projevem na desce s minimální změnou v programu. Na obrázku (*Obr.1.4*) je vidět projev zrněk prachu při nasvícení na desce. Jde o světlá místa ve tvaru teček.

2.1 Získávání obrazu z kamery

Při realizaci inspekčního kamerového systému jsem postupoval následujícím způsobem. Nejdříve bylo nutné ověřit si předpoklady (Obr.5), při nasvícení zkoumané vinylové desky.



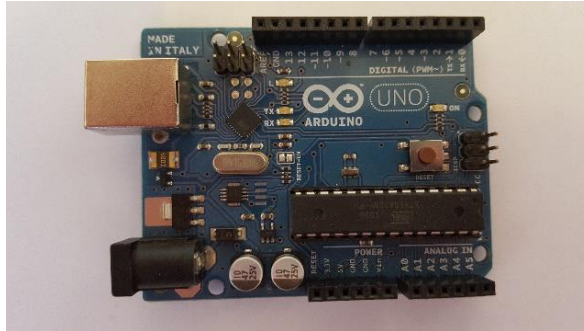
Obr.10 – dřevěné mezikruží s LE Diodami

Po několika pokusech o umístění zdrojů záření a docílení toho, že deska byla při svém zvláštním charakteru množství odraženého světla na některých místech přesvícená, což by mohlo degradovat schopnosti programu rozeznávat vady, a proto jsem se rozhodl upravit původní myšlenku při osvětlení, kdy jsem vyráběl dřevěné mezikruží jako držák pro 6 LE Diod.



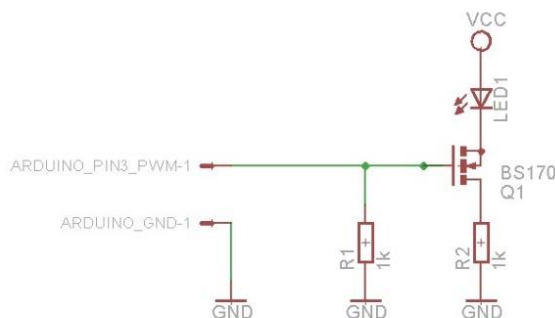
Obr.11 – držák objektivu s odraznou plochou a zdrojem napětí pro LE Diody

Původní osvětlující sestava je na obrázku (Obr.10), která byla určena pro pokusy s velkými objektivy (např.:zdcadlovka). Já jsem ale nakonec použil malý objektiv typu „rybí oko“, takže jsem nemohl tuto sestavu použít (kvůli nerovnoměrnému rozložení světla). Po dalších experimentech jsem se rozhodl eliminovat množství LE Diod a směry, ze kterých budou zářit. Také mě napadlo nějakým způsobem zužitkovat zpět odražené světlo, a tak jsem vytvořil experimentální držák a vybavil ho lesklou odraznou plochou. Prototyp je na obrázku (Obr.11).



Obr.12 – vývojová deska Arduino UNO

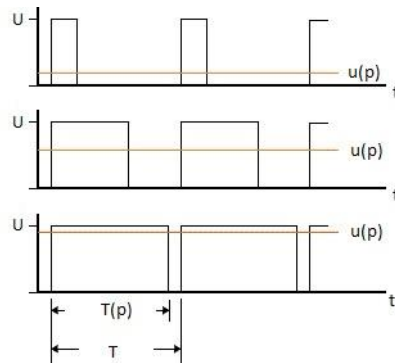
Zde jsem původně rozmístil LE Diody do trojúhelníka v domnění, že bude rovnoměrně osvětlena celá pracovní plocha, ale zmýlil jsem se. Při tomto způsobu osvětlení jsem dosáhl toho, že sice plocha byla velmi dobře osvětlena, ale odraz vinylové desky způsobil, že na CMOS senzor kamery dopadaly 3 odrazy od nerozptýleného záření přímo z LE Diod a to se projevilo obrovským nárůstem jasu v těchto místech. Proto jsem byl nucen diody poměrně vzdálit od objektivu a navíc objektiv vysunout směrem dopředu z držáku, aby nedocházelo k postrannímu oslnění čočky přímo ze zdrojů.



Obr.13 – schéma výkonové části osvětlení

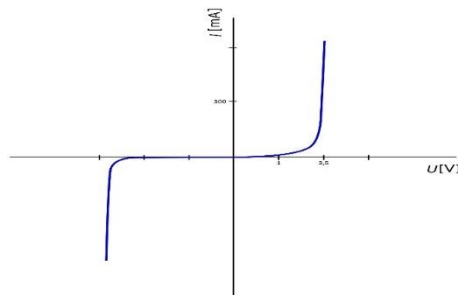
Zdroje světla jsou ovládány s využitím vývojové desky Arduino UNO (Obr.12) s výkonově posíleným výstupem (Obr.13) a adaptabilním odporovým systémem pro nastavení maximálního jasu. Ten se skládá ze sestavy rezistor, fotorezistor a potenciometr, přičemž jeho schéma je na obrázku (Obr.16).

Celý systém regulace jasu je založen na PWM (Obr.14) a také na charakteristice LE Diody. Víme, že jas (výstupní světelný výkon) LE Diody je závislý na proudu procházejícím PN přechodem diody.



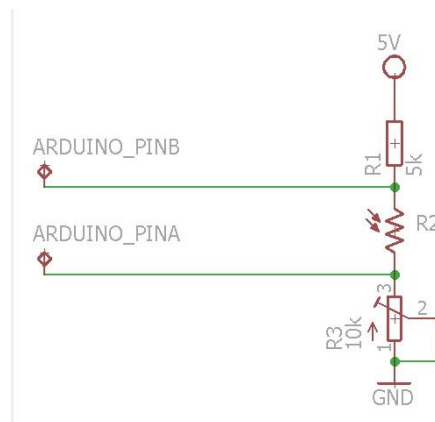
Obr. 14 – PWM modulace

Pokud využijeme tu část charakteristiky (Obr.15), kde je svázáno napětí na diodě s proudem diodou téměř lineárně, pak můžeme ovládat jas diody změnou napájecího napětí.



Obr.15 – ilustrativní VA charakteristika použité výkonové LE Diody

Tento způsob využívám, protože je snadno realizovatelný pomocí dané modulace. Při změně šířky pulzu se i mění hodnota napětí a tím pádem i velikost výstupního výkonu LE Diody.



Obr.16 – sensorová část osvětlení

Ovládání výstupního výkonu je tedy zajištěno. Snímací část systému osvětlení se skládá pouze ze třech součástí. Schéma zapojení je na obrázku (*Obr. 16*). Kde Arduino_PIN A/B jsou kontaktní body pro měření úbytku napětí na fotorezistoru. Na obrázku (*Obr. 17*) je ilustrativně vyobrazen kód pro Arduino, psaný v prostředí Arduino IDE. Program funguje tak, že vždy změří napětí na analogovém vstupu Arduino a dle něj nastaví digitální výstup, který je fyzicky spojen s gatem MOSFET transistorů na výkonovém konci. Proudovou ochranu digitálních výstupů desky zajišťuje uzemnění přes rezistor. O udržení správné hladiny výstupního výkonu se stará



```

PWM | Arduino 1.6.8
Soubor Úpravy Projekt Nástroje nápověda

PWM

int sensor = A0;
int aktuator = 3;
int value = 0;

void setup() {
  pinMode(sensor, INPUT);
  pinMode(aktuator, OUTPUT);
}

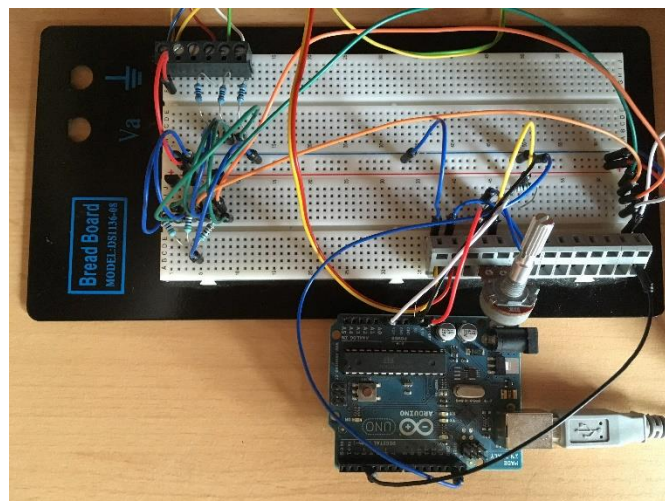
void loop() {
  value = analogRead(sensor);

  if(value>600){
    digitalWrite(aktuator, HIGH);
  }
  else
    digitalWrite(aktuator, LOW);
}

```

Obr.17 – ilustrativní kód pro Arduino UNO

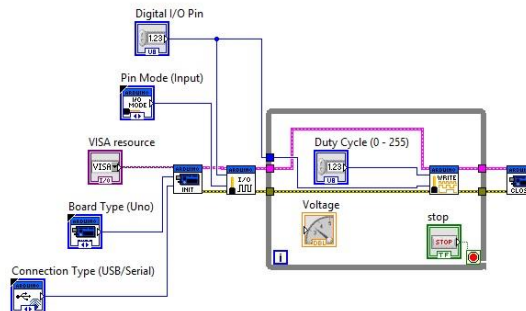
smyčka if, která v případě poklesu množství světla dopadávajícího na sensor okamžitě nastaví na digitálním výstupu logickou úroveň „1“ a tím pádem otevře MOSFET a ten napájí LE Diody. Na druhou stranu pokud je výstupní výkon příliš vysoký, tak poklesne úbytek napětí na fotorezistoru (*čím více dopadajícího světla, tím menší odpor*) a podmínka smyčky nebude splněna, čímž se transistor uzavře a dioda zhasne.



Obr.18 – výkonová a řídicí část osvětlení

Takto by se mohlo zdát, že LE Diody budou blikat. Toto se opravdu děje, ale velkou rychlostí, a proto to nemůžeme pozorovat. Předřadný rezistor je zde kvůli omezení proudu protékajícího přes fotorezistor a potenciometr slouží k nastavení meze jasu.

Experimentální sestava je na obrázku (Obr.18) zapojena na nepájivém poli. Vlevo dole je vidět deska Arduino a nastavovací potenciometr. Vlevo nahoře jsou MOSFETY a svorkovnice, na které jsou zapojeny všechny LE Diody. Závěrem k regulaci výstupního výkonu bych chtěl říci, že jsem se snažil všechny programy sdužit pod LabView, a proto jsem také naprogramoval



Obr.19 – nefunkční kód v LabView na ovládní Arduino

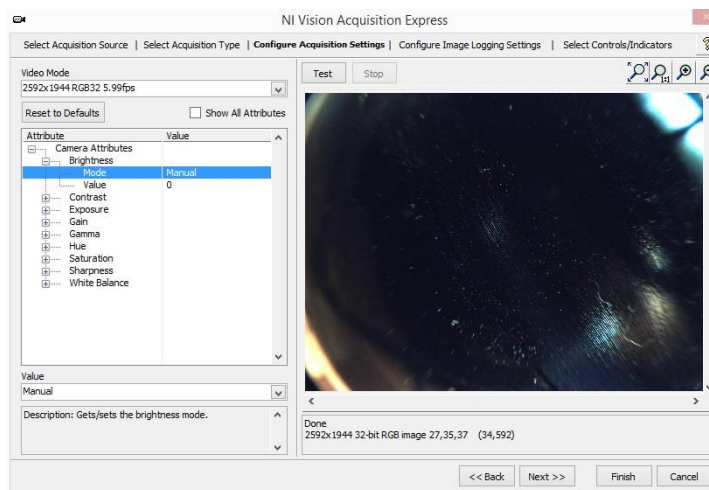
v LabView funkci, která by měla vykonávat to samé, co zvládne extrémně jednoduchý program (Obr.17). Bohužel tato funkce nefungovala. Nejspíše to bylo nesprávným USB driverem, ale i po mnoha pokusech o zprovoznění se funkčnost stejně nedostavila, tak jsem zanechal snahy vyřešit regulaci tímto způsobem. Kód („Block diagram“), který nefungoval, je na obrázku (Obr.19). Bloky nalevo jsou inicializační, nastavují jednotlivé piny a zařízení. Ve smyčce je samotná funkce realizující PWM. Jeden blok je zde „nezapojen“, protože byl testovací na měření hodnoty výstupního napětí. Nakonec jsem použil k naprogramování Arduino přímo prostředí k tomu určené (Arduino IDE).

Po vyřešení problému s nasvícením testované LP desky jsem se s kamerou (Obr.11) a se zdrojem záření pokoušel získat obraz, který bych mohl zpracovat a určit, zda se na desce nacházejí vady. To nebylo jednoduché, protože i při minimálním posunu snímané desky nebo objektivu kamery došlo k rozostření záběru a k nemožnosti detekovat jakoukoliv vadu.

K realizaci zpracování obrazu jsem použil již dříve zmíněné grafické programovací prostředí LabView s knihovnou „NI Vision and Motion“. Blokovaný diagram a přední panel jsou na obrázcích (Obr.8-Obr.9). Součástí blokového diagramu jsou také bloky „NI Vision Acquisition“ a „NI Vision Assistant“, které jsou srdcem celého programu.

NI Vision Acquisition se stará o sběr informací z kamery a jejich převod do obrazové informace. Součástí tohoto bloku je inicializace zařízení, nastavení parametrů sběru dat a jejich množství.

Na obrázku (Obr.20) je vyobrazeno okno nastavení bloku NI Vision Acquisition. Můžeme zde nastavit mnoho parametrů sbíraných dat od rozlišení, barevnosti, snímkové frekvence a mnoha dalších vlastností obrazu.

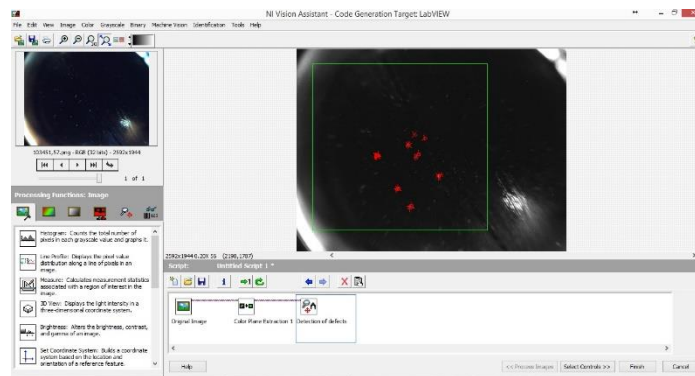


Obr.20 – NI Vision Acquisition

Také si zde můžeme otestovat, jak zařízení funguje a jak budou nasbíraná a zpracovaná data vypadat. Dále se zde nastavuje, zda půjde o sběr dat v jednom okamžiku (*jeden snímek*) nebo kontinuální sběr s využitím paměti typu buffer (*pro videosekvenci*). Výstup z tohoto podprogramu jsou zpracovaná data uzpůsobená k další analýze. V tomto okamžiku si je můžeme již zobrazit na displeji bez dalších doplňků.

2.2 Zpracování obrazu

Pro samotnou analýzu obrazu jsem využil druhý podprogram NI Vision Assistant.. Jak název napovídá, práce s ním je opravdu ve stylu komunikace vedoucího a asistenta, kterému jsou pouze zadávány úkoly a kontrolovány výsledky. Vše je intuitivní a v případě chyby v programu vyskočí ihned chybová hláška s odpovídajícím typem na úpravu programu.



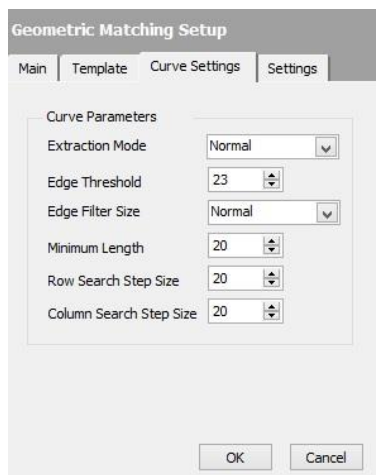
Obr.21 – NI Vision Assistant

Na obrázku (Obr.21) můžeme vidět okno podprogramu NI Vision Assistant po rozkliknutí samotného bloku v blokovém diagramu. Dělí se na čtyři části: zobrazovač původních dat, panel s funkcemi, zobrazovač zpracovaných dat a blokové znázornění procesu zpracování dat.

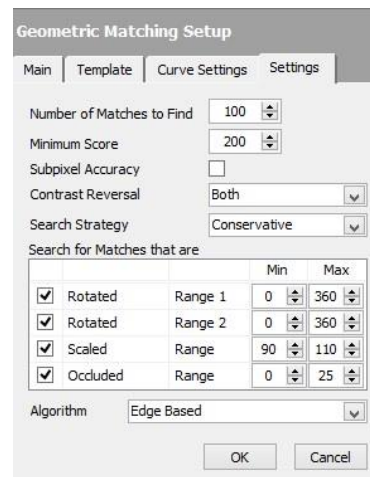
Původní data a paleta s možností pro jejich zpracování se nachází na levé části okna. Po kontrole vstupních dat si vybereme funkci, kterou chceme na daná data použít. Ta se nám ihned zobrazí a zapíše do blokového znázornění postupu při zpracování. Využil jsem zde jako první funkci extrakci barev, protože při posuzování optických vad, které se projevují jako bílé tečky, se nabízí jednoduchá detekce pomocí jasu a barvy nejsou třeba. Dále jsem využil funkci s názvem „Geometric matching“, která je založena na porovnávání vzorového obrázku s nasbíranými daty. V našem případě je vzorový obrázek tzv.: „template“ bitmapový obrázek s bílou tečkou, která ukazuje ideál projevu námi hledané vady. Celá funkce je založena na detekci hran, která zjednodušeně funguje takto.

Program počítá hodnotu pixelů a porovnává ji s hodnotami pixelů okolních. Hodnota pixelu je takové číslo, které v černobílé fotografii udává barvu. Zda se jedná o bílou, černou nebo šedou. Jde o zakódovaný odstín barvy do číselné hodnoty. Zpravidla nejvyšší hodnota pixelu je pro černou barvu a dle bitové hloubky, kterou používám (8bit) pro je to číslo 255.

Většinou se tak děje skrze nějaký geometrický útvar (*čtvercová mřížka, obdélník, kruh*). Tato funkce detekuje maximální možnou změnu hodnoty pixelu při přechodu z pixelu na pixel a dle nastavení citlivosti prohlásí místo s nejvyšší změnou těchto hodnot za hranu. Při porovnávání pracuje funkce zcela analogicky, ovšem porovnává nalezené hrany v „*template*“ obrázku a snímaných datech.



Obr.22 – NI Vision Assistant – nastavení detekce hran



Obr.23 – NI Vision Assistant – nastavení podobnosti template obrázku

Možnosti nastavení této funkce (Obr.22 – Obr.23) jsou opravdu široké. Můžeme zde nastavit chování detekce hran při porovnávání hran „*template*“ obrázku a zpracovávaných dat stejně tak, jako nastavení přesnosti a možné odchylky při porovnávání. Sem patří různé deformace ať již velikostní, pootočení nebo i změna jasu a kontrastu. Také se zde nastavuje množství vyhledávaných shod, aby nedošlo k přehlcení systému a dala se tak efektivně nastavit mez pro toleranci určitého počtu chyb. Což jde samozřejmě nastavit i při vytváření kontrolního „*template*“ obrázku.

Při vhodném nastavení funguje vyhledávání podobností ve snímcích velmi dobře, což je vidět na obrázku (Obr.21). Shody jsou orámovány červeným čtvercem. Vzorem pro vyhledávání byla bílá tečka. Tento fakt způsobil, že při větším rozměru prachového zrnka, které jsem zkoumal, byla shoda v rámci jednoho nálezu nahlášena vícekrát. To je způsobeno nastavením funkce hledání hran. Při definici vzorového nálezu musíme brát v potaz veškeré projevy vad, které se mohou vyskytnout na zkoumané desce a podle toho uzpůsobit databázi vzorků. Tak jako já jsem zkoumal různá prachová zrnka a detekce při stejných nebo podobných nálezech byla velmi přesná, tak při výraznějších změnách byla nutná úprava vyhodnocovacích parametrů funkce hledání hran. Nicméně i přes občasné vícenásobné nalezení jsem s nastavením spokojen, protože

funkce objevila to, co měla a z hlediska vyhodnocení „*je nebo není přítomna optická vada*“ počet nalezených vad tolik nehraje roli.

Naopak zelený rámeček je ROI „*region zájmu*“, kde funkce pracuje. Jeho vhodným nastavením můžeme eliminovat počet falešných nálezů z důvodu oslnivého odrazu denního slunce nebo odrazu od okolních zdrojů záření. Tuto část jsem si nasimuloval rozmístěním zdrojů záření kolem objektivu, kdy dva byly z jedné strany a jeden ze strany druhé. Právě tento osamocený zdroj, sic dosvětloval třetinu snímané desky, bohužel také způsoboval jasně zářivý odraz, který jsem vhodnou volnou ROI eliminoval. Při použití v praxi je třeba otestovat případné směry dodatečného přisvětlení a znovu nastavit oblast zájmu pro funkci hledající hrany.

3 Perspektiva

V předchozích kapitolách byl popsán princip funkce kamerového systému navrženého pro optickou detekci vad dlouhohrajících vinylových desek. Nyní přednesu pár návrhů na jeho konkrétní využití ve výrobním provozu a jeho výhody a nevýhody při používání.

Při exkurzi ve výrobním závodě jsem si udělal obrázek na to, jakým způsobem lze tento systém s malými úpravami implementovat k dosavadnímu výrobnímu zařízení. Konkrétně mám na mysli zařízení na úpravu tvaru vylisované desky tzv. řezačku. Toto zařízení slouží k zařiznutí okrajů každé desky tak, aby byla zcela kruhová a hrany nebyly ostré a deformované. Řezání je prováděno automatizovanou stanicí, kdy pracovník pouze vloží vylisovanou desku na trn a ta je fixována podtlakem k otočnému talíři. Tohoto faktu by se dalo s velkým ziskem využít, protože by mohla být prováděna optická inspekce desky již při závěrečném ořezu hran a tím by se ušetřil čas. Vystává zde několik problému, se kterými by se muselo počítat při úpravě řezacího zařízení.

Prvním problémem je snímací vzdálenost. Ta musí být taková, aby bylo možné pořídit kvalitní snímek desky a zároveň aby neomezovala manipulační prostor pro řezací nože a ruce obsluhy. Napadají mě dvě možnosti, jak docílit splnění obou těchto podmínek, přičemž každá z nich má nějaké výhody a nějaké nevýhody.

Jednou z možností by mohlo být umístění kamery na nastavitelný statický držák. Bylo by ovšem nutné použít odpovídající objektiv, aby i při dodržení manipulační vzdálenosti, která může být i několik desítek centimetrů, bylo možno dostat kvalitní data. Umístění zdroje záření by bylo možné buď na ten samý držák s použitím distančního a úhel nastavujícího mezikusu nebo na kostru řezací stanice, která má vyvýšenou přední část pro zakrytí řezného ústrojí. Pokud by byl zdroj záření umístěn přímo na držák s kamerou, bylo by riziko ovlivnění jiným zdrojem záření minimální a též by se téměř eliminovala možnost přesvícení snímaného vzorku, protože kamera s držákem vytváří pro snímaný prostor stín, pokud je blízko desky. Tento stín je poté odstraněn nastavitelným zdrojem záření. V případě umístění zdroje záření na kostru řezacího zařízení je ovšem riziko ovlivnění požadovaného světla dopadajícího na snímaný vzorek větší. Výhoda tohoto upevnění kamery spočívá v jednoduchosti a také spolehlivosti celého systému. Nevýhodou pak může být kompromis mezi kvalitou optického vyhodnocení vad a manipulačním prostorem, který bude zcela jistě minimálně omezen. Dále pak nutnost použití lepšího objektivu.

Také by bylo možné umístit kameru na držák s pojezdem. Ten by v případě vkládání nebo vyjímání desky z řezacího mechanismu byl v poloze vzdálené, aby nebyl omezen manipulační prostor a v případě snímání by mohl být vzhledem k desce v libovolně nastavitelné vzdálenosti. Zde se poté nabízejí opět dvě možnosti jak umístit zdroj záření. Zcela analogicky jako v předchozím případě. Výhodou je možnost nastavení ideální snímací vzdálenosti a zcela nulový vliv na omezení manipulačního prostoru pro obsluhu v čase manipulace. Nevýhoda tohoto systému spočívá v nutnosti použití pohyblivých mechanických částí a dalšího programování, za účelem správného nastavení běhu snímací sekvence, což se může odrazit na odolnosti a výdrži celého systému.

Domnívám se, že tento systém by mohl ve výrobním provozu znamenat výraznou úsporu času a prostředků. Úspora by se dala znásobit zařazením toho samého optického systému do všech fází výroby, kde by pak byly kontrolovány veškeré polotovary. Jako jedinou větší nevýhodu vidím nutnost počítat s umístěním celého kontrolního stanoviště vzhledem k rozmístění intenzitě okolního záření tak, aby nedocházelo ke zbytečnému znehodnocení rozpoznávací funkce. Jako výhody bych přednesl automatickost celého systému, omezení vlivu lidského faktoru na kvalitu výrobků a možnost napojení do podnikové sítě za účelem centrální správy celého závodu.

4 Literatura

- [1] Gonzales, R. C. Digital image processing / 2nd ed. Upper Saddle River : Pearson, 2002, 793 p. ISBN 81-7808-629-8.
- [2] Relf Ch., Image Acquisition and Processing with LabView, CRC Press, 2004, ISBN 0-8493-1480-1
- [3] Evans B., Beginning Arduino Programming, 2011, ISBN 1430237775
- [4] Lochman A., Gramofonová deska, Práce, 1955, ISBN 80-86217-88-4
- [5] GAVIN, Shane. *Vinyl Record - Ghetto Macro: Macro of one of my vinyl records, I think it's a Raconteurs single if I remember*. [online]. In: [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/roomiccube/3056752288/>
- [6] *INCREDIBLE PHOTOS OF RECORD GROOVES UNDER AN ELECTRON MICROSCOPE: LongwaysViewElectronMicroscopeImageOfVinlyRecordGroove* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.thevinylfactory.com/vinyl-factory-news/incredible-photos-of-record-grooves-under-an-electron-microscope/>

5 Seznam příloh

[1] Principy a projevy vad při výrobě vinylových desek - upraveno

Principy a projevy vad při výrobě vinylových desek – upraveno

Název	Popis vady	Výrobní proces
Šum	Jedná se o náhodný rušivý signál, který se objevuje v každém signálu. Při určité úrovni dochází k výraznému rušení užitečného signálu (například hudby). Šum je způsoben: problémem s mědí na plechu, rekrytalizací mědi, přílišně opotřebovaným diamantovým nožem pro řezání, zrnitostí materiálů nosičů (niklu atd), hmotou pro lisování a lisováním. Výrazný šum se také může objevovat v podkladu od zákazníka. Samotný šum můžeme změřit na začátku, mezi tracky a na konci stran desky.	Výroba plechu, řezání, galvanika a lisovna
Šum v nájezdu	Šum je výraznější v nájezdu už v samotném principu, kdy na začátku desky je širší drážka a můžeme tak pozorovat větší úroveň šumu. Výraznější šum pak může být způsoben i dalšími faktory: tvarováním a broušením matrice, lisováním (jak teče hmota a jak jsou nastaveny parametry pro lisování) a další vadou například teplými rohy.	Výroba plechu, řezání, galvanika a lisovna
Šum ve výjezdu	Šum je výraznější i ve výjezdu strany, kde je umístěna širší drážka a tak je způsoben výraznější šum. Dalším faktorem který ovlivňuje úroveň šumu na konci desky je měď, kde v případě jejího stárnutí dochází k tvrdnutí mědi. Když se poté do takového mědi řízne můžeme pozorovat ve dnech drážky černé tečky. K stárnutí může docházet i při samotném řezání, kdy dochází k postupnému zhoršování. Parametry šumu na konci takového plechu jsou pak velmi špatné. Plech pak velmi rušivě šumí a následné desky z takového plechu jsou neakceptovatelné.	Výroba plechu, řezání, galvanika a lisovna
Lupanec/narážka	Obecná porucha, která se projevuje lupancem. Jeho intenzita je různá. Důvodem této poruchy může být: elektrostatický lupanec, nečistota v drážce, prořez, přeskok, škrábanec a dokonce i chyba v podkladu od zákazníka.	Galvanika a lisovna
Elektrostatický lupanec	Tato vada se projevuje silným lupancem. Když však dané místo přehrajeme znovu na daném místě ho nepozorujeme vůbec a nebo se přemístí na jiné místo (přesun náboje). Deska v takovém případě obsahuje silný statický náboj, po přehrání se náboj vybijí a vznikají tak lupance. Tyto lupance jsou typické svým akustickým projevem, můžeme slyšet velmi ostrý zvuk.	Přehrávání
Praskot	Posloupnost lupanců s různou intenzitou. Praskot může být způsoben jak poruchami z galvanoplastiky, tak i kvůli poruchám z lisování.	Galvanika a lisovna
Škrábanec	Na desce můžeme pozorovat čáru (úsečku), která je umístěna přes záznam. Pokud škrábanec zasahuje do dna drážky, tak se může projevit jako lupanec na otáčku. V případě mělkého škrábance (nepoškození drážky), který poškodí pouze zrcátko, se může projevit jen jako optická vada. Pod mikroskopem pak můžeme pozorovat, jestli je škrábanec na negativu nebo pozitivu. Je velký rozdíl mezi škrábanecem na matrici nebo jen na desce. V případě škrábance na matrici, je touto vadou zatížena veškerá výroba, která byla vyrobena z dané matrice.	Galvanika a lisovna

Poškozená drážka	K poškození drážky může dojít v případě rozebírání nástrojů (negativu a pozitivu), kdy dojde k rozmačkání/odtržení břitů pozitivu. K poruše může také dojít při nešetrném zacházení nebo při špatně nastavených parametrech lisu. Tuto vadu můžeme rozdělit podle stupně poškození na několik typů: poškozenou stěnu drážky, vytržené dno drážky a v extrémním případě i vytrženou drážku.	Galvanka a lisovna
Poškozená stěna drážky	Poškozená stěna uvnitř drážky, tato vada se může projevovat jen v jednom kanálu. Jedná se o typ poškození drážky (viz poškození drážky).	Galvanka
Vytržené dno drážky	Tato vada je jednou z nejvíce rušivých. Při její reprodukci můžeme pozorovat silný praskot nebo lupanec. Jejich intenzita je dána velikostí poškození. Tato porucha je již na matrici (viz poškození drážky).	Galvanka
Vytržená drážka	Opět se jedná o typ poškození drážky. Tato porucha je extrémně rušivá. Porucha je přítomna již na matrici (viz poškození drážky).	Galvanka
Nečistota v drážce	Cizí částice, která je umístěna v drážce. Přenoska do ní narazí a dojde k akustickému projevu. Rozlišujeme dva typy nečistot. První nečistota je taková, která po přehrání přenoskou zmizí. Přenoska jí vytlačí z drážky pryč. Druhý typ nečistoty je takový, že nečistota zůstane v drážce i po přejetí daného místa. Zde se jedná o nečistotu, která je zalisována v drážce.	Lisovna
Škráblá matrice	Při škrábnutí desky můžeme mít štěstí, že se poškodí pouze zrcátko a deska se pak nebude projevovat lupancem na otáčku. U škrábnuté matrice takové štěstí již nemáme. Matrice je totiž negativ a jakýkoliv škrábanec poškodí výstupky z kterých jsou po vylisování dna drážek. Důsledkem toho pak vznikají různé vady, jako jsou například lupance na otáčku, samostatný lupanec a praskot. Tato vada je způsobena především špatnou manipulací s matricí.	Galvanka a lisovna
Nedolisy	Tato vada se především projevuje rušivým praskáním v jednom kanálu (v pravém knálu). Nedolisy jsou fyzicky umístěny v závětrí hran matrice. Ve většině případů je vada umístěna přes několik drážek a praskání tak můžeme slyšet na otáčku. Příčinou je lisování, kde hmota při lisování nedostatečně obteče matrici. Tento problém se obvykle objevuje ke konci stran. Opticky můžeme nedolisy pozorovat jako shluky bílých teček.	Lisovna
Škrták – pravý	Pravý škrták vzniká při rozebírání nástrojů (špatné nebo neplynulé rozebírání), kde dochází k opětovnému přiblížení a zarytí výstupků do jiných míst. Postižen je tak jak negativ, tak i pozitiv. V případě, že se porucha zvukově neprojeví, došlo k poškození zrcátka. Pokud ano, došlo k poškození drážky (silnější souvislé praskání). Další možností jak může vzniknout pravý škrták, je takový, že při lisování o sebe obě matrice škrtnou. Poškozeny jsou pak obě matrice. Pravý a nepravý škrták lze od sebe rozeznat z následujících desek. Pokud je problém i na dalších, jedná se o škrták pravý. Opticky můžeme škrtáky pozorovat jako drobné tečky nebo čárky.	Galvanka a lisovna

Škrták – nepravý	Nepravý škrták vzniká při lisování, kdy při manipulaci s deskou dojde o škrtnutí desky o matrici. Deska například zůstane přilepená na horní matrici, zapruží a plasticky se při snaze desku sundat vrátí zpět k matrici. Tím se poškodí deska. Právě a nepravé škrtáky lze rozeznat z následující desky. Pokud i na ní není ve stejné oblasti škrták, jde o škrták nepravý. Opticky můžeme škrtáky pozorovat jako drobné tečky nebo čárky.	Lisovna
Návalky	Návalky vznikají při řezání do lakových fólií a jsou způsobeny: vlastnostmi lakové vrstvy, tvarem řezacího nože, topením (topení by mělo být nastaveno tak, aby byla drážka hladká) a řezací rychlostí. Důsledkem tohoto jevu při řezání dojde při následném procesu k tomu, že výsledné desky mají na okrajích drážky ostré hrany. Když dojde ke kontaktu s rukou nebo jiným tělesem, tak se návalky rozmažou po zrcátku desky a může tak dojít i k znečištění drážky. Tato vada způsobí nesmazatelnou šmouhu na desce. Dále také může způsobit problémy při technologických procesech v galvanoplastice a drobný praskot.	Řezání
Prořez	Špatně nastavené parametry od operátora nebo porucha řezací aparatury způsobí, že drážky se proříznou do sebe. Důsledkem toho může dojít k přeskoku, praskotu, lupanci a nebo k zacyklení celé desky. Vznikne tak nekonečná smyčka.	Řezání
Úzká drážka	Tento problém může být způsoben při řezání, kdy může být na plechu nebo lakové fólii důlek, mohou být moc velké hloubkové výchylky anebo se v extrémním případě může stát porucha řezací aparatury. Na flexi disku může být úzká drážka způsobena i nedolisováním. Důsledkem toho může být deska v daném místě zkreslena nebo může dojít k přeskoku (jehla postupně opustí drážku). V případě boule na plechu, je pak drážka příliš široká (v daném místě pak bude větší šum).	Řezání
Přeskok	Vada se projevuje tak, že je reprodukován jasně nenavazující úsek skladby. Důvodem může být prořez drážek, úzká drážka, velká stranová výchylka na desce, poškození drážky nebo výrazná zalisovaná nečistota.	Nevhodný podklad a řezání
Zkreslení	Změna tvaru signálu při jeho zpracování. Zkreslení se může například projevovat vznikem dalších frekvencí na vyšších kmitočtech (harmonické zkreslení), vznikem vysokofrekvenčního šumu a v extrémních případech silným praskáním ve vyšších polohách spektra signálu. Zkreslení vzniká v několika případech: při vytlačování přenosky z drážky, dále také u komplikované drážky, kdy přenoska nezvládá přesně kopírovat její tvar anebo v případě, že přenoska začne v drážce rezonovat.	Řezání a přehrávání
Zkreslené sykavky	Druh zkreslení, při kterém dochází ke změně tvaru signálu na hlasu zpěváka/zpěvačky při zpěvu s výrazným „s“. Drážka má v takovém případě tvar písmene „z“. Přenoska pak nedokáže takovouto drážku přesně kopírovat a dochází ke zkreslení.	Řezání a přehrávání
Úbytek výšek	Deska obsahuje oproti masteru výrazný úbytek výšek. Tento problém vzniká především kvůli nekvalitním plechům pro řezání, příliš opotřebeným nožem nebo při ojedinělých případech opotřebenou hlavou pro řezání. Výrazný úbytek výšek oproti masteru může být také způsoben špatně připraveným masterem od zákazníka. V těchto případech musí dojít ke korekcím parametrů, které umožní podklad přenést i na desku.	Výroba plechů a řezání

Cizí zvuk	Jakýkoliv zvuk, který nebyl přítomen na masteru z kterého se řezalo, ale je přítomen na vylisovaných deskách. Typickým případem může být hluk (pohon, houkání a foukání v nájezdu), nestandardní šum a brum (typicky 50 Hz ze sítě), který může přecházet do vibrace. Dále také magnetické, elektrostatické rušení a hluky okolí.	Neurčitý
Houkání/foukání	Cizí zvuk, který se na desce projevuje pulzující frekvencí nebo tzv. foukáním (připomíná foukání větru). Tento problém se objevuje na začátku stran desek, může být způsoben špatným broušením zadní strany matrice nebo špatnou formou při lisování.	Galvanka
Smeť	Smeť je vada, která ve svém důsledku vzniká již při přípravě na lisování. Lisařka by měla otřít matrici ze zadní strany a zbavit jí veškerých nečistot. Pokud toto neudělá, tak se v průběhu lisování nečistota tlačí na matrici a ta se poškodí (výstupek na matrici), poté je tato vada již na všech deskách. Samozřejmě i může i nastat, že smet' se vytvoří i v průběhu lisování, kdy lis nasaje nečistotu a ta se dostane opět pod matrici. Princip je pak stejný. Na desce jí pak můžeme pozorovat jako malý důlek. Smet' se projevuje zvukem, co obsahuje nízké frekvence (bouchání).	Lisovna
Puchýře	Puchýře vznikají při lisování a to v případě, že se do hmoty dostane nečistota. Při vylisování vznikne puchýř, který se projevuje inverzně, jako smet'. Nečistoty ve hmotě však automaticky nemusí znamenat, že se na desce objeví puchýře.	Lisovna
Pikle	Pikle vypadají podobně jako smeti, dokonce se i stejně zvukově projevují (bouchání). Hlavní rozdíl je ten, že pikle vznikají již v galvanoplastice. Může se stát, že lázeň obsahuje nějakou nečistotu. Nečistota pak může do matrice zarůst. K poškození matrice tak nedochází při lisování, ale již při galvanickém procesu. Tato vada může vzniknout i při broušení zadní strany matrice.	Galvanka
Výpadek	Vylisovaná deska neobsahuje určitou pasáž hudby, která byla zákazníkem požadována. Typicky to může být výpadek předvodníku při řezání nebo špatné oříznutí tracku v premasteringu. Speciálním případem výpadku může být i špatně seřízené vypínání automatického gramofonu, kdy se gramofon vypne a již nepřehraje konec desky.	Řezání
Chyba v podkladu	Chybou v podkladu rozumíme problém, který je umístěn už v podkladech od zákazníka. Touto poruchou se například rozumí: digitální chyba nebo jiný nechtěný zvukový projev.	Nevhodný podklad
Excentricita	Excentricita je vzdálenost středu otáčení od středu zaznamenaného záznamu (spirály). Matrice nebyla správně vycentrována. Ve svém důsledku došlo k špatnému vyříznutí středového otvoru na matrici. Na desce pak dochází k pohybu desky v horizontálním směru a k relativní změně rychlosti, deska pak tzv. mňouká. Maximální přípustná hodnota je 0,2 mm (0,3%) v maximu.	Galvanka a lisovna
Velký středový otvor	Středový otvor je příliš velký a může tak způsobovat excentricitu. Větší středový otvor je problémem především při lisování bez etikety.	Lisovna
Malý středový otvor	Středový otvor je příliš malý.	Galvanka a lisovna

Křivost	Deska jeví známky křivosti. Liší se od roviny. Křivost je buď konvexní (talířovitá) nebo konkávní (kopcovitá). Tento problém vzniká v případě špatně seřízených parametrů lisu (pokud je jiná teplota horní a dolní formy), na ořezávačce a také pokud není deska vyzrálá (uvnitř je pnutí, které se uplatní a desku zdeformuje).	Lisovna
Zvlnění	Deska jeví známky zvlnění. Tento problém vzniká především při špatně nastavených parametrech lisu pro lisování. Je to v podstatě druh křivosti.	Lisovna
Záměna	Na desce není obsah dodaný zákazníkem. K záměně může dojít několika způsoby: již při samotném zadávání v IFS (špatná cesta k podkladům nebo špatný track-list), špatně popsany fyzický nosič, špatně vytvořený master od operátora co titul připravoval pro zpracování, k záměně také může dojít v případě, že řezač špatně označí říznutý nosič (Cu nosič nebo lakovou fólii), dále také v případě špatného gravírování, případně také proto, že bylo lisováno ze špatných matic. Všechny tyto chyby by měly být včas zachyceny.	Neurčitý
Záměna matic	Pro lisování byla použita špatná matrice. Strana má vygravírované špatné matriční číslo nebo obsahuje naprosto jiný titul.	Neurčitý
Vehraná vada	Vehraná vada je taková vada, která byla již na podkladu od zákazníka. Typickým příkladem může být praskot, který zákazník úmyslně vkládá do svého masteru.	Nevhodný podklad
Nevyroben nový přepis	Pro nové zpracování nebylo provedeno nové říznutí (do Cu nosiče nebo do lakové fólie).	Neurčitý
Nevyrobená nová matka	Pro nové zpracování nebyla z nosiče vyrobena nová matka.	Neurčitý
Špatná váha desky	Váha desky neodpovídá stanovené váze. Pro lisování byl použit malý objem hmoty (koláček) nebo lisování proběhlo se špatným nastavením lisovacích parametrů.	Lisovna
Špatná etiketa	Deska obsahuje špatnou etiketu.	Neurčitý
Prasklá etiketa	Deska obsahuje prasklou etiketu.	Lisovna
Odfouknutá etiketa	Deska obsahuje odfouklou etiketu.	Lisovna
Špatný typ GD	Typ gramofonové desky neodpovídá požadavkům (například picture disk).	Neurčitý
Špatná barva hmoty	Deska byla vyrobena z hmoty, které nemá požadovanou barvu.	Lisovna
Malý počet desek	Nebyl vyroben požadovaný počet desek.	Lisovna
Špatné gravírování	Na plech nebo matku bylo vygravírováno špatné matriční číslo, jiný požadovaný text nebo označení.	Galvanka
Skvrny	Deska obsahuje skvrny. Tato vada zhoršuje vizuální vjem z desky.	Galvanka a lisovna
Optická vada desky	Vada, jejíž projev není akusticky, ale pouze opticky. Mohou to být například různé skvrny či nečistoty, které více či méně poškozují vizuální dojem z desky.	Lisovna
Dlouhé ticho na začátku	Přílišně dlouhé ticho na začátku desky vzniká při poruše řezací aparatury.	Řezání

Pomerančová kůra	Pomerančová kůra vznikala především na matricích, kde docházelo k poruchám rovinnosti nebo v případě, kdy se povrch zadní strany matrice šoupe o formu při lisování, vzniká pak prášek, který poškozuje matrici. Tato vada se projevuje jak opticky (reliéfní charakter), tak i akusticky (hlukem).	Galvanka
Modrý závoj	Modrý závoj na desce vzniká v případě: koroze niklu, interakce matrice s hmotou (dříve se používal jiný lisovací materiál) a také dříve v případě problému s chromováním. Tato vada se projevuje pouze opticky.	Galvanka
Házivost	Házivost je dvojnásobek excentricity. Jedná se o rozdíl velikost maxima a minima excentricity. Maximální přípustná hodnota je 0,4 mm.	Galvanka a lisovna
Bez vady	Deska neobsahuje žádnou vadu, která by jak akusticky, tak i vzhledově degradovala dojem z desky.	Neurčitý
Preecho	Preecho vzniká v případě vnitřního pnutí materiálů nosiče zejména lakové fólie, pnutí při narůstání niklu (nikl zpětně působí na lakovou fólii), při výrobě originálu, matky nebo matrice a v případě pnutí niklovací lázně. K této vadě také může dojít v případě tvarování. Dále také při lisování kdy se deformuje matrice a nebo při řezání do lakové fólie, kdy v hodně hlasitých pasážích může docházet k ovlivňování drážek vedle takto hlasité drážky. Preecho se pak projevuje akusticky, kde můžeme slabě slyšet hudbu (nebo jiný signál), který teprve nastane.	Galvano-plastika

