

# DIPLOMOVÁ PRÁCE



ČESKÉ  
VYSOKÉ  
UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V PRAZE

---

## FAKULTA STROJNÍ

Metodika značení a sledování výkovků

---

Methodology of marking and traceability  
of forgings

2024

Autor: Bc. Petr Kolouch

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kellner

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kolouch** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **473549**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výrobní inženýrství**  
Specializace: **Bez specializace**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Metodika značení a sledování výkvočků**

Název diplomové práce anglicky:

**Methodology of marking and traceability of forgings**

Pokyny pro vypracování:

1. Životní cyklus výrobku.
2. Traceability a Průmysl 4.0.
3. Analýza technologií značení.
4. Návrh vhodné metodiky značení dílců.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Tomáš Kellner ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **12.10.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **02.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Tomáš Kellner  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

*„Prohlašuji, že já, Petr Kolouch, jsem tuto práci vypracoval samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury.“*

V Praze dne .....

**Poděkování:**

*Rád bych zde poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Tomášovi Kellnerovi a specialistům, Ing. Josefu Uzlovi a Markovi Zemanovi ze společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. za spolupráci, odborné vedení a rady, které mi v průběhu psaní poskytli.*

**Abstrakt:**

Cílem práce je navrhnout metodiku značení a sledování výkovků pro použití v průmyslu, konkrétně ve společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. zabývající se výrobou tvářených dílů ze slitin hliníku. Hlavní výzvou bylo nalézt použitelné parametry značení, čemuž je věnována experimentální část jakožto stěžejní segment celé diplomové práce. Bez kvalitního a aplikovatelného značení totiž nelze sestavit přesnou a efektivní sledovatelnost a bez účinné sledovatelnosti nelze navrhnout funkční metodiku, která by se dala implementovat do výroby.

Práce se dělí na tři hlavní části, a to teoretický podklad pro danou problematiku, experimentální zkoumání způsobů značení technologií mikroúderu a laseru a návrhem metodiky s implementací získaných dat a jejího zhodnocení.

**Klíčová slova:**

Průmysl 4.0, traceabilita, druhy značení, technologie značení, metodika značení a sledování výkovků

**Abstract:**

The aim of the work is to propose a methodology for marking and traceability of forgings for use in industry, specifically in the company Strojmetal Aluminium Forging a.s. engaged in the production of forged parts from aluminium alloys. The biggest challenge was to find usable marking parameters, to which the experimental part is dedicated as a key segment of the entire thesis. Without high-quality and applicable marking, accurate and effective traceability cannot be established, and without effective traceability it is impossible to design a functional methodology that could be implemented in production. The work is divided into three main parts, namely the theoretical basis for the given issue, the experimental investigation of marking methods using micro-impact and laser technologies, and the proposal of a methodology with the implementation of the obtained data and its evaluation.

**Key words:**

Industry 4.0, traceability, types of marking, marking technology, methodology for marking and traceability of forgings

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>PRŮMYSL 4.0</b> .....	<b>9</b>
2.1	CHARAKTERISTIKA TRANSFORMACE .....	11
<b>3</b>	<b>ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBKU</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>TRACEABILITA</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>DRUHY ZNAČENÍ</b> .....	<b>17</b>
5.1	1D A 2D KÓDY.....	17
5.1.1	<i>Jednorozměrný kód</i> .....	19
5.1.2	<i>Dvourozměrný kód</i> .....	19
5.2	QR KÓD .....	21
5.3	DATA MATRIX .....	23
5.4	GRAFICKÉ ZNAČKY .....	25
5.5	RFID .....	26
5.5.1	<i>Kapacita RFID čipu</i> .....	27
5.5.2	<i>Frekvenční pásma</i> .....	28
5.6	POROVNÁNÍ RFID OPROTI 1D A 2D KÓDŮM .....	29
<b>6</b>	<b>TECHNOLOGIE ZNAČENÍ</b> .....	<b>30</b>
6.1	MIKROÚDER.....	30
6.1.1	<i>Princip</i> .....	31
6.1.2	<i>Rytí</i> .....	32
6.1.3	<i>Výhody a nevýhody</i> .....	33
6.2	INKJET .....	34
6.2.1	<i>Výhody a nevýhody</i> .....	35
6.3	TERMOTRANSFER .....	36
6.3.1	<i>Princip</i> .....	36
6.3.2	<i>Výhody a nevýhody</i> .....	37
6.4	LASER .....	38
6.4.1	<i>Princip</i> .....	38
6.4.2	<i>Druhy laserů</i> .....	40
6.4.3	<i>Způsoby značení laserem</i> .....	40
6.4.4	<i>Výhody a nevýhody</i> .....	44
6.5	SROVNÁNÍ ZNAČÍCÍCH TECHNOLOGIÍ .....	45
<b>7</b>	<b>HISTORIE SPOLEČNOSTI STROJMETAL</b> .....	<b>47</b>
7.1	PRODUKTOVÉ PORTFOLIO .....	48
7.2	TRACEABILITA A ZNAČENÍ VE STROJMETALU .....	49
<b>8</b>	<b>TESTY ZNAČENÍ</b> .....	<b>52</b>
8.1	MIKROÚDER .....	53
8.1.1	<i>Úvodní testování</i> .....	54
8.1.2	<i>Vizuální průběh experimentu</i> .....	58
8.1.3	<i>Měření čitelnosti DMC</i> .....	65
8.1.4	<i>Měření 1</i> .....	67
8.1.5	<i>Měření 2</i> .....	70
8.1.6	<i>Měření 3</i> .....	73
8.1.7	<i>Měření 4</i> .....	75
8.1.8	<i>Měření 5</i> .....	78
8.1.9	<i>Závěr mikroúderu</i> .....	80

8.2	LASER .....	82
8.2.1	Měření odolnosti DMC.....	83
8.2.2	Úvodní testování.....	85
8.2.3	Měření 1-2 .....	86
8.2.4	Měření 3-4 .....	87
8.2.5	Měření 5-6 .....	88
8.2.6	Vývoj krytky pro bezpečnou manipulaci .....	90
8.2.7	Testování odolnosti laserového značení proti otryskání.....	92
<b>9</b>	<b>NÁVRH METODIKY ZNAČENÍ A SLEDOVÁNÍ VÝKOVKŮ .....</b>	<b>94</b>
9.1	VARIANTA 1 .....	94
9.2	VARIANTA 2 .....	97
9.3	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	100
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>101</b>
	<b>ZDROJE: .....</b>	<b>103</b>





# 1 Úvod

Cílem diplomové práce je navrhnout metodiku značení a sledování výkovků na úrovni jednotlivých kusů a zaznamenat celou jejich historii od materiálových vlastností po všechny provedené technologické operace, včetně podmínek, které panovaly během jednotlivých procesů výroby. Tím by bylo možné výrazně zefektivnit informační tok od výrobce k zákazníkovi a otevřít nové možnosti pro kontrolu a revalidaci výrobků během celého jejich životního cyklu.

V první části práce pojednávám o důležitých tématech pojících se s danou problematikou v podobě Průmyslu 4.0 a charakteristiky transformace, kterou dnešní svět prochází. Následně rozebírám životní cyklus výrobku a důležité fáze jeho vývoje, téma traceability jakožto pojem mluvící o sledování výrobků napříč jejich životním cyklem. Následně definuji nejrelevantnější druhy značení v průmyslu, jejich princip a výhody a nevýhody. V návaznosti pokračuji popisem technologií, které se pro dané druhy značení v průmyslu používají. Zde se jedná o technologie mikroúderu, inkjetu, termotransferu a laserového značení, jejich princip, výhody a nevýhody a technologie jsou mezi sebou porovnány. Ve střední části popisuji společnost Strojmetal Aluminium Forging a.s. ve které jsem sbíral naměřená data. V praktické části jsou rozebrány a popsány jednotlivé testy značení pro technologie mikroúderu a laserového značení, které jsem zvolil po analýze teoretické části a jejich výhod a nevýhod. Je zde zpracován chronologický vývoj experimentů kde každý další vychází z nově získaných dat a pro každou technologii je zpracováno ucelené shrnutí výsledků. Následně jsou shrnutí porovnány a vybráno řešení vhodnější pro aplikaci v zadaných podmínkách. V závěrečné části práce je popsán návrh metodiky značení a sledování výkovků, do kterého jsou zakomponovány zjištěné poznatky a je k němu vyhotoveno technicko-ekonomické zhodnocení.

## 2 Průmysl 4.0

V technologické éře, jež nyní probíhá, zaujímá průmysl v každodenním životě nezastupitelnou roli. Současný svět, jak ho známe, by bez technologických inovací a pokroků které průmysl přinesl, neexistoval nebo by byl radikálně odlišný. Podobně jako v případě ostatních oblastí se i průmysl mění, a to rychleji nežli kdy dříve a je potřeba s těmito změnami počítat, neignorovat je, přizpůsobovat se jim a využívat je ve prospěch nás i celé společnosti. Tato transformace je známa jako Průmysl 4.0 a ovlivňuje v podstatě všechna odvětví a přináší mnoho nových výzev a příležitostí. [1]

Součástí je integrace informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence do oblasti výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Příležitosti a hrozby těchto transformací byly již pochopeny mnoha vyspělými zeměmi, které přistoupily k podpoře 4. průmyslové revoluce ve svých systémových opatřeních a podpůrných programech. Pro každou zemi, společenské uskupení, vzdělávací instituci, firmy i výrobce představují tyto trendy rozsáhlé příležitosti z hlediska udržitelnosti, zvyšování produktivity a potažmo poptávky po kvalifikované práci. [1]

V jádru 4. průmyslové revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To přináší významné interakce těchto systémů s celou společností. Z pohledu moderní teorie se proto v poslední době mluví o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální způsobující dynamickou vzájemnou interakci všech těchto komplexních složek. Předpokládá se masové sdílení informací a kontinuální komunikace podpořené kvalitní komunikační infrastrukturou. Dalšími významnými technologiemi Průmyslu 4.0 jsou uvedena velká data, autonomní roboti, senzory, cloudové výpočty a datová úložiště, jakožto i aditivní výroba, rozšířená realita a celá vědní disciplína kybernetiky a umělé inteligence tvořící myšlenkové a technologické jádro této masivní proměny. [1]

Je zřejmé, že bude zapotřebí velmi intenzivní a soustředěný společenskovední výzkum a jeho propojení se sférou průmyslové výroby i oblastí služeb, a to na poli světa práce a vzdělávání, při tvorbě a zpracování dat i v souvislosti s rozšiřováním prostoru virtuálního světa. Neopomenutelná je i standardizace a zásadní úpravy legislativy, které budou relevantní pro digitální a kybernetickou praxi v průmyslu a službách, ale i v celé společnosti. Stejně tak i otázky bezpečnosti dat, systémové bezpečnosti kritických infrastruktur a energetických systémů, spolu s ochranou soukromí a duševního vlastnictví. Nové možnosti přinesou razantní zvýšení produktivity práce, přičemž však může dojít a pravděpodobně též dojde k významným změnám na trhu práce, zejména pak k ohrožení méně kvalifikovaných profesí. Současně s tím budou vytvořena nová pracovní místa, avšak tato budou spojena s vyššími nároky na kvalifikaci pracovní síly, především v oblasti digitálních a inženýrských dovedností. Naprosto klíčovým faktorem pro úspěšné zvládnutí dopadů na zaměstnanost je především kvalita a fungování vzdělávacího systému, včetně toho, který poskytuje vzdělání po celý život. Nastavení celého systému je nezbytné tak, aby předvídal potřeby trhu práce a reflektoval vhodné kompetence pro Průmysl 4.0 na všech stupních vzdělávání. [1]

Co se ekonomické připravenosti státu týče, úroveň jeho připravenosti na Průmysl 4.0, je charakterizována zejména kvalitou internetového a digitálního prostředí. Dle Global technology reportu Světového ekonomického fóra, který obsahuje i tzv. „Networked readiness index“, je Česká republika na 42. místě s hodnotou indexu 4,49 vs. 6,04 bodů u vedoucího Finska. Je ovšem nutné podotknout, že to není jen o digitalizaci, ale digitalizace je nutnou podmínkou pro realizaci systémových kybernetických principů, inteligentních výrobních systémů a služeb. [1]

Shrnutím lze konstatovat, že dopady Průmyslu 4.0 budou ovlivňovat prakticky všechna odvětví, veškeré druhy činností a všechny aspekty života jednotlivce i společenských celků. Z toho důvodu je mimořádně důležité plně porozumět možnostem a potenciálním dopadům této revoluce. Efektivní příprava na potenciální rizika a maximální využití příležitostí, které s sebou Průmysl 4.0 přináší, není pouze otázkou konkrétních technologií, včetně těch, na něž je zaměřena diplomová práce. V jádru pochopení Průmyslu 4.0 stojí nový a odlišný způsob myšlení celé společnosti. [1]

## 2.1 Charakteristika transformace

Průmysl 4.0 transformuje výrobu z izolovaných automatizovaných jednotek do plně integrovaného, automatizovaného a neustále optimalizovaného výrobního prostředí. Během této transformace vznikají nové globální sítě, které propojují výrobní zařízení do kyberneticko-fyzických systémů známých jako CPS (Cyber-Physical Systems). CPS se stávají klíčovým stavebním kamenem "inteligentních továren" schopných autonomní výměny informací, provádění potřebných akcí v reakci na aktuální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Tento propojený ekosystém zahrnuje senzory, stroje, součástky a IT systémy, které jsou propojeny napříč hodnotovým řetězcem a překračují hranice jednotlivých firem. V rámci těchto propojených CPS vzájemně interagují, analyzují data pomocí standardních komunikačních protokolů na bázi internetu, předvídají možné chyby či poruchy, konfiguruje se samy a okamžitě reagují na změněné podmínky. [1]

Nasazování senzorů a aplikací přináší "inteligentní" funkce do výrobků, jako jsou například automobily a výrobní stroje. Zejména v oblasti autonomní dopravy a logistiky bude hrát stále významnější roli družicová telekomunikace, a především družicová navigace. V rámci inteligentních továren je hlavním zaměřením prediktivní údržba výrobních zařízení a možnost individualizace hromadné výroby, což zahrnuje produkci menších sérií a rychlou dodávku dle individuálních přání zákazníka. [1]

V těchto „inteligentních továrnách“ budou vznikat "inteligentní produkty". Tyto produkty nejen znají svou historii a aktuální stav, ale také jsou schopny sledovat alternativní cesty vedoucí k finálnímu výrobku. Výrobní procesy jsou pak propojeny v rámci firemních systémů, což umožňuje pružnou reakci v reálném čase na okamžitou a měnící se poptávku po produktech. Tato propojenost umožňuje reagovat na individuální požadavky zákazníků a efektivně vytvářet produkty dle jejich specifikací nebo rychlou reakci na poruchy výrobních zařízení. [1]

Základní rysy inteligentních továren v souladu s konceptem Průmysl 4.0:

- Výrobní procesy jsou optimalizovány napříč celým hodnotovým řetězcem díky integrovaným IT systémům. [1]
- Klasické, izolované výrobní jednotky jsou nahrazeny plně automatizovanými a vzájemně propojenými výrobními linkami. [1]
- Fyzické prototypy jsou nahrazeny virtuálními návrhy produktů, výrobních prostředků a procesů, jejichž uvedení do provozu probíhá integrovaným procesem zahrnujícím výrobce i jeho dodavatele. [1]
- Flexibilní výrobní procesy umožňují efektivní výrobu malých dávek přizpůsobených individuálním požadavkům zákazníků. [1]
- Vzájemně komunikující roboti, výrobní zařízení a výrobky umožňují autonomní rozhodování v reálném čase, což zvyšuje flexibilitu a efektivitu výrobního procesu. [1]
- Výrobní zařízení se samo optimalizuje a konfiguruje v závislosti na parametrech zpracovávaného produktu. [1]
- Automatizované logistické zázemí využívá autonomních vozíků a robotů. Logistické zázemí se skládá z kooperace více subjektů spolupracujících v rámci distribučního procesu, které není omezeno na jediné fyzické místo. [1]

## **Závěr**

Inteligentní továrny otevírají novou perspektivu pro kreativní tvorbu přidané hodnoty a rozvoj nových obchodních modelů. Dochází k zásadní přeformulaci vztahů mezi zákazníky, výrobcí a dodavateli, stejně jako ke změně způsobu komunikace mezi lidmi a stroji. Tyto transformace mají potenciál řešit globální výzvy, jako je nedostatek surovin, energetická efektivita a demografické změny. Zároveň se mění přístup k lidské práci, přičemž lidé nebudou primárně zaměstnáni ve fyzicky náročných a rutinních úkolech, ale budou mít možnost uplatnit svou kreativitu. [1]

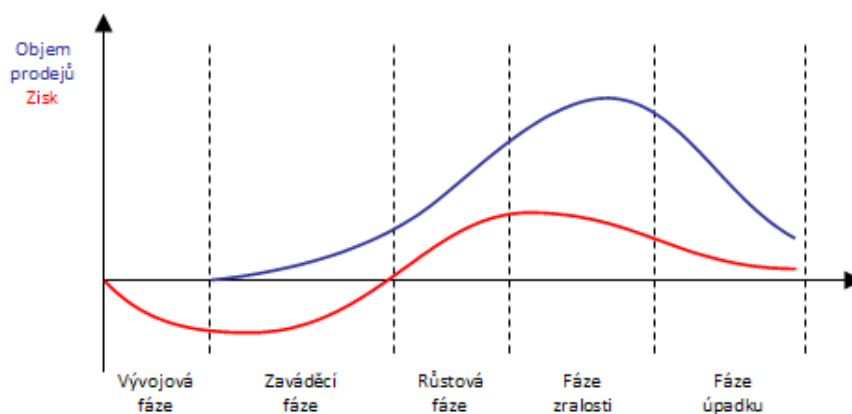
### 3 Životní cyklus výrobku

Každý výrobek nebo služba projde specifickým životním cyklem viz. Obr. 1. Podobně jako živé bytosti, i produkty procházejí různými fázemi své existence. Na rozdíl od živých entit však mohou být produkty inovovány a vylepšeny, což jejich životnost prodlužuje. Řízení životního cyklu patří mezi klíčové úkoly v oblasti marketingu a prodeje. [2]

Prodeje a výnosy jsou přímo spojeny se životním cyklem produktu. Jakmile začnou klesat, naznačuje to, že životní cyklus produktu se nachází v poslední fázi. Níže uvedený model ilustruje vztah mezi objemem prodeje a ziskem z produktu. [2]

Model identifikuje pět fází životního cyklu produktu: [2]

0. Fáze vývoje – produkt se nachází ve fázi vývoje, ještě není na trhu, a v této fázi jsou přítomny pouze náklady
1. Fáze zavádění – produkt byl uveden na trh, prodeje začínají pomalu růst, ale zisk zůstává stále záporný
2. Fáze růstu – produkt začíná generovat pozitivní zisk a dosahuje kladných hodnot
3. Fáze zralosti – prodeje produktu nadále rostou, ale zisk začíná klesat, což může být způsobeno snižováním ceny
4. Fáze úpadku – jak prodeje, tak zisk postupně klesají, což znázorňuje pokles zájmu o produkt na trhu



Obr. 1 - vývoj životního cyklu výrobku

### **Fáze zavádění**

Během období zaváděcí fáze se společnosti soustředí na vytváření povědomí u zákazníků o svém novém produktu a na formování trhu. Tato fáze bývá často nejnáročnější a nejnákladnější v celém životním cyklu výrobku, neboť podniky musí vložit značné finanční prostředky do marketingu a reklamy, aby upoutaly pozornost lidí. Je klíčové si uvědomit, že zákazníci budou pravděpodobně ochotni vyzkoušet nový výrobek, pokud plně chápou jeho podstatu a přínosy, což zdůrazňuje význam výstižných a stručných sdělení v této fázi. [3]

### **Fáze růstu**

Jakmile se informace o produktu rozšíří a vytvoří se poptávka, podniky vstupují do fáze růstu. V této fázi se zaměřují na rozšiřování svého podílu na trhu prostřednictvím získávání nových zákazníků. To se obvykle dosahuje prostřednictvím agresivních marketingových kampaní a rozšiřováním do nových trhů. Klíčové je využít získanou hybnost a pracovat s poptávkou co nejefektivněji. [3]

### **Fáze zralosti**

Když rostou tržby méně rapidně a konkurence se zintenzivňuje, podniky vstupují do fáze zralosti. Klíčovým strategickým cílem v této fázi je ochrana tržního podílu a maximalizace zisku. Za tímto účelem podniky často přijímají opatření k úsporám nákladů, jako je omezení výdajů na marketing nebo nabízení cenově dostupnějších verzí svých výrobků. Udržení stávajících zákazníků se stává prioritou, protože akvizice nových zákazníků je nákladnější než udržení spokojenosti těch stávajících. [3]

### **Fáze ústupu**

Ve fázi ústupu pokračuje snižování prodejů, a to kvůli sílící konkurenci. V této etapě čelí podniky dvěma možnostem: buď se snaží oživit produkt prostřednictvím rebrandingové kampaně, nebo jej úplně stáhnou z trhu. V případě volby rebrandingu je klíčové zajistit, aby všechny další aspekty podnikání byly v souladu s novým postavením produktu. [3]



## 4 Traceabilita

Označování dílů a součástí je v průmyslu klíčové pro sledování, to popisujeme termínem traceability. Tento výraz vznikl spojením anglických slov "trace" (sledovat) a "ability" (schopnost). Znamená schopnost sledovat pohyb výrobků (výrobní tok) v rámci výrobního procesu a uchovávat potřebné informace, jako jsou výrobci, dodavatelé, distributoři, sériová čísla a další důležité interní údaje spojené s výrobou. Tato data jsou monitorována po celou dobu všech procesů vedoucích k finálnímu produktu, od nákupu surovin a dílů přes obrábění, montáž, distribuci až po prodej zákazníkovi. [4, 39, 37]

Významnost tohoto procesu se projevuje například v případě problémů s kvalitou produktu, kdy výrobce musí rychle přijmout účinná opatření. Zpožděná nebo neefektivní reakce může vyvolat nedůvěru u zákazníka, obchodního partnera a může způsobit větší škody v důsledku neschopnosti identifikovat a řešit dané problémy včas. [4, 39, 37]

Každý automobil se skládá z tisíců jednotlivých součástí, které nakonec společně tvoří kompletní vozidlo. Tyto součástky zahrnují mikropínače, různé mechanismy a estetické prvky. V automobilovém průmyslu není reálné vyrábět vše na jednom místě. Namísto toho si automobilový koncern vybírá dodavatele, kteří mu dodávají jednotlivé součástky, jež jsou následně sestaveny na konkrétním výrobním místě neboli montovně, což bývají hlavní výrobní haly automobilových závodů, například ŠKODA auto v Mladé Boleslavi. [4, 39, 37]

Vzhledem k tomu, že většina automobilek nevyrábí pouze jeden typ vozidla, odebírá součástky od různých dodavatelů. Každá součástka musí mít předem definovaný kód, který identifikuje její umístění a původ. Tento kód zahrnuje nejčastěji informace o výrobcí, číslo směny, den v týdnu, číslo týdne a rok výroby (např. 1245 – směna 6., pondělí, 8. týden, 2023). Tato důkladná identifikace je klíčová pro sledování a zjišťování příčin případných reklamací. Z důvodu zajištění bezpečnosti vozidla je totiž nezpůsobitelnost jakéhokoliv důležitého prvku nepřijatelná. [4, 39, 37]

Rozlišujeme několik různých metod průmyslového značení, a to z důvodu rozmanitosti materiálů používaných ve výrobě. Žádná z těchto metod není schopna univerzálně značit každý materiál, a proto se volba metody často odvíjí od konkrétních vlastností materiálu, výrobku i výrobního procesu. V některých případech se totiž mohou v průběhu výroby vyskytovat třaskavé zplodiny, což zabraňuje použití laserového značení z důvodu rizika exploze. Je-li materiál nebo celý výrobek velmi křehký, není vhodné použít ražbu mikroúderů, protože by se tím mohl poškodit nebo dokonce zničit. I jednoduché tisknutí etiket, které se v závěrečném procesu připevní na předem definované místo nemusí být ideální volbou, protože tiskárny v této oblasti pracují jinak než běžné inkoustové tiskárny, které jsou využívány v domácnostech nebo kancelářích. Samotný tisk je totiž realizován termotransferem z barvicí pásky na povrch etikety. Detailněji jsou tyto problémy diskutovány v separátních kapitolách. [4, 39, 37]

Označování výrobků představuje jeden z klíčových procesů celé výroby, i když může být často považováno za méně významný. Nachází uplatnění v různých odvětvích, včetně strojírenství, potravinářství a farmacie. Ve své diplomové práci se zaměřuji na firmu Strojmetal Aluminium Forging a.s., jelikož se jedná o předního evropského, potažmo světového výrobce v oblasti tvářených slitin hliníku pro automobilový průmysl a jeho převážná zahraniční klientela právě v poslední době začíná klást stále větší důraz na ještě detailnější sledovatelnost výrobků, a to až na úroveň jednotlivých kusů, právě kvůli výše zmiňovaným důvodům. [4, 39, 37]

## 5 Druhy značení

Produkty lze identifikovat různými způsoby v závislosti na potřebách, ať už jde o firemní logo, výrobní datum, nebo druh výrobku. Pouhé texty nejsou vždy optimální, je totiž důležité minimalizovat potřebné místo pro označení a současně maximalizovat přenášené množství informací. K dosažení tohoto cíle se využívá různé kódování. Jednodušší informace šifrujeme pomocí jednodimenzionálních kódů, které umožňují přenos jednoduchých popisů nebo čísel. Dále využíváme dvoudimenzionální kódy, zejména Data Matrix a QR kódy (Quick Response Code). Tyto kódy umožňují zakódovat mnohem větší objem dat. A nejvíce dat lze zakódovat do sofistikovanějších značících prvků jakými jsou například RFID, o kterých budu mluvit detailněji níže. Posledním významným, ale odlišným prvkem jsou také grafiky, jejichž použití nespočívá v zaznamenání určité informace v podobě kódu, ale v zakódování významu, který značka nese. Příkladem jsou například značky CE nebo TM, které mohou být vyžadovány legislativou. [37]

### 5.1 1D a 2D kódy

Rozdíl mezi 1D čárovým a 2D dvourozměrným kódem je velmi prostý viz. Obr. 2. Oproti 1D kódu, který ukládá data pouze v horizontálním směru, 2D kód má schopnost uchovávat informace jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Vytvoření dvourozměrných kódů bylo přirozeným pokrokem ve vývoji označování, protože jejich schopnost ukládat data ve dvou směrech násobně zvyšuje informační kapacitu. [5,6,7,39]

2D kódy nejenže podporují speciální a alfanumerické znaky, ale také umožňují ukládání rozmanitých datových typů, včetně biometrických údajů a grafiky. Klíčovým přínosem je možnost ukládat data na minimální plochu a zároveň umožňuje lepší opravy při poškození díky využití nadbytečných (redundantních) dat. [5,6,7,39]



Obr. 2 - ukázka 1D a 2D kódu

Tato metoda je jednou z nejpřesnějších a nejrychlejších při registraci rozsáhlého objemu dat. Při ručním zadávání kódů dochází průměrně k jedné chybě zhruba na každých 300 zadání kódů. U čárových kódů je chyba přibližně jedna na milion, ale tuto chybovost lze eliminovat pomocí kontrolní číslice, která ověřuje správnost ostatních čísel v kódu. 2D kódy mají schopnost zaznamenat několikanásobně více údajů než lineární čárové kódy a matematická korekce chybovosti zajišťuje vysokou přesnost čtení, umožňující opravit až 50 % poškozeného obsahu. [8,37]

1D čárové kódy obvykle obsahují i standardní číselnou hodnotu, a pokud strojové čtení selže, data se zadají do systému manuálně. Na rozdíl od toho 2D kódy nemají doprovodnou textovou informaci přímo pod kódem, což znamená, že při potřebě ručního zápisu nelze snadno získat data z vizuální podoby kódu. Funkčnost kódu může být ovlivněna materiálem, na kterém je aplikován, okolními podmínkami, jako jsou mrazy nebo vysoké teploty, záleží i na jeho odolnosti vůči kyselinám, vlhkosti a dalším. Obecně se ale technologie 1D a 2D kódů vyznačuje vysokou spolehlivostí a zasahuje do většiny odvětví průmyslu. [8,37]

### 5.1.1 Jednorozměrný kód

Jednorozměrné nebo také čárové kódy spadají do kategorie tzv. "automatické identifikace," což znamená zaznamenávání dat bez nutnosti použití klávesnice. Tato oblast zahrnuje také magnetické kódy, využívané například na kreditních kartách, a strojově čitelné písmo OCR. Jedná se o nejrozšířenější formu značení obecně. Jsou čitelné různými čtečkami nebo skenery, specializovanými na dešifrování informací. První patent na čárový kód byl udělen v roce 1949 americkému vynálezci Normanu Josephu Woodlandovi. V současnosti existuje více než 200 standardů pro čárové kódy. [9,37]

#### Tvorba jednorozměrného kódu

Jednotlivé čárové kódy je tvořeny sekvencí čar a mezer s přesně stanovenou šířkou. Při čtení jsou tyto čáry a mezery transformovány do posloupnosti elektrických impulsů různých šířek a porovnány s tabulkou možných kombinací. Jestliže je nalezena shoda v tabulce, je tato posloupnost identifikována jako odpovídající znakový řetězec. Informace tudíž není kódována pouze v tištěných čarách, ale také v mezerách mezi jednotlivými čarami. Zvláštní význam nesou krajní skupiny čar, které fungují jako synchronizační prvky pro čtecí zařízení, které na jejich základě generuje signál start/stop. [10,37]

### 5.1.2 Dvourozměrný kód

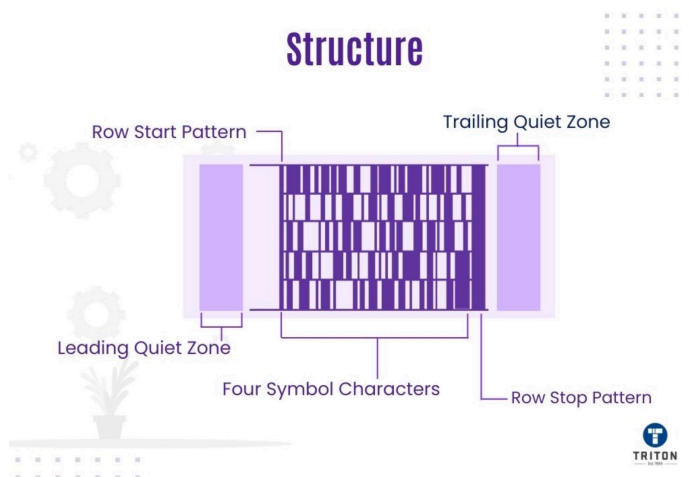
Code 49 představený v roce 1987 společností Intermecc Corporation se stal prvním významným vysokokapacitním kódem, často používaným v automobilovém průmyslu pro označování dílů. Tento kód byl složen ze čtyř 1D čárových kódů (typu Code 39) viz. Obr. 3 a sloužil k identifikaci sériového čísla, čísla dílu, dodavatele a počtu kusů ve výrobní sérii. [11,12,39]

Dalším pokrokem v oblasti bylo představení 2D kódu PDF417 viz. Obr. 4 v roce 1991 firmou Symbol Technologies. Tento kód umožňoval nejen záznam běžného textu, ale také grafiky a speciálních programovacích instrukcí o velikosti 1,1 kB dat. [11,12,39]

V roce 1994 přišel klíčový okamžik s představením QR kódu společností Denso Wave, která se následně zaměřila na trh s označovacími kódy. QR kód, díky své dostupnosti a tomu, že byl zdarma, rychle našel uplatnění a rozšířil se po celém světě, nejen v automobilovém průmyslu, ale i mezi širokou veřejností. [11,12,39]

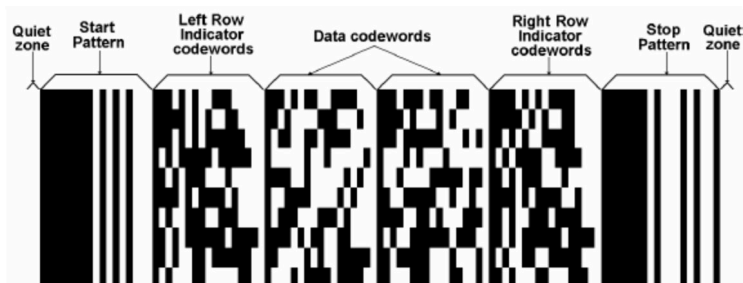
V reakci na rozrůstající se poptávku po označovací technologiích došlo k vývoji mnoha různých typů a specifikací dvourozměrných kódů. Mezi nimi dnes dominuje DataMatrix, který je dnes nejčastěji využíván v průmyslu a jemuž se věnuji v pozdější kapitole. [11,12,39]

### Structure of Code 49 Codes



Obr. 3 - Code 49

### PDF417 Barcode structure



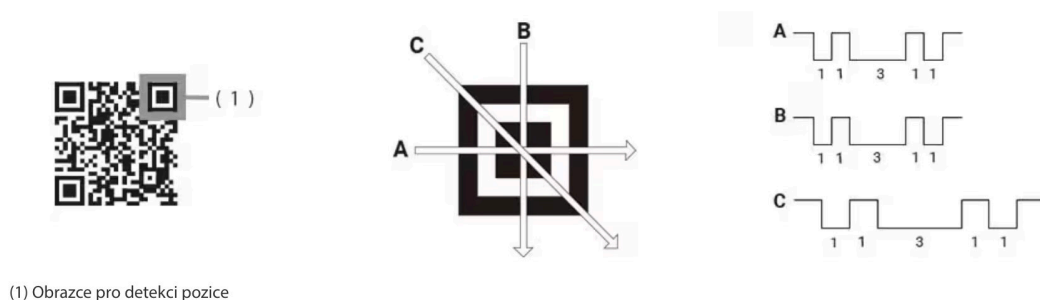
Obr. 4 - PDF417 Barcode

## 5.2 QR kód

Toto kódování, známé jako "Quick Response" (QR), získalo svůj název díky vysoké rychlosti, s jakou lze data z něj snímat. Jednou z jeho významných výhod je schopnost být snímán pomocí kamery, kterou má většina lidí například ve svém mobilním telefonu. QR kód byl vynalezen japonskou firmou Denso Wave, tudíž umožňuje kódování i japonských znaků „kandži“ a také mnoha dalších asijských jazyků. [13, 39]

Oproti jiným kódům se QR kód vyznačuje soustřednými čtverci, kde tyto detekční vzory pro pozici jsou uspořádány ve třech rohových částech QR kódu viz. Obr. 5. Tyto čtverce umožňují rychlé a efektivní snímání kódu pod různými úhly nebo v libovolné orientaci o 360° bez negativního vlivu na čtení. [13, 39]

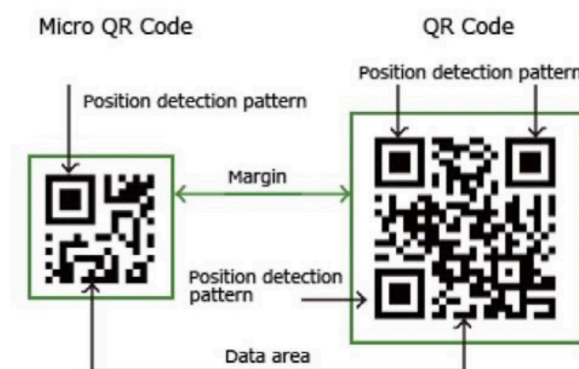
Princip tkví v tom, že z libovolné pozice označené jako A, B a C je poměr mezi černými a bílými moduly ve vzorci 1:1:3:1:1. Tato proporce umožňuje určit úhel natočení nebo posun QR kódu, což přispívá k přesné identifikaci jeho polohy. [13, 39]



(1) Obrázce pro detekci pozice

Obr. 5 - QR kód

QR kód má celkem 40 různých verzí, přičemž nejmenší matice má rozměr 21x21 a největší 177x177 modulů. Největší verze 177x177 může obsahovat například 7089 numerických znaků, 4296 alfanumerických znaků, 2 953 8-bitových dat nebo 1817 znaků kandži. V případě, že potřebujeme zakódovat pouze omezené množství dat a rozměr 21x21 modulů je příliš velký, existuje i tzv. Micro QR kód viz. Obr. 6. Tento kód má velikosti od 11x11 do 17x17 modulů a obsahuje pouze jeden detekční vzor. [14, 39]



Obr. 6 - micro QR kód vs. standardní QR kód

Vzhledem k možnosti poškození matice, například zašpiněním barvou nebo odtržením části během nedbalé manipulace s označeným objektem, je do matice integrován modul pro opravu (doplnění) chyb využívající Reed-Solomonovu korekci. Pro kódy typu QR existují čtyři standardy korekce s redundantními daty:

- L (nízká) – korekce 7% poškození
- M (střední) – korekce 15% poškození
- Q (vysoká) – korekce 25% poškození
- H (velmi vysoká) – korekce 30% poškození

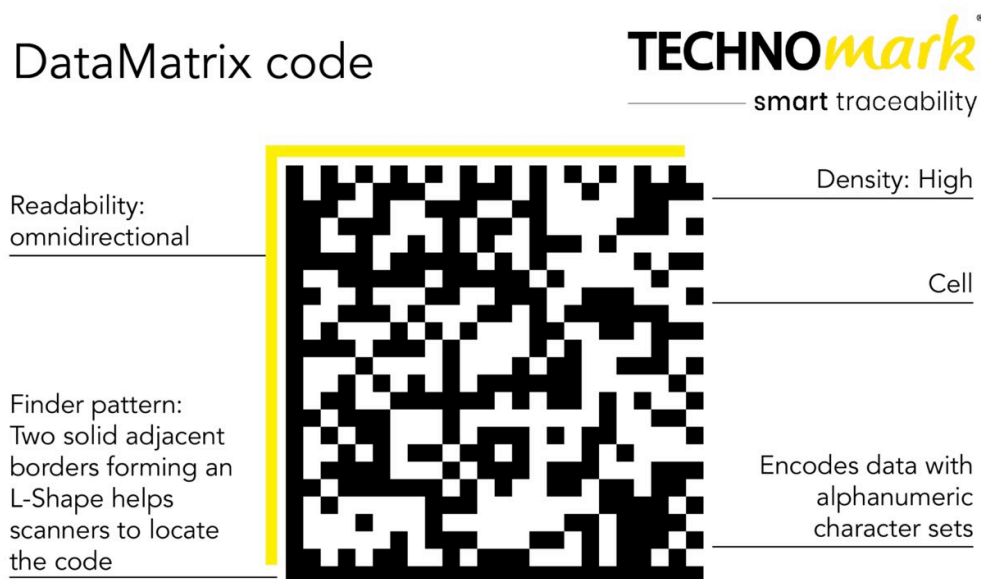
Je však třeba počítat s tím, že čím vyšší úroveň korekce zvolíme, tím nižší bude kapacita matice pro zakódování dat a tím větší bude výsledná matice. [14,39]



### 5.3 DataMatrix

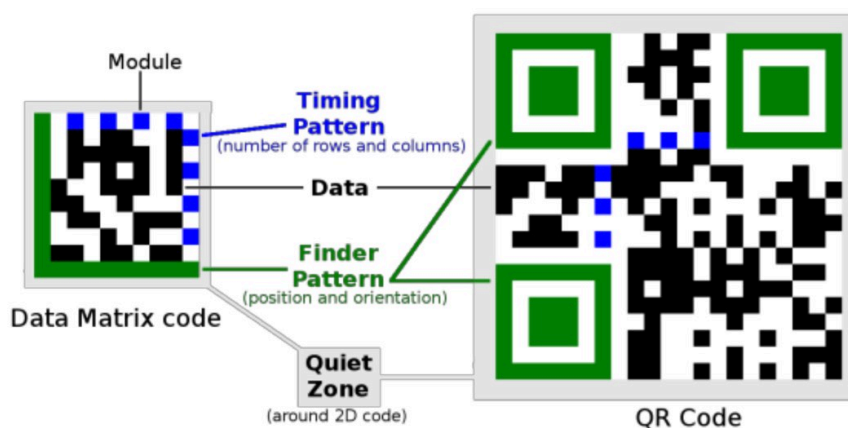
Tento dvourozměrný kód je charakteristický typickým tvarem "L" viz. Obr. 7, tvořícím dvě přilehlé hrany matice. Tento tvar slouží jako vyhledávací znak, což umožňuje číst kód při libovolném natočení v rozsahu 360°, podobně jako u QR kódu. V jeho čtvercové formě lze zapsat až 3116 numerických a 2335 alfanumerických znaků. Použití kódu s padesáti znaky, který zabírá pouze pár  $mm^2$ , umožňuje jeho efektivní využití i u miniaturních součástek, jakými jsou čipy, procesory a další elektronické nebo mechanické komponenty malých rozměrů. [13,11,38,39]

V porovnání s QR kódem existuje pouze ve třiceti definovaných formátech, začínajících rozměrem modulů 32x32 a končících rozměrem 144x144, z nichž šest je obdélníkového tvaru. Tento obdélníkový tvar se však používá jen zřídka, především v aplikacích vyžadujících specifický druh tisku, a nese řádově nižší hodnoty než čtvercový tvar. [13,11,38,39]



Obr. 7 - Datamatix kód (DMC)

Tento typ kódování vyniká zejména díky vysoké odolnosti proti poškození, která dosahuje až 65 %, a to díky výše zmiňované Reed-Solomonovy korekci. Navíc, jak je vidět na následujícím obrázku, má ve srovnání s QR kódem viz. Obr. 8 mnohem menší velikost při zapsání stejného počtu znaků. Jeho čitelnost je možná již při kontrastu pouhých 20 %. Tato míra čitelnosti při tak nízkém kontrastu umožňuje kódování laserem na jednotlivé díly s velikostí jednoho bodu (pouhých 300 mikrometrů). [12, 39]



Obr. 8 - porovnání DMC a QR kódů

Tato kódovací metoda umožňuje využití technologie přímého značení (DPM – Direct Part Marking), což je postup prakticky výhradně užívaný v průmyslu pro označení různých součástek nebo náhradních dílů. Při této metodě je symbol proveden přímo do identifikovaného produktu pomocí rytí, mikroúderu nebo již zmíněného laseru a stává se nedílnou součástí produktu po celou dobu jeho životnosti. [15,13,39]

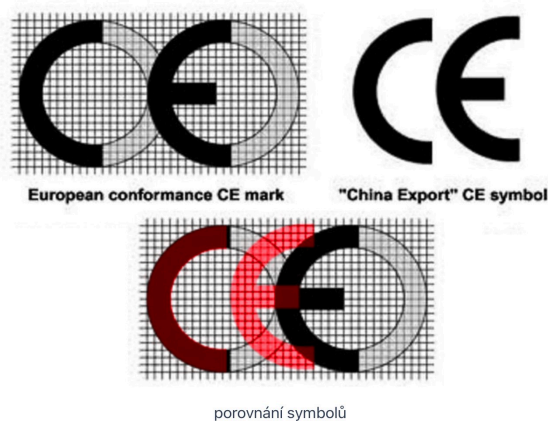
## 5.4 Grafické značky

Na základě standardizace, právních předpisů a ochrany spotřebitele je nezbytné, aby prodejce nebo výrobce informovali spotřebitele o rozmanitých vlastnostech výrobku. Tyto informace lze uvést na obal výrobku, ale pokud to není možné kvůli absenci obalu (např. při použití různých komponent, které se až později sjednotí do finálního výrobku), je potřeba přímo označit samotný dílčí produkt. Celý proces je podřízen dostupnému prostoru, a proto je třeba sdělit co nejvíce informací a zároveň efektivně využít dostupného místa. Z tohoto důvodu našly využití rozmanité grafické prvky, mezinárodně uznávané označení a standardy.

V případě, že výrobce plánuje uvést svůj výrobek na trh EEA (Evropského hospodářského prostoru), musí nejprve podstoupit posouzení, aby zajistil splnění všech legislativních požadavků EU a zároveň všechny základní normy, jako jsou ochrana životního prostředí, bezpečnost práce a ochrana zdraví. Výrobek, který úspěšně projde tímto posouzením, může být následně uveden na evropský trh. Spotřebitel pozná splnění těchto požadavků, když je výrobek označen dvěma písmeny CE (Conformity Declaration) viz. Obr. 9. Bohužel to nemusí být vždy zárukou kvality a symboly mohou být zaměnitelné nebo nějaké organizace mohou zneužívat jejich podobnosti, jako například značka „China Export“ viz. Obr. 10 snažící se napodobit evropské CE. [16, 37]



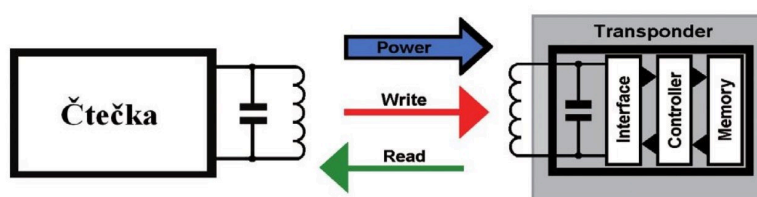
Obr. 9 - znak CE



Obr. 10 - porovnání znaků CE

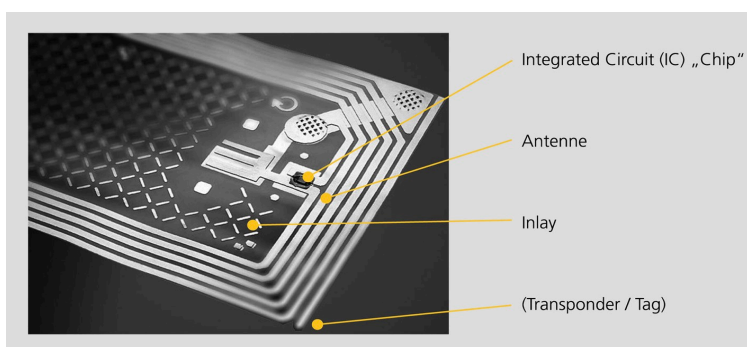
## 5.5 RFID

RFID (Radio-Frequency Identification, tedy radiofrekvenční identifikace) představuje bezkontaktní formu přenosu dat mezi RFID transpondérem a RFID zapisovačkou/čtečkou pomocí rádiofrekvenčních vln viz. Obr. 11. RFID zapisovačka/čtečka vytváří magnetické nebo elektromagnetické pole pro účely přenosu dat a tímto způsobem poskytuje energii pasivnímu RFID transpondéru. V situaci, kdy se transpondér RFID nachází v elektromagnetickém poli RFID zapisovačky/čtečky, může dojít k výměně dat – lze načítat informace z čipu v transpondéru RFID a také ukládat nová data na tento čip. [17]



Obr. 11 - popis fungování RFID

V podstatě lze najít transpondéry RFID v téměř neomezených tvarech, materiálech, velikostech a barvách, přičemž konkrétní konstrukce závisí na konkrétním účelu použití. Všechny RFID transpondéry sdílejí dvě základní součásti viz. Obr. 12 – alespoň jeden mikročip a jednu tištěnou, složenou nebo leptanou anténu. Tyto čipy a antény jsou velmi citlivé na mechanické, teplotní a chemické vlivy, a proto je nutné, aby obal těchto elektronických součástí odpovídal konkrétnímu účelu použití. Štítek RFID představuje nejjednodušší formu obalu, kde je čip chráněn pouze tenkou fólií nebo vrstvou papíru, což může být dostatečné pro mnoho aplikací. Pro stabilnější a odolnější řešení se doporučuje laminovaná karta. V případech, kdy je potřeba extrémní odolnost, zejména v průmyslových prostředích, lze citlivý vnitřek (čip + anténa) zalít do plastového krytu, což představuje nejtrvanlivější a nejvíce odolný typ obalu. [17]



Obr. 12 - popis RFID čipu

### 5.5.1 Kapacita RFID čipu

Rozsah paměti čipu je přizpůsoben jeho určení. Běžné velikosti paměti se pohybují mezi 4 byty a 8 kilobyty. V jednodušších případech, jako je například elektronické označování položek, může být využita paměť o velikosti 1 bitu. Pro ilustraci, s 4bytovou pamětí lze uložit jedno jednoznačné číslo (Unique ID=UID), zatímco s 8kilobytovou pamětí lze uložit 4 stránky textu, každá složená z 30 řádků po 60 znacích. Kromě jednoduchého ukládání existuje mnoho dalších funkcí čipu, včetně ochrany proti přepsání, přístupových práv chráněných PINem, šifrování obsahu dat, kryptografických funkcí a dalších. Jednotlivé specifikace se odvíjí od konkrétního využití a požadované úrovně bezpečnosti. [17]

Transpondéry RFID se dělí do dvou základních typů – aktivní a pasivní. Aktivní transpondéry mají vlastní zdroj energie, jako například integrovanou baterii, což jim umožňuje přenášet data na větší vzdálenost (až 100 m). Pasivní transpondéry získávají energii pro přenos dat pouze z elektromagnetického pole RFID čtečky. Polopasivní (BAP) čipy kombinují vlastnosti obou předchozích typů. Při příjmu dat se chová jako klasický pasivní čip, ale využívá přijímaný signál k nabíjení integrované baterie. Tato baterie pak posiluje sílu signálu, který je vysílán zpět. [17]

Pasivní transpondéry RFID se dělí do tří kategorií:

1. Read-Only (Pouze pro čtení)

- Tyto transpondéry jsou předprogramovány a hotovému kódu lze pouze přiřadit informaci ve skladovém systému. [17]

2. Write-Once, Read Many (WORM – Zapiš jednou, čti mnohokrát):

- Zde je možnost popsat transpondéry pouze jednou. Následně je možné je pouze číst, ale nelze do nich zapisovat ani mazat. [17]

3. Read and Write (Čtení a zápis):

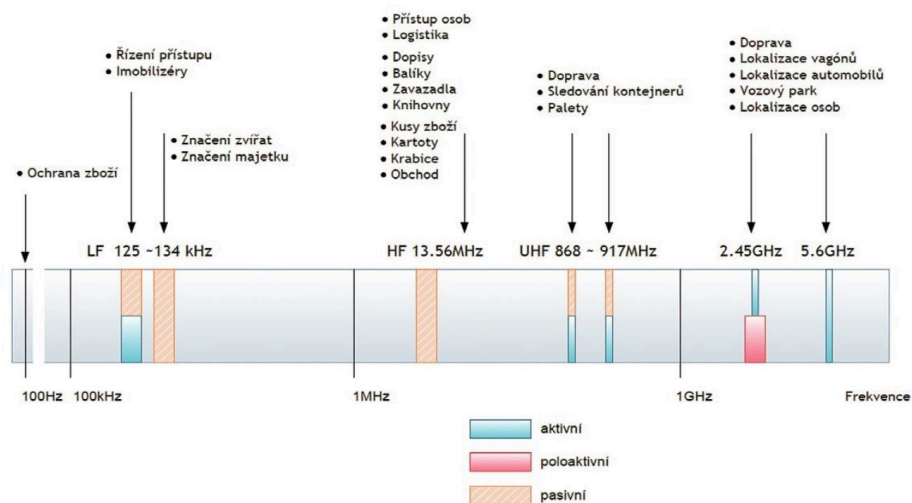
- Transpondéry Read and Write umožňují neomezené zápisy a změny ukládaného obsahu. I u těchto transpondérů lze od určitého okamžiku zablokovat jejich načítání a přepisování pomocí ochrany proti přepsání. [17]

## 5.5.2 Frekvenční pásma

Nízká frekvence (LF = 125 kHz) toto pásmo je volně přístupné a vyznačuje se nižšími přenosovými rychlostmi a odstupy. Tyto systémy jsou obvykle ekonomické a snadno ovladatelné, aniž by bylo nutné platit přihlášky nebo poplatky. RFID transpondér využívá blízké elektromagnetické pole a pasivně získává energii z induktivního spojení. Výhodou této frekvence je její relativní odolnost vůči vlivu kovů a kapalin, což ji činí vhodnou pro identifikaci zvířat. [17]

Vysoká frekvence (HF 13,56 MHz) nabízí univerzální využití s vysokými rychlostmi přenosu dat a frekvencí taktu. Jedná se o krátkou délku vln, vyžadující pouze několik málo ovinů antény. Tím pádem mohou být antény RFID transpondérů menší a jednodušší, mohou být leptané nebo tištěné. To umožňuje dodávat Inlay (Čip + Anténu) ve formě nekonečných fólií, což značně usnadňuje další zpracování, zejména při zpracování velkých objemů čipů. [17]

Ultra vysoké frekvence (UHF 860–950 MHz) nabízejí vysoké rychlosti přenosu dat a mimořádný dosah. Vzhledem ke kratším délkám vln může být použita anténa typu dipól místo cívky. Transpondéry UHF jsou často vyráběny s využitím výše zmíněných nekonečných fólií, jako HF čipy. Některé transpondéry UHF mohou využívat podpurnou baterii (BAP čipy), která umožňuje dodatečné zvýšení již tak velkého dosahu a další možnosti využití. Ovšem některá frekvenční pásma v mikrovlnném spektru zatím nejsou cenově dostupná, a mohou podléhat lokálním omezením viz. Obr. 13. [17]



Obr. 13 - frekvenční pásma RFID čipů

## 5.6 Porovnání RFID oproti 1D a 2D kódům

Čipy RFID umožňují čtení informací z větší vzdálenosti, a navíc nejsou omezeny viditelností. Tyto čipy tak mohou být skryty uvnitř výrobku, což zabezpečuje jejich ochranu před poškozením. Kromě toho poskytují vyšší stupeň bezpečnosti, umožňující šifrování nebo heslování informací. Zásadní výhodou je také jejich schopnost dodatečného zápisu a přepisu různých dat do čipu, což je pro tradiční 1D a 2D kódy nemožné. Každý čip má zároveň své vlastní, unikátní sériové číslo, které je uděleno jednou a je jedinečné po celém světě (známé jako kód UID nebo TID). To zajišťuje bezpečnou identifikaci jednotlivých produktů a plnou individualizaci všech výrobků. [17,18]

Existují i některé nevýhody, avšak nejsou zase tak závažné. Z ekonomického pohledu je to cena, která je výrazně vyšší než náklady na vytisknutí běžných čárových kódů. V minulosti docházelo k problémům s interferencí, když dvě čtečky zároveň "četly" jeden tag nebo byly kolize tagů, pokud několik tagů komunikovalo s více čtečkami ve stejný okamžik. Tyto problémy jsou v současnosti eliminovány softwarově. Detekovatelnost RFID tagů stále zůstává problémem pod vodou nebo v případě, že je tag umístěn v kovovém obalu, který blokuje rádiové vlny. [17,18]

Účelem není, aby RFID nahradilo čárové kódy, protože tyto dvě technologie mají své výhody a nevýhody, ale jejich synergické využívání může eliminovat většinu negativních aspektů, vyjma toho cenového. Právě kombinace obou technologií, kdy je RFID tag integrován do etikety, jež je následně označena 1D nebo 2D kódem, se označuje jako SmartLabel. A v dnešní době se jedná o poměrně rozšířený způsob značení výrobků napříč hospodářským sektorem. [17,18]

## 6 Technologie značení

V této části se zabývám možnostmi a principy technologií značení primárně kovových materiálů. Všechny tyto technologie by byly aplikovatelné pro můj konkrétní případ, ale každá má své výhody a nevýhody, které ji činí více či méně aplikovatelnou.

### 6.1 Mikroúder

Mikroúderové značení, též nazývané mikroúder, představuje technologii jejíž princip spočívá v pěchování materiálu a jeho následné plastické deformaci viz. Obr. 14 a jeho hlavní předností je, že zůstává viditelné i pod povrchovými úpravami, jako jsou nátěry, tryskání nebo zinkování. Je efektivní, přesné a bezproblémové. Nachází široké využití v průmyslových odvětvích, včetně automobilového, hutního, elektrotechnického a strojírenského průmyslu. Tato metoda je schopna rychle a přesně značit texty, loga a 2D kódy, jako například dříve zmiňovaný DataMatrix. Běžné aplikace zahrnují označování data, aktuálního času, sériových čísel, VIN kódů, log a dalších grafických prvků. Mikroúderové značící systémy jsou navrženy tak, aby zvládaly značení materiálů, z oceli, zušlechtné oceli do tvrdosti 62 HRC, hliníku, nerez, plastů, dřeva, skla, i keramiky. Většina těchto systémů je bezúdržbová (je třeba pouze čas od času vyměnit opotřebený hrot), snadno ovladatelná a programovatelná. Jsou k dispozici v různých podobách, jako jsou ruční, stojanové, integrované nebo kombinované systémy. [19,37]

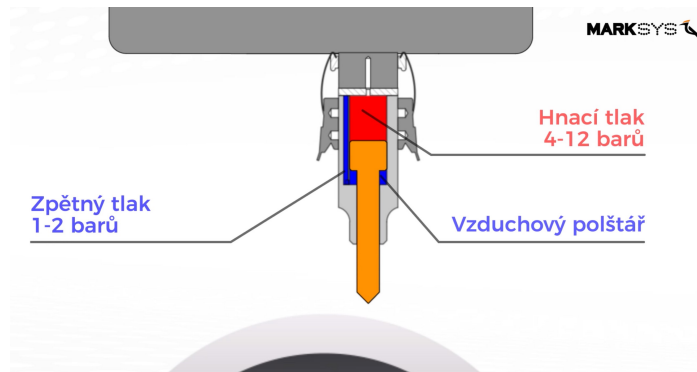


Obr. 14 - ukázka značení mikroúderem



### 6.1.1 Princip

Jedná se o kontaktní metodu Obr. 15, kde základním prvkem značícího stroje je hrot, vyrobený z extrémně tvrdého materiálu, obvykle kalené oceli nebo diamantu. Tento hrot je umístěn nad povrchem označovaného povrchu a je poháněn elektrickou energií nebo tlakovým vzduchem, který způsobuje jeho oscilující pohyb v ose Z. [20,37]



Obr. 15 - princip technologie mikroúderu

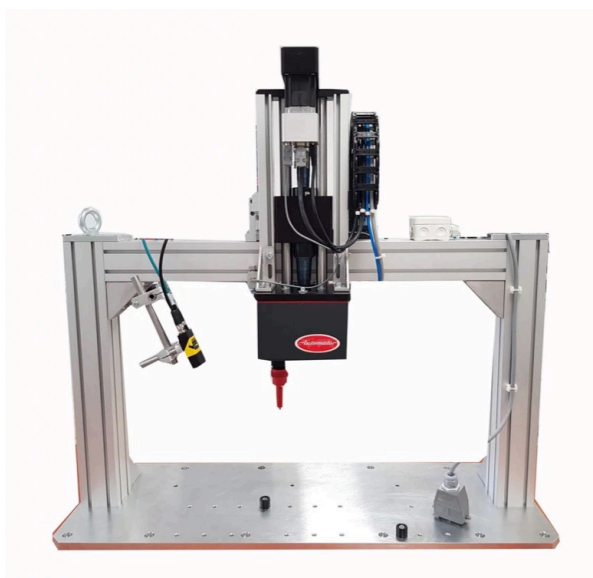
Před spodním bodem úvratě, tedy kousek před dosažením nejnižšího bodu své trajektorie, dochází ke kontaktu hrotu nástroje s plochou výrobku. Tím se materiál stlačí nebo vytlačí a vznikne tak specifický bod. Díky svému oscilujícímu pohybu je hrot potažmo pneumatickým kladívkem. Značící nástroj s hrotem je umístěn ve značící hlavě, která se díky dvěma servopohonům s krokovými motory pohybuje po osách X a Y, díky čemuž může vytvářet konkrétní tvary a grafiku. Ty pak v závislosti na parametrech představují hustou nebo řídkou ale soudržnou síť jednotlivých bodů. Maximální hloubka mikrobodového značení dosahuje v krajních případech až 0,8 mm, přičemž vzdálenost hrotu od označovaného předmětu může být až 10 mm. [20,37]

Díky kmitání hrotu je možné značit i povrchy s nerovnostmi. Tyto parametry se ovšem mohou variabilně měnit dle konkrétního typu zařízení. U levnějších variant je možné se setkat s omezenými rozsahy, například s nutností umístit značící hlavu blíže k výrobku nebo vyžadovat výrobky s rovnějším povrchem. [20,37]

### 6.1.2 Rytí

Rytí, známé též jako gravírování, sdílí podobný princip s mikroúderem viz. Obr. 16. V hlavě stroje je umístěn hrot z karbidu nebo diamantu, který je, buď elektrickou energií nebo vzduchem, tlačěn do povrchu materiálu. Následný plynulý pohyb v osách x a y vytváří plasticky přetvářenou dráhu. Tato technologie generuje výstupy jako text, číslice nebo logo, ale DataMatrix kód nemůže být vytvořen, protože je tvořen jednotlivými body. Nejběžnější poloměry hrotu se pohybují mezi 0,5 mm a 1 mm a platí, že čím menší je poloměr, tím hlubší značení vznikne. Nicméně příliš malé poloměry mohou způsobit vytrhávání materiálu. [20,37]

Základní odlišnosti mezi oběma technologiemi jsou patrné především ve struktuře zařízení. Rycí technologie je navržena robustněji než mikroúderová, což je způsobeno větším odporem vznikajícím během rytí. Další rozdíl spočívá v pohonech, kde rycí technologie využívá šroubovicový pohon, na rozdíl od mikroúderu, který využívá pohon řemenový. Samotný výsledný znak má odlišný vzhled, jelikož namísto bodů tvoří nepřerušovanou linku, což znamená, že rytý obraz je přesnější. Při rytí lze dosáhnout hloubky jen přibližně 0,5 mm. Dalším výrazným rozdílem je generovaný hluk, zejména při dopadu hrotu na značený výrobek. Vzhledem k tomu, že rycí hrot dopadá na předmět pouze na začátku linie vzoru, je proces rytí zpravidla klidnější než značení mikroúderem. [20,37]



Obr. 16 - ukázka mikroúderového/rycího zařízení

### 6.1.3 Výhody a nevýhody

Technologie se vyznačuje vysokou spolehlivostí a trvanlivostí. Umožňuje označovat extrémně tvrdé, nerovné, nepravidelné, ploché i zakřivené výrobky. Díky možnosti precizního nastavení není deformace ani nadměrné namáhání označovaných výrobků problémem. Výraznou výhodou je dlouhá životnost, bezúdržbový provoz a snadná integrace do výrobních linek bez potřeby připojení k počítači. [21,37]

Navíc, v porovnání s jinými metodami označování, jako je například inkoustové značení nebo termotransfer, nemusí mikroúderová technologie používat žádný další spotřební materiál, pouze dochází k opotřebení hrotu. Technologie zároveň umožňuje nastavit úhel dopadu hrotu na materiál, což je výhodné v případech, kdy je potřeba provádět více operací současně na jednom pracovišti výrobní linky. Existují také vícehrotové verze, které nabízejí ještě vyšší produktivitu práce. [21,37]

Mikroúderové značení a mechanické ražení jsou obecně ekonomicky efektivní metody označování, což platí nejen díky nízkým pořizovacím nákladům, ale také díky minimálním nákladům na provoz a údržbu. Nižší forma ražby, jako jsou úderové jednotky a razidla, jsou vhodné pro opakující se vzory, zatímco vyšší forma ražby, mikrobodové systémy, nabízí větší flexibilitu a jsou vhodné i pro složitější vzory. [22, 37]

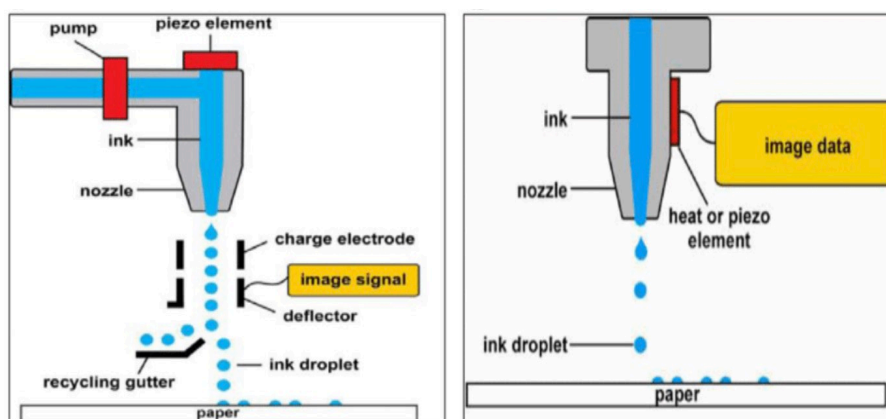
Přestože tyto mechanické metody přinášejí ekonomické výhody, existují i některé nevýhody. Ražba je omezena na materiály s určitou tvrdostí. Při značení poddajných materiálů může dojít k ztrátě značky kvůli elasticitě materiálu, zatímco u velmi tvrdých materiálů se hrot razidla rychle opotřebovává a může mít obtíže vytvořit stopu. A poslední nevýhodou je výrazný hluk, který tato technologie produkuje. [22, 37]

## 6.2 Inkjet

Metoda označování pomocí inkoustového tisku, známá též jako Inkjet, spočívá v aplikaci vrstev inkoustu na povrch dílů prostřednictvím tryskové hlavy. Tento inkoust může být buď pigmentovaný nebo nepigmentovaný a je schopen označit širokou škálu materiálů, včetně savých i nesavých, jako jsou sklo, keramika, dřevo, papír, karton, kovy a plasty. [23,37,39]

Rozlišujeme několik typů této technologie:

- 1) DOD (Drop on Demand), což lze přeložit jako "kapka na vyžádání". Tato technologie funguje tak, že jednotlivé kapky inkoustu jsou z tryskové hlavy uvolněny pouze v případě potřeby pro označení. Viz. Obr. 17 [23,37,39]
- 2) LCM (Large Character Marking), což znamená označování pomocí velkých znaků. Při této metodě dochází k aplikaci výrazně větších kapek inkoustu na povrch výrobku. [23,37,39]
- 3) CIJ (Continuous Inkjet) v průmyslu je nejčastěji využívanou technologií pro inkoustové tiskové označení. Tato metoda zahrnuje kontinuální označování pohybujícího se objektu, přičemž tisková hlavička zůstává statická. Kapky inkoustu jsou vychylovány silným elektrickým polem zatímco z tryskové hlavy nepřetržitě proudí stejné množství inkoustu, a přebytečný inkoust se zachytává a vrací zpět do zásobníku. Viz. Obr. 17 [23,37,39]



Obr. 17 - princip technologie inkjet (CIJ vlevo, DOD vpravo)

Posuv značených objektů může mít různou rychlost v závislosti na předchozích operacích na lince, a proto je potřeba mít možnost měnit i rychlost tisku. Tuto variabilitu umožňuje senzor pohybu, který dokáže upravit množství přiváděného inkoustu v závislosti na konkrétní ploše, čímž zajistí konzistentní výsledek. Aplikace do výroby jsou dvě, s tím, že první obnáší montáž tiskového zařízení přímo do výrobní linky a druhou možností viz. Obr. 18 je ruční přenosné zařízení. [23,37,39]



Obr. 18 - ruční zařízení inkjet

Sortiment inkoustů je rozmanitý, nabízejí nejen širokou paletu barev, ale také disponují různými vlastnostmi. Některé jsou koncipovány tak, aby vydržely na značeném objektu co nejdéle. Jiné mohou být ředitelné vodou, což umožňuje snadné odstranění, například při recyklaci, kdy je potřeba nahradit kód novým. Pro automobilový průmysl byly vyvinuty speciální vytvrditelné inkousty, které jsou vysoce odolné vůči rozpouštědlům i mechanickému opotřebení. [23,37,39]

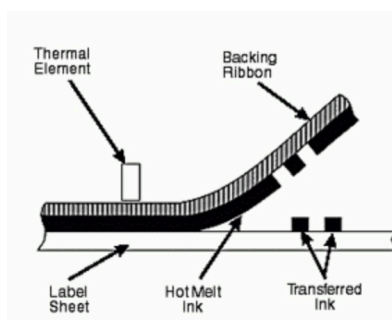
### 6.2.1 Výhody a nevýhody

Inkoustové značení nabízí výhody v rychlosti a flexibilitě. Široká škála inkoustů vhodných pro různé materiály poskytuje vysokou variabilitu v použití. Můžeme označovat téměř všechny povrchy, jak savé, tak i nesavé materiály, včetně papíru, dřeva, plastů, kovů, skla, keramiky a dalších materiálů. Jeho hlavní výhodou a rozdílem oproti ostatním používaným metodám je zejména barevné značení. [24,37]

Nevýhodou je pak ovšem spotřeba inkoustu, což představuje významný trvalý provozní náklad. Tiskárny dále vyžadují servis každých 6 až 12 měsíců, včetně výměny filtrů a čištění trysek. Relativní je také stabilita různých druhů inkoustu na povrchu výrobku, což ovlivňuje odolnost vůči otěru, UV záření a chemikáliím. [24,37]

### 6.3 Termotransfer

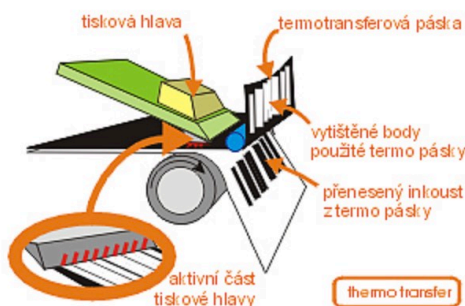
Oproti Inkjetu se jedná o nepřímou metodu tisku, při které dochází k vytisknutí značení na karbonovou, voskovou nebo jinou pásku. Tato páska je následně zahřáta tiskovou hlavou a rychle ochlazená. Díky tomu se uhlík, vosk nebo jiný materiál přenesou na samotný výrobek viz. Obr. 19. Tato technologie umožňuje efektivní značení různých materiálů kromě papíru. [25,37]



Obr. 19 - ukázka odlepení termotransferové vrstvy

#### 6.3.1 Princip

Termotransferová tiskárna disponuje tepelnou tiskovou hlavou, která je staticky umístěna nad přenášecí páskou. Páska je podávána ze zásobní role a poté je nahřáta tiskovou hlavou nad povrchem materiálu, který chceme označit. Tím mohou být různé tkaniny, plasty, a dokonce i porcelán, keramika nebo kovy. Tisková hlava nejprve vytiskne motiv přímo na přenášecí pásku a poté ji nad povrchem materiálu zahřeje na určitou teplotu, čímž v podstatě laminuje vzor na nosný materiál viz. Obr. 20. [26,37]



Obr. 20 - princip termotransferu

Rozlišujeme dva typy termotransferových tisků pro značení. První jsou deskové, které se skládají z vyhřívané a přítlačné desky a používají se na rovné materiály, ať už tuhé nebo elastické. Druhé speciální mají desky do určitých tvarů kopírujících výsledný výrobek a jsou vhodné pro potisk keramiky a podobných tvarových předmětů. Pro dosažení maximální kvality vytištěné grafiky je nezbytné, aby během tepelného přenosu působily stejný tlak a teplota na celou plochu. Hlavní je ovšem doba, po kterou na potisk tlak a teplota působí. Délka této doby samozřejmě záleží na použitém materiálu a přenášecí fólii. Nedodržení doporučené doby pak může vést k nedokonalému uvolnění tisku od nosné folie a špatné fixaci grafiky na potiskovaném povrchu. Při stahování tím může dojít k vytrhávání částí potisku, zatímco při příliš dlouhém působení se mohou barviva v tiskových barvách nebo inkoustech přepalovat nebo srážet. [26,37]

### 6.3.2 Výhody a nevýhody

V průmyslu se termotransferový tisk často využívá zejména při tisku lepících etiket, avšak méně často se používá i k tisku přímo na materiál. Tisk etiket je ideální pro náročné průmyslové aplikace, a to zejména díky použití termotransferových pásek, které umožňují etiketám splňovat přísné odolnostní normy. Vynikají svou vysokou tiskovou rychlostí, zlepšenou odolností a spolehlivostí. [27,37]

Z ekonomického hlediska patří pořizovací cena této značící metody mezi nejnižší, zejména v porovnání s InkJetem nebo laserem. Avšak, podobně jako u inkoustových tiskáren, vyžaduje neustálé doplňování spotřebních komponent, jako jsou pásy nebo etikety. Existují však aplikace, kdy není možné využít potištěné lepící etikety. Například v případě, kdy je nutné označit výrobek trvale, což není možné pomocí termotransferového tisku. Některé výrobky naopak vyžadují hladký povrch a nesmí na nich být žádná nalepená etiketa. Zde je patrné, že každá aplikace vyžaduje promyšlení při volbě vhodné metody značení. [27,37]

## 6.4 Laser

Laser vytváří na povrchu materiálu trvalý, mechanicky odolný, výrazně kontrastní a jedinečný popis s velmi vysokou přesností. Princip této technologie spočívá v procesu ablace, což znamená místní odpaření materiálu, nebo v modifikaci barvy povrchu. Tloušťka odpařené vrstvy materiálu se pohybuje v řádu mikrometrů. Tato operace probíhá bez potřeby používání dodatečných komponent jako například chemických přísad, inkoustů nebo mechanických zásahů do struktury materiálu. Velikost znaků se obvykle pohybuje v rozmezí zlomků až jednotek milimetrů, ale je možné vytvářet i větší znaky. [28, 37]

Laserem lze aplikovat identifikační prvky na širokou škálu materiálů, včetně oceli, litiny, titanu, mosazi, bronzu, hliníku a jeho slitin, slinutého karbidu, zlata, keramiky, drahých kamenů, plastů, dřeva, skla, gumy, papíru, kůže a dalších. Povrch, který má být označen laserem, může být různě upraven, jako je broušení, pískování, lakování, černění, smaltování, nebo může být opatřen povlakem chromu, zinku, titan-karbidu, titan-nitridu, keramickým povlakem i dalšími. Laserové označování má výhodu v tom, že umožňuje označování ploch, které mohou být rovinné, válcové nebo zakřivené, a to i na místech obtížně dostupných. [28, 37]

### 6.4.1 Princip

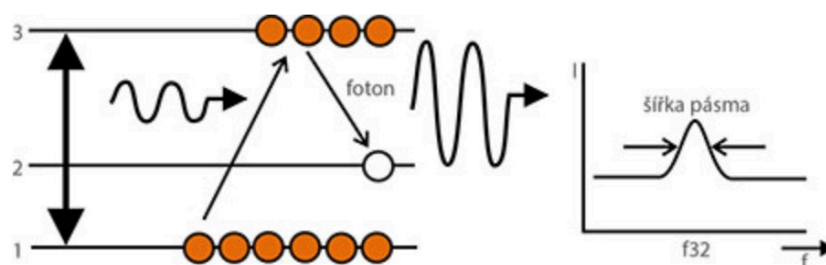
Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) představuje kvantový generátor extrémně koherentního optického záření, které vyniká vysokou monochromatickostí, nízkou divergencí světelného svazku a vysokou hustotou přenášené energie. Tento proces spočívá v zesilování světelných vln prostřednictvím stimulace atomů nebo molekul s přebytečnou energií, kterou následně uvolňují ve formě fotonů se stejnou frekvencí a fází jako původní světelná vlna. Laserové záření je jedinečné v tom, že žádné jiné záření nesdílí tyto specifické vlastnosti. [28, 37]



Klíčové jsou tři základní parametry. Prvním z nich je vlnová délka, vyjádřená v nanometrech. Definuje část viditelného spektra, kde se pohybuje laserový paprsek, a má vliv i na velikost stopy laseru. Laserové systémy se dělí podle vlnové délky na termální (IR) s délkou vyšší než 630 nm, systémy pracující ve viditelném světle (380 - 630 nm) a systémy v UV oblasti (pod 380 nm). Pravidlo platí, že čím nižší je vlnová délka, tím vyšší je energie a hmotnost (hybnost) fotonu. Ostatními dvěma klíčovými parametry ovlivňujícími kvalitu laseru jsou výkon a jeho životnost, což je pro průmyslové využití mimořádně důležité. [29,37]

Princip laseru vychází z kvantových principů fyziky. Elektron, pohybující se v kvantových orbitách, mohou absorbovat energii z jiného elektromagnetického záření. Čím vyšší je budící energie, tím větší energii předá elektronu, což způsobí jeho skok na vyšší kvantovou orbitu. Při dostatečné energii dojde k ionizaci, kdy se elektron oddělí od atomu. Na vyšší orbitě elektron setrvá pouze krátkou dobu. Přejít elektronu směrem nahoru mezi energetickými hladinami je provázen absorpcí, zatímco sestup z vyšší na nižší orbitu je doprovázen emisí energie o přesně stanovené hodnotě. Tato energie, nazývaná kvantum, je určena rozdílem mezi energiemi sousedních orbit. [29,37]

Výsledné záření je označováno jako koherentní (fotony jsou uspořádány ve svazku a šíří se stejným směrem) a monochromatické (má jednu přesně definovanou vlnovou délku) viz. Obr. 21. Tato vlastnost umožňuje soustředit světelný paprsek do malé oblasti při relativně velké vzdálenosti dopadu. [29,37]



Obr. 21 - princip laseru

## 6.4.2 Druhy laserů

Následující Tab. 1 uvádí rozdělení a stručné vlastnosti nejpoužívanějších průmyslových laserů, včetně jejich nejběžnějších aplikací.

Tab. 1 - porovnání technologií laseru

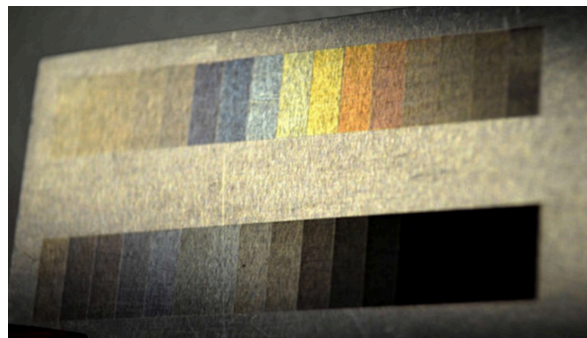
Typ	vlnová délka [nm]	buzení	efektivita [%]	režim	výkon [W]	aplikace	údržba	životnost [h]
Nd:YAG	1064	laserové diody	7	kontinuální	6 000	řezání, gravírování	ano	10 000
				pulsní	100	značení, gravírování		
		lampy	3	pulsní	600	sváření		1 000
CO2	10600	radiofrekvenčně	10	kontinuální, pulsní	10-250	značení, gravírování, řezání	ano	20 000
		elektricky	25		5 000	řezání, sváření		
					20 000	řezání, sváření		neomezená
Diskový	1070	laserové diody	15	kontinuální	16 000	řezání, sváření	ano	10 000
vláknový	1070	laserové diody	30	kontinuální	80 000	řezání, sváření, značení, gravírování, mikroobrábění	ne	100 000
				kvizikontinuální	1 200			
				pulsní	100			
diodový	808-980	elektricky	60	kontinuální	10 000	sváření, kalení, nanášení vrstev	ne	15 000

## 6.4.3 Způsoby značení laserem

Zde jsou rozebrány jednotlivé hlavní způsoby značení laserem. Mezi přímé laserové metody jsou řazeny žihání, tavení, gravírování, karbonizace a pění laserem a mezi nepřímé pak spojování materiálů. [30,38]

### Žihání

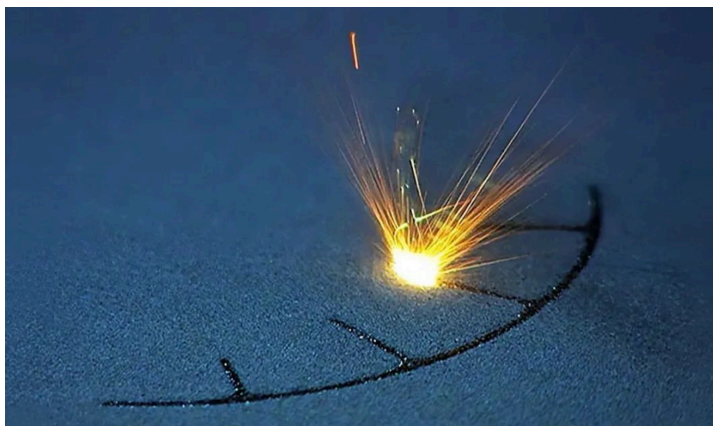
Tato technika spočívá v cíleném ohřevu materiálu pomocí laseru, což vede ke změnám v mikrostruktuře a vytvoření barevné oxidační vrstvy. Vzniklá barva, závisí na teplotě a tloušťce této vrstvy, což umožňuje dosáhnout různých odstínů viz. Obr. 22. Tato metoda je efektivní pro označování železných kovů a titanu, ale není vhodná pro hliník a barevné kovy. Při použití této metody zůstává povrch nedotčený, a značení je trvalé, dobře čitelné a odolné vůči otěru. Po označení zůstává povrch hladký, čistý a téměř bez vlivu na původní vlastnosti materiálu, proto je často využívána v oblasti lékařství. [31, 32,38]



Obr. 22 - ukázka žihání

## Tavení

Laserové tavení, se liší tím, že paprsek laseru přenáší na povrch vyšší množství tepla než při žihání, což vede k tavení materiálu v místě interakce s paprskem viz. Obr. 23. Tato metoda umožňuje dosáhnout vyšší rychlosti značení. Výsledné označení vystupuje nad povrch a má větší drsnost. [31, 32, 38]



Obr. 23 - ukázka tavení

## Gravírování

V tomto případě laserový paprsek odstraňuje vrstvy materiálu, což vytváří prohlubeň v povrchu (typicky od 10 do 50  $\mu\text{m}$ ) viz. Obr. 24. Výsledné značení má tvar písmene U, přičemž šířka se zmenšuje s hloubkou, jakou laser proniká do kovu. Materiál je odstraněn pomocí kombinace tavení a odpařování. Tímto způsobem lze vytvářet černé struktury s drsným povrchem a bílé struktury s hladkým povrchem. Hlavními výhodami jsou vysoká rychlost značení a odolnost vůči otěru. [31, 32, 38]



Obr. 24 - ukázka gravírování

## Karbonizace

Uplatňuje se při označování světlých plastů. Při karbonizaci uhlíkatý plast na povrchu shoří nebo zuhelnatí. Tento postup se obvykle používá u světlých plastů, a povrch zůstává převážně neporušený a hladký viz. Obr. 25. [31, 32, 33, 38]



Obr. 25 - ukázka karbonizace

## Pěnění

V průběhu procesu označování laser cíleně roztavuje základní materiál, což způsobuje vznik plynových bublinek. Tyto bublinky jsou následně zachyceny při ochlazování, což vede k vytvoření vyvýšeného značení (s výškou přibližně 20 až 40  $\mu\text{m}$ ) a relativně širokým profilem. Světlo se od tohoto označení difúzně odráží, což má za následek, že značení na tmavém plastu působí jako světlé viz. Obr. 26. Tento postup je často využíván při označování černých nebo tmavých plastů. [33]



Obr. 26 - ukázka pěnění

## Black Marking

Black Marking je technika laserového opracování, která vede k vytvoření velmi tmavého a kontrastního označení povrchu bez jakéhokoli úběru materiálu. Tato metoda využívá extrémně krátké laserové impulzy, které vytvářejí mikrostruktury na povrchu s rozsahem v nanometrech. Tato povrchová úprava vytváří trvalé a vizuálně i mechanicky stabilní černé značení viz. Obr. 27. Při určitých parametrech, může dojít k antikoroznímu efektu. Ten spočívá v tom, že vlivem ultrakrátkých impulzů zůstává teplotně ovlivněná oblast velmi malá a na povrchu tak zůstává dostatek volného chromu což umožňuje vytvoření samoregenerační vrstvy oxidů. [33]



Obr. 27 - ukázka black marking

## Spojování

Nepřímá metoda laserového označování spočívá ve spojení přídavného materiálu s povrchem předmětu za využití tepla generovaného laserovým paprskem viz. Obr. 28. Přídavný materiál obvykle obsahuje skleněné částičky nebo základní kovy, oxidy smíchané s anorganickým pigmentem a nosnou kapalinou (často vodou). Tento přídavný materiál lze aplikovat různými způsoby, například štětcem nebo sprejem a následně je pevně spojen s základním povrchem a vytváří tak pevné spojení. [34,38]



Obr. 28 - ukázka spojování

#### 6.4.4 Výhody a nevýhody

Značení laserem přináší několik výhod, včetně trvalého a kontrastního označení, které zůstává dobře čitelné a odolné vůči chemickým a tepelným vlivům. Proces značení je rychlý a přesný, a navíc je šetrnější k životnímu prostředí ve srovnání s jinými metodami, jako je inkoustový tisk, protože nepoužívá doprovodné materiály, které by mohly znečišťovat životní prostředí. Laserové značení není spojeno s opotřebením nástroje nebo materiálu, a lze ho použít na téměř všechny druhy materiálů, včetně velkých ploch a obtížně přístupných míst. Další výhodou je eliminace dalších technologických kroků, jako například čištění nebo leštění povrchů, protože laser dokáže provést tento proces v jediném úkonu. Laserové zařízení lze snadno integrovat do automatizovaných výrobních procesů a umožňuje také jednoduchou individualizaci. [32,30,35,38]

Nicméně, existují i některé nevýhody. Omezená barevnost označení a vysoké pořizovací náklady na laserové zařízení jsou zásadními faktory. Také ne všechny materiály lze značit s rovnoměrnou kvalitou. Například s  $CO_2$  laserem nelze efektivně značit kovy bez povrchové vrstvy, a Nd:YAG laser nefunguje pro sklo a průhledné materiály. [32,30,35,38]

## 6.5 Srovnání značících technologií

V této kapitole je shrnuto porovnání výše zmíněných technologií mezi sebou, z hlediska různých parametrů. Tab. 2 vyobrazuje stručnou korelaci nejvýznamnějších vlastností každé ze zkoumaných metod značení. [36,38]

Tab. 2 - porovnání vlastností značících technologií

porovnání metod značení	Laserové značení	Mikroúderové značení	InkJet	Termotransfer
rozsah použití	většina materiálů	většina materiálů kromě poddajných	většina materiálů	většina materiálů
kvalita značení (detailnost)	vynikající	špatná	průměrná	průměrná
trvanlivost značení	trvalé	trvalé	dočasné	dočasné
rychlost značení	vysoká	nízká	vysoká	nízká
flexibilita značení	vektorová grafika, 1D a 2D kódy, písmena a znaky a další	jednoduchá grafika, alfanumerické značení a 1D a 2D kódy	jednoduchá grafika, alfanumerické značení a 1D a 2D kódy	jednoduchá grafika, alfanumerické značení a 1D a 2D kódy
integrace do výroby	velmi flexibilní	jednoduchá	jednoduchá	jednoduchá
údržba	bezúdržbové	výměny hrotů po opotřebení	nutná denní údržba	nutná denní údržba
pořizovací náklady	€€€	€€	€€	€
provozní náklady	€	€€€	€€€€	€€€€

Mikroúderové značení je hluboké, lze jej smazat pouze broušením a je snadno čitelné lidským okem. Avšak při snaze o automatické čtení pomocí strojů nebo čteček, zejména pro 2D kódy, mohou vznikat problémy vzhledem k nedostatečnému kontrastu. Tento typ značení má významnou nevýhodu v hlučnosti a rychlém opotřebení razících hrotů, čímž dochází k dodatečnému nárůstu nákladů. [39]

Značení inkoustem se vyznačuje nižšími pořizovacími náklady a vytváří dobrý kontrast. Nicméně, v průběhu dlouhodobého používání mohou náklady spojené s pravidelnou údržbou a spotřebou inkoustu výrazně zvýšit celkovou cenu této technologie. Další nevýhodou pro aplikace v průmyslu je skutečnost, že inkoustem provedené označení, nemusí být na určitých materiálech trvalé. Podobné parametry s nárůstem ceny v důsledku provozních nákladů, vykazuje i technologie termotransferu a stejně tak u ní může být aplikace na určité materiály problematická. [39]

Technologie laserového značení vyniká dobrou životností. I přes vyšší pořizovací náklady a nutnost dodržování bezpečnostních opatření, například plného zakrytí stroje, se tato technologie stává výhodnou, protože je téměř bezúdržbová a nepotřebuje žádný další spotřební materiál kromě elektrické energie. Výhodou je i bezkontaktní povaha tohoto značení a jeho stálost a možnost aplikace na různé materiály. Další z významných přínosů oproti zbylým technologiím je vysoká rychlost značení dokonce i tvarových ploch, což by mohlo být pro ostatní technologie problematické. [39]

Z výše zmíněných důvodů, technologičnosti a nákladovosti uvedených metod značení, bude pro experimentální část zvolena primárně technologie mikroúderu a jako alternativa technologie laserového značení. [39]



## 7 Historie společnosti Strojmetal

Společnost Strojmetal Aluminium Forging a.s. (SAF), se sídlem v Kamenici u Prahy, má historii, jež sahá až do roku 1822, kdy zde byla založena měděná huť Josefem Ringhofferem. V roce 1940 došlo k rozšíření výroby o kování hliníkových slitin. V současné době je specializována na výrobu kovaných podvozkových dílů z hliníku a speciálních slitin pro osobní automobily předních světových značek s vysokými nároky na pevnost a životnost. Kromě toho nabízí individuální řešení v oblasti dekorativního a průmyslového zpracování. [40]

Svémi téměř dvěma sty lety historie je tento výrobní závod zařazen mezi nejstarší v České republice, avšak nezůstal pozadu vývoje. Neustále je investováno do modernizace a rozvoje. Vedle tradičních kovacích lisů a bucharů se zde nyní nachází 8 plně automatizovaných kovacích linek, které jsou obsluhovány 111 roboty. Pro další zpracování výkovků jsou využívána výkonná CNC obráběcí centra a moderní technologie, jako jsou automatizovaná montážní zařízení pro zalisování gumových ložisek nebo technologie pro výrobu vlastních kovacích nástrojů. SAF disponuje vlastním vývojem a aplikovaným výzkumem, oddělením konstrukce, diagnostickým centrem a vlastním centrem vývoje supravodivých materiálů. Díky vytvořenému know-how je udržována špičková pozice mezi výrobcí hliníkových dílů pro automobilový průmysl po celém světě. [40]

Základním pilířem podnikatelské koncepce společnosti je zaměření na zákazníka a nabídka špičkových složitých produktů oboru zápusťkového kování hliníku včetně jejich obrábění a montáže. Ve Strojmetalů jsou zákazníci z 98 % z oblasti automotive. Další díly jsou dodávány pro lodní průmysl, zbrojařství nebo komponenty pro letecké motory. I když automobilový průmysl jako takový pokračuje ve své cestě nejistým obdobím, výrobky společnosti SAF budou mít na trhu čím dál důležitější pozici. Pokračujícím trendem v automobilovém průmyslu je snižování hmotnosti a tím i uhlíkové stopy, a hliníkové výrobky pomáhají zákazníkům dosahovat takového snížení. Zároveň je silící tlak na trvalou udržitelnost celého výrobního řetězce. V této oblasti je opět hliník jako kov s maximální možnou mírou recyklace, výhodou. A stejně tak je rostoucí i tlak na sledovatelnost výrobků a tím i na značení jednotlivých dílů, a proto je velice důležitý i vývoj a výzkum v této oblasti. [40]

## 7.1 Produktové portfolio

Hlavními obory činností společnosti jsou výroba zápusťkových výkovků ze slitin hliníku, výroba tvářecího nářadí a CNC obrábění výkovků. Společnost vyrábí a dodává zápusťkové výkovky ze slitin hliníku pro tuzemské, ale zejména pro zahraniční odběratele, a to převážně ze zemí EU. Podíl exportu na celkovém objemu dodávek překračuje 89 %, přičemž hlavním obchodním teritoriem jsou náročné evropské trhy. [40]

### Současný výrobní program

Transformací společnosti na akciovou formu v roce 2021 vznikly dva výrobní závody. Výrobní závod v Kamenici nadále rozvíjí tradici výroby výkovků z neželezných kovů a rozšiřuje svůj výrobní program o obrábění těchto výkovků. Výrobní závod Bruntál slouží k dalšímu rozšíření výrobních kapacit pro kování a obrábění. [40]

### Jednotlivé části výroby [40]

1. Výroba zápusťkových výkovků ze slitin hliníku (prováděná v kovárně)
2. Výroba tvářecího nářadí (prováděná v nástrojárně) zahrnuje výrobu kvalitních kovacíh nástrojů pro tváření kovů (zápusťkové výkovky), výrobu nástrojů pro dělení materiálu, výrobu přípravků pro obrábění
3. Obrábění výkovků, běžné třískové obrábění, jednoduchá montáž (prováděné v obrobně)

Ve všech provozech je pracováno s predikcí údržby, výrobní procesy jsou trvale optimalizovány a do výroby je zařazován vlastní vývoj. V roce 2022 Strojmetal zavádí do výroby desítky nových výrobků. [40]

Společnost Strojmetal Aluminium Forging a.s. plánuje a řídí svou vývojovou, výrobní a obchodní činnost v souladu s dlouhodobou podnikatelskou koncepcí. Ta je postavena na neustálém rozvoji a specializaci výrobního programu směrem k technicky složitým výrobkům s vyššími užitnými vlastnostmi a jejich diferenciální identifikací. [40]

## 7.2 Traceabilita a značení ve Strojmetalu

Aktuálně vychází značení a traceabilita z předpisů nejen IATF, což je zkratka pro „International Automotive Task Force“ značící mezinárodní skupinu s účelem zvyšování a standardizace kvality výroby v dodavatelském řetězci, ale i z přísnějších a zpřísnujících se norem zákazníka. [40]

### Popis aktuálního postupu

Základní materiál je dovezený ze slévárny spolu s ATESTem složení a dodacím listem. Proveďte se kontrola složení vnitropodnikovými testy a v případě, že je vše v pořádku, je uvolněn pro výrobu a označen ručně psanou visačkou a je mu přidělena značka tavby, která je následně ručně zaevidovaná v systému – součástí jsou informace o teplotách přehřevu a tváření, tvářecích silách, výměnách zápustek, tepelném zpracování, nastavení otryskání a jiné. Materiál dále vstupuje do procesu kování a na vyměnitelné raznici je označen značkou tavby a interním číslem dílu viz. Obr. 29, které se liší od čísla pro zákazníka. Hotové výrobky se uskladní do gitterboxů, které jsou ručně označeny štítkem viz. Obr. 31, uskladněny ve skladu na předem definovaná místa. Následně si materiál přebírá oddělení kvality a kontroluje kritické parametry a následně uvolňuje materiál k dalšímu zpracování na obrobě. Zde je materiál obroben a pokud nepokračuje k montáži, je opatřen DMC kódem viz. Obr. 30, do kterého jsou zaevidovány datum a čas výroby a unikátní číslo dílu na základě kterého se dají v systémové databázi dohledat, parametry obrábění a pokud jsou, tak i parametry montáže. Poté jdou díly na balení, kde se ručně naskenují všechny díly uložené do konkrétní krabice, ta je opatřena VDA visačkou (zkratka pro „Verband der Automobilindustrie“, v překladu „sdružení automobilového průmyslu“) odpovídající normám v automobilovém průmyslu a číslo krabice je zaznamenáno v dodacím listu. [40]

Možné chyby: Lidský faktor, ruční psaní, balení dílu bez DMC, špatný kód DMC, informační systém bez kontinuity a mezidivizní integrace.

Zlepšení: Dohledatelnost průběžných balení, komplexní databázový integrovaný systém, tracking doprovodných dílů, které jdou do montáže, DMC na one-piece-flow (nové možnosti ale nutně více automatizovat, protože je potřeba díly všude načítat), značení gitterboxů bar kódy a čtení ručními čtečkami, zlepšení minimálně pracovníků pro přijímání inovací a jejich další generování například metodou 2 sekundového leanu.

Následující obrázky znázorňují aktuální způsob značení ve společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. a každý z nich má pod sebou krátký text s vysvětlením, které prvky fotografie obsahuje.



*Obr. 29 - vnitropodnikové značení hotového výkovku*

Na Obr. 29 se vlevo nahoře nachází alfanumerická značka dílu, vpravo nahoře vyobrazuje „C3A“ značku tavby, pod ní se nachází značka firmy (hvězda s „S“ uprostřed) a nakonec kulaté „datové sluníčko“ registrující rok a měsíc výroby.



*Obr. 30 - aktuální značení pro zákazníka*

Na Obr. 30 je znázorněn vlevo DMC kód obsahující unikátní řetězec pro dohledatelnost vnitropodnikových informací o obráběcím procesu (parametry obrábění) a montážním procesu (parametry zalisování doprovodných prvků) a vpravo unikátní alfanumerický kód pro zákazníka.

Na Obr. 31 je vyobrazen štítek, který znázorňuje, o jaký typ dílu se jedná, jaké bude jeho následující zpracování a další doprovodné informace výrobního procesu.

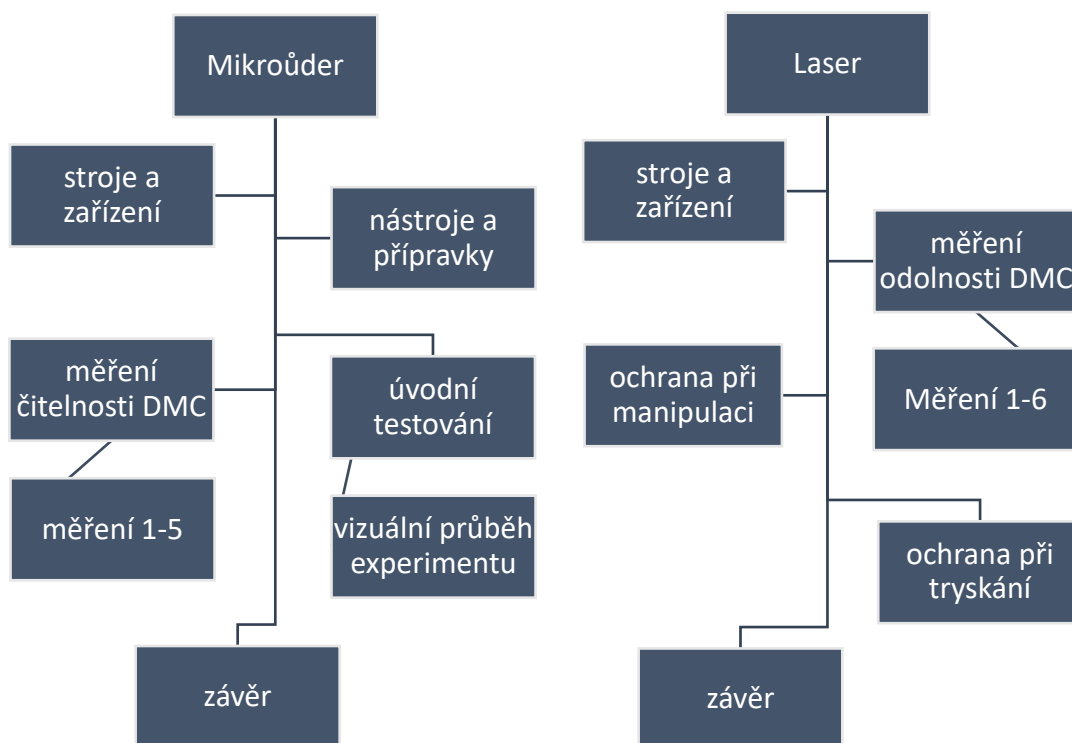


Obr. 31 - aktuální značení gitterboxů

Na základě výše zmíněného popisu aktuálního stavu se v pozdější části práce pokusím navrhnout metodiku, ve které bude kladen důraz na zlepšení, zmenšení aktuálního prostoru k chybám a v souladu s principy Průmyslu 4.0 zapojit vyšší míru automatizace a kyberneticko-fyzikální integrace.

## 8 Testy značení

Cílem práce je navrhnout metodiku značení a sledování výkovků, zde se prakticky věnuji problematice značení. Jak jsem zmiňoval v abstraktu, jedná se o stěžejní segment celé diplomové práce, protože bez kvalitního a aplikovatelného značení nelze sestavit přesnou a efektivní sledovatelnost a bez účinné sledovatelnosti nelze navrhnout funkční metodiku. Jak je znázorněné na schématech níže, tato sekce se dělí na dvě části, a to značení mikroúderem a značení laserem. Jsou zde popsány postupy a způsoby testování, použité přístroje a nástroje, detailní snímky, 3D skeny povrchu, naměřená data a jejich vývoj, průběžné vyhodnocování a závěry. Nakonec jsou zde shrnuty výsledky a závěry z obou technologií a doporučen další postup.



## 8.1 Mikroúder

V této kapitole se věnuji technologii mikroúderu, jejíž princip je popsán v teoretické části. Nejprve jsou zde popsány dva stroje, a to značek Gravotech a Liftec, dále popisují, jak testování probíhalo, jak se měnila čitelnost, jakožto hlavní sledovaný parametr. Jsou zde vyobrazena naměřená data a pod každou sérií testů je popsán stručný závěr, případně návrh dalšího postupu.

Vycházím z klasického výrobního procesu, kde nejprve vychází díl z kovací linky, následně vstupuje do procesu moření, a nakonec pokračuje do tryskače k povrchovému zpevnění a zmatnění. Mezi těmito operacemi probíhalo testovací značení, aby se dalo zjistit, jak který krok ovlivňuje DMC matici. Tato data byla analyzována, re-validována a postupnými iteracemi se došlo k co nejlepším značícím parametrům.

Na konci celé kapitoly jsou shrnuty hlavní poznatky a uveden závěr testování.

### Stroj Gravotech XF510Sp



Obr. 32 - značící hlavice Gravotech

#### Specifikace:

plocha značení 100x80mm,  
pneumatický pohon,  
provozní teplota 5 - 45°C,  
spotřeba energie 140 VA,  
max. tlak 5 barů

### Stroj Liftec COUTH MC 2000 PN



Obr. 33 - značící hlavice Liftec

#### Specifikace:

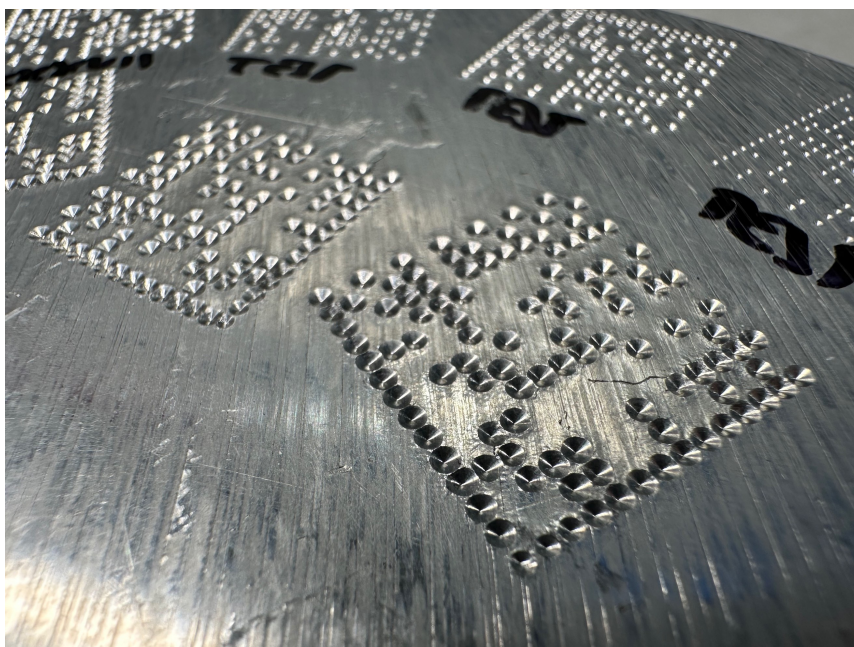
plocha značení 250x170mm  
pneumatický pohon  
provozní teplota 5 - 45°C  
spotřeba energie 170 VA  
max. tlak 6 barů

### 8.1.1 Úvodní testování

Zde je znázorněno, jak vypadalo prvotní testování. Byl jsem obeznámen s používanými stroji a nástroji, vyzkoušel jsem si, jak se zařízení chová, různé typy nastavení parametrů značení viz. Obr. 34 a Obr. 35 a obecně jakými disponuje funkcemi.



Obr. 34 - první označený díl s různými parametry ražení

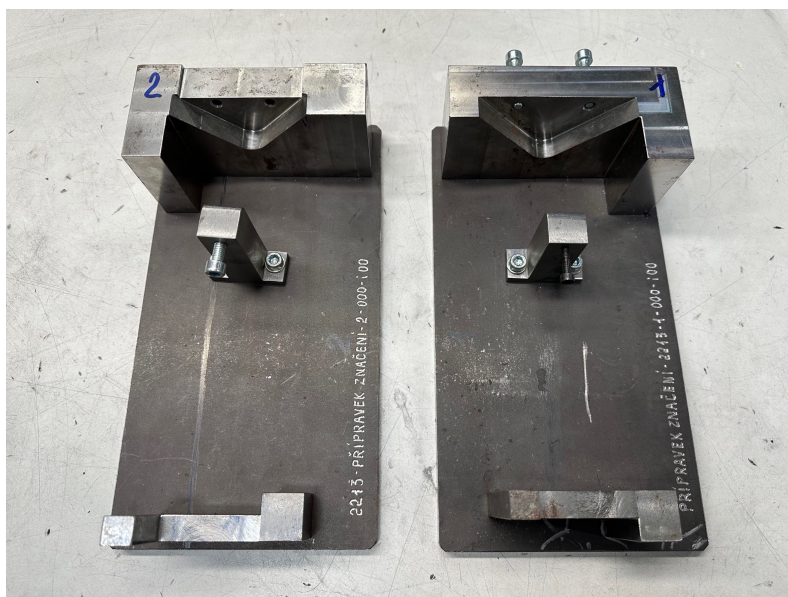


Obr. 35 - detail prvního označeného dílu



## Přípravky pro značení dílů

Složitost některých dílů neumožňovala jejich jednoduché upnutí do svěráku. Kvůli jejich správnému upevnění, se na nástrojárně nechaly vyrobit přípravky pro založení znázorněné na Obr. 36. Jedná se o dva kusy, kde každý z nich přesně pasuje na jednu stranu výkovku (označeno čísly 1 a 2) a podepírá ho v nejkritičtějších bodech včetně plochy pro značení, jak je vidět na Obr. 37.



Obr. 36 - přípravky pro založení dílů



Obr. 37 - ukázka založení dílu do přípravku

**Fotící stanoviště Canon EOS 77D + objektiv EF-S 60mm**

Na následujícím obrázku je znázorněno fotící stanoviště, kde se zaznamenávaly detailní obrázky značených dílů. Skládá se z podložky osazené mřížkou pro správné zarovnání, 3 stojanů, kdy dva nesou zářivky a jedna foto-soustavu. Foto-soustava se skládá z fotoaparátu Canon EOS 77D a objektivu EF-S 60mm pro režim focení makro (detailní snímky z blízka). Dále obsahuje světelný kruh nasazovaný na konec objektivu pro ještě lepší a rovnoměrné nasvícení. Na stojanech je nastavitelná výška, jež umožňuje správné ostření a jemnou úpravu světelných podmínek na povrchu objektu.

Specifikace: Obrazový snímač CMOS (22,3x14,9mm) 25 megapixelu, Obrazový procesor DIGIC 7, Citlivost ISO 100-25000, Závěrka 3-1/4000 s, Clona 2,8-30



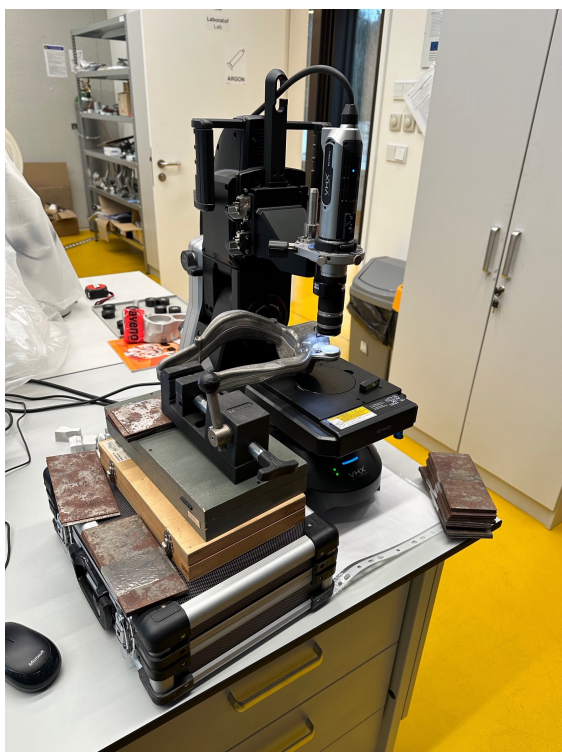
Obr. 38 - fotící stanoviště

### Měřicí stanoviště Keyence VHX-S750E

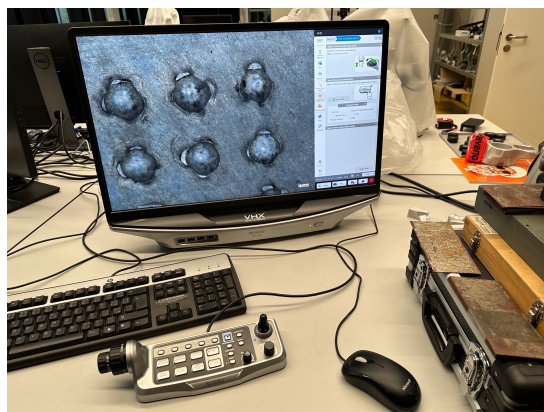
Zařízení Keyence VHX-S750E je vysoce výkonný digitální mikroskop pro profesionální použití. Disponuje elektronicky řízeným posuvným stolem a držákem kamery s funkcí automatického skenování povrchů. Součástí jsou i rozšířené ovládací prvky ve formě řídicího panelu a počítače s monitorem pro zobrazování zpracování a vyhodnocení vysoko objemových obrazových a skenovacích dat.

Specifikace: Obrazový senzor CMOS (1/1,8 palce), rozlišení 6144 x 4608 obrazových bodů, progresivní skenovací systém, závěrka 1/60-1/19000, přiblížení 10-100x.

Na Obr. 40 je znázorněno rozložení při skenování značeného místa spolu s odlehčením pohyblivého stolečku z důvodu jeho nízké nosnosti. Obr. 39 ukazuje rozšířené ovládací prvky mikroskopu, včetně řídicího panelu.



Obr. 40 - měřicí stanoviště



Obr. 39 - ovládací prvky mikroskopu

### 8.1.2 Vizuální průběh experimentu

Na následujících obrázcích jsou znázorněny reprezentativní díly fází postupu experimentu. První nejtmavší díl reprezentuje výkovek bez jakýchkoliv úprav, ve formě, ve které vyjíždí z kovací linky. Druhý lesklý díl reprezentuje výkovek po procesu moření, kde je zbaven nečistot, zbytků grafitového maziva a mastnoty. Třetí matně stříbrný díl reprezentuje vymořený výkovek po procesu tryskání, kde je mechanicky zpevněn jeho povrch a dodán dekorativní matný vzhled.



Obr. 41 - zprava doleva – původní, mořeno, otryskáno

#### Reprezentativní kusy (detailní fotografie + 3D sken a měření)

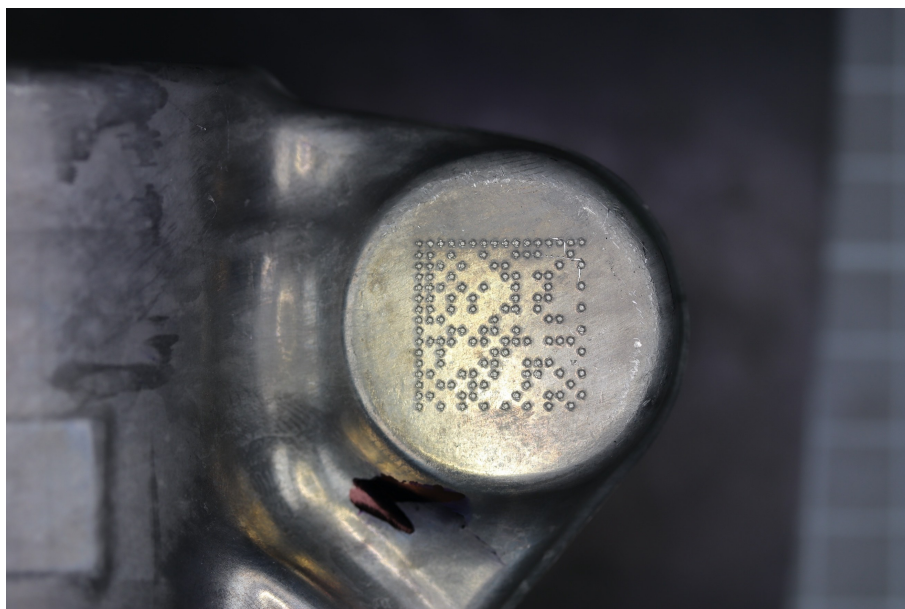
Na následující sérii obrázků ( Obr. 42 - Obr. 53) jsou znázorněny detailní fotky jednotlivých dílů v dříve zmíněných fázích výroby, a to včetně 3D skenu a vyhodnocení reliéfu povrchu po značení, které bylo zpracované měřicím systémem Keyence VHX-S750E se zakótovanými rozměry. Klesající nebo stoupající tendence podél měřené délky je způsobena nevodorovným zarovnáním dílu na měřicím stole.

### Vykované díly (tmavé)

Na Obr. 42 a Obr. 43 je vidět detailní záběr na místo značení.



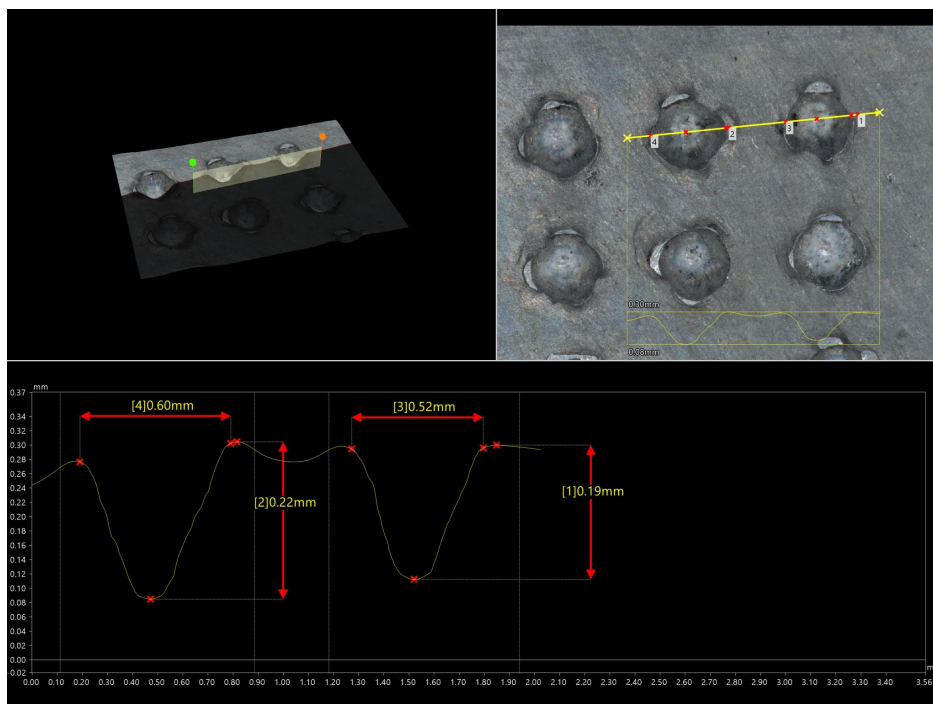
*Obr. 42 - detail z boku (tmavý)*



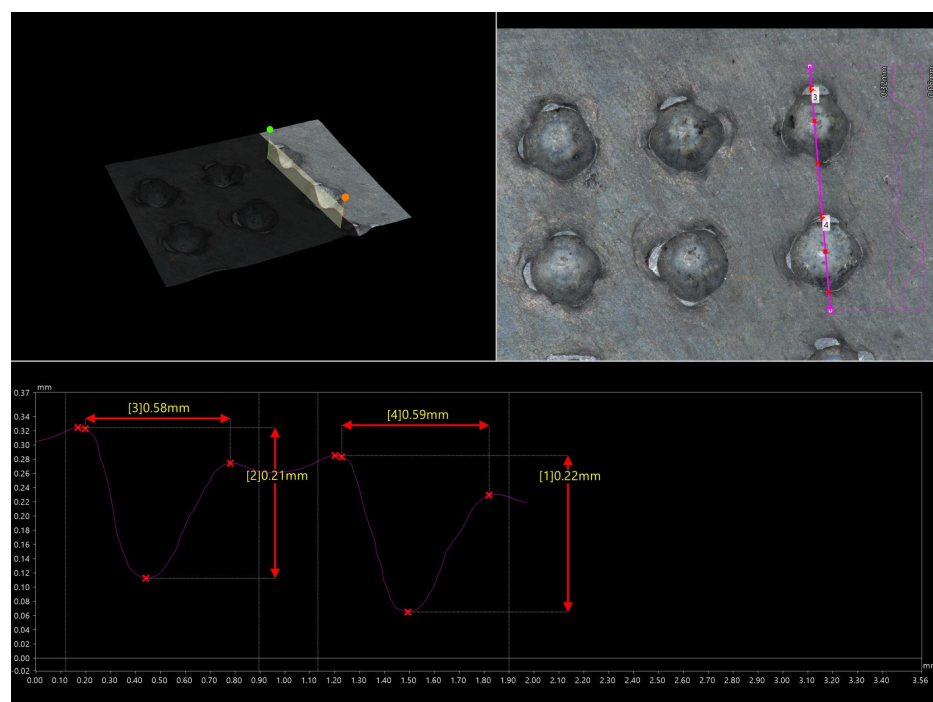
*Obr. 43 - detail shora (tmavý)*

**Makroskopické snímky vykovaných dílů (tmavých) ve 100x zvětšení**

Vyobrazené snímky z mikroskopu Obr. 44 a Obr. 45 vyobrazují detail při zvětšení 100x (pravá horní část) 3D model povrchu (levá horní část) a změřené hodnoty reliéfu povrchu (spodní část).



Obr. 44 - makro sken s měřením v 1. směru (tmavý)



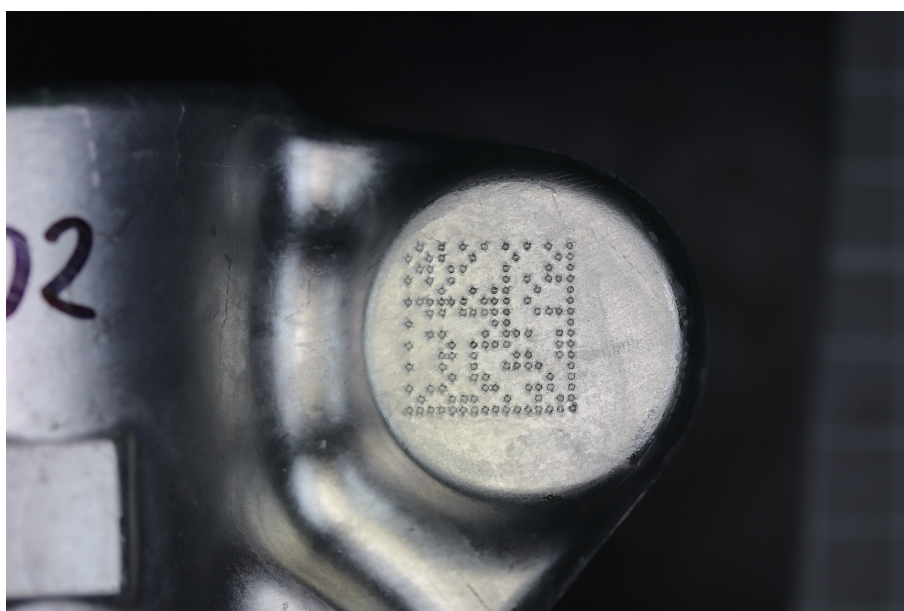
Obr. 45 - makro sken s měřením v 2. směru (tmavý)

## Vymořené díly (lesklé)

Na Obr. 46 a Obr. 47 je vidět detailní záběr na místo značení.



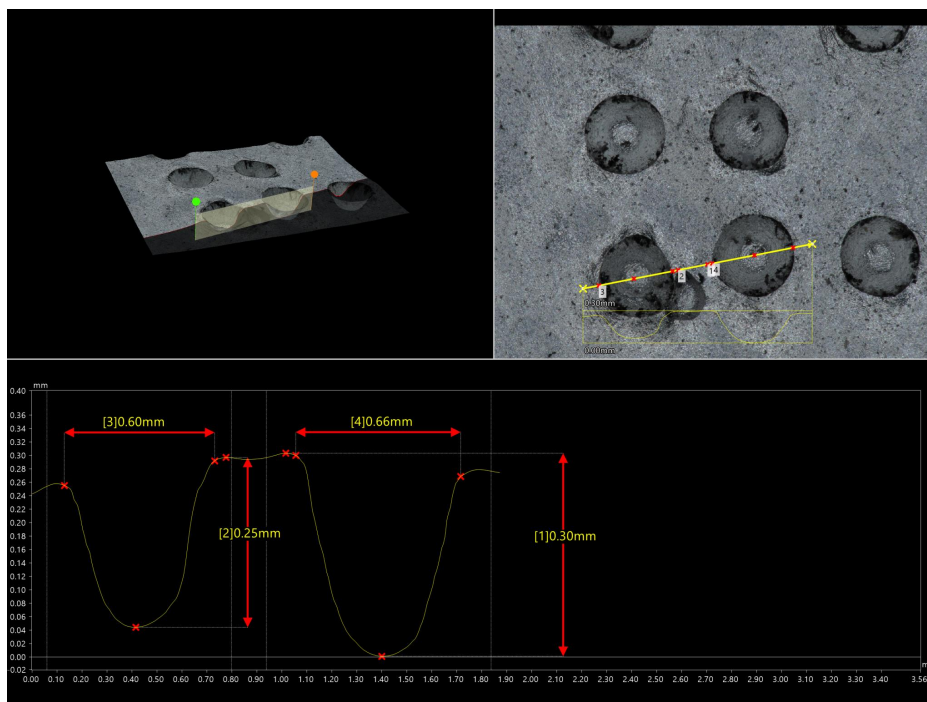
Obr. 46 - detail z boku (lesklý)



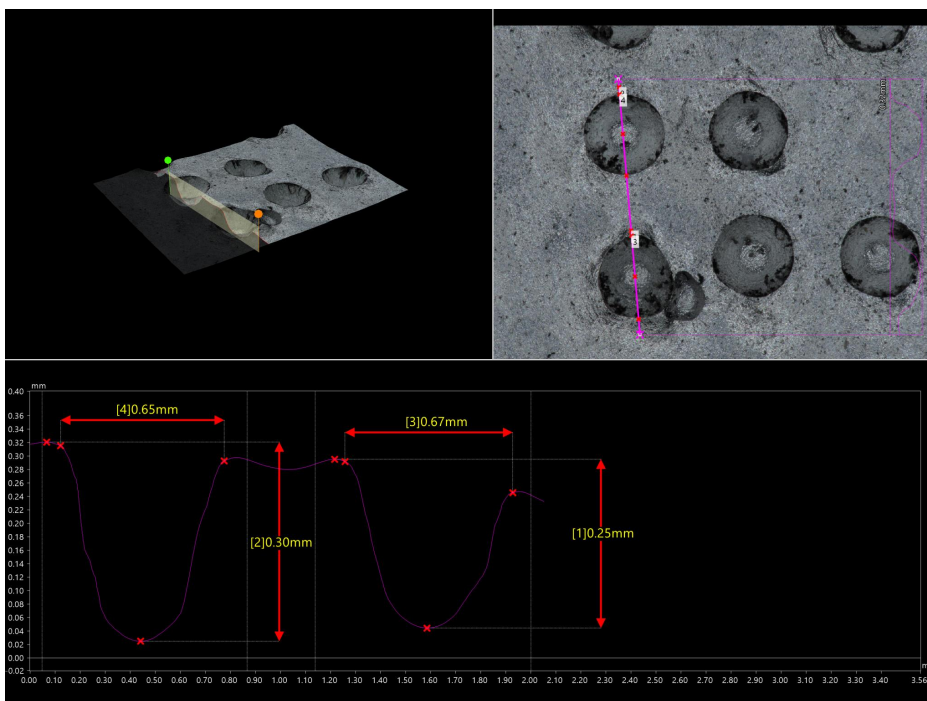
Obr. 47 - detail shora (lesklý)

### Makroskopické snímky vykovaných dílů (lesklých) ve 100x zvětšení

Vyobrazené snímky z mikroskopu Obr. 48 a Obr. 49 vyobrazují detail při zvětšení 100x (pravá horní část) 3D model povrchu (levá horní část) a změřené hodnoty reliéfu povrchu (spodní část). Je zřetelné, že po moření se rozměry nijak nemění, jen povrch je jasnější.



Obr. 48 - makro sken s měřením v 1. směru (lesklý)

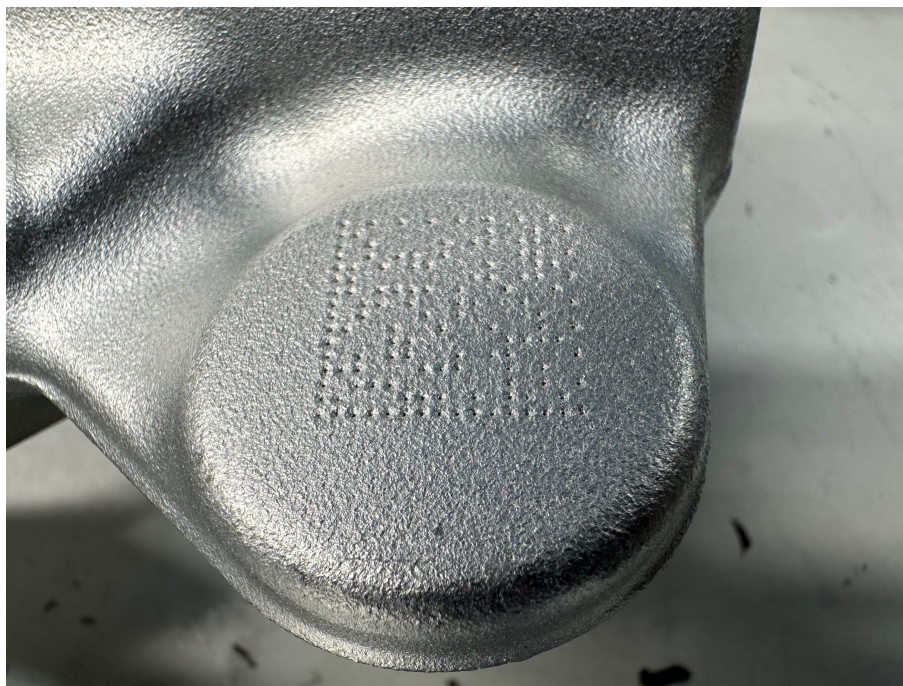


Obr. 49 - makro sken s měřením v 2. směru (lesklý)

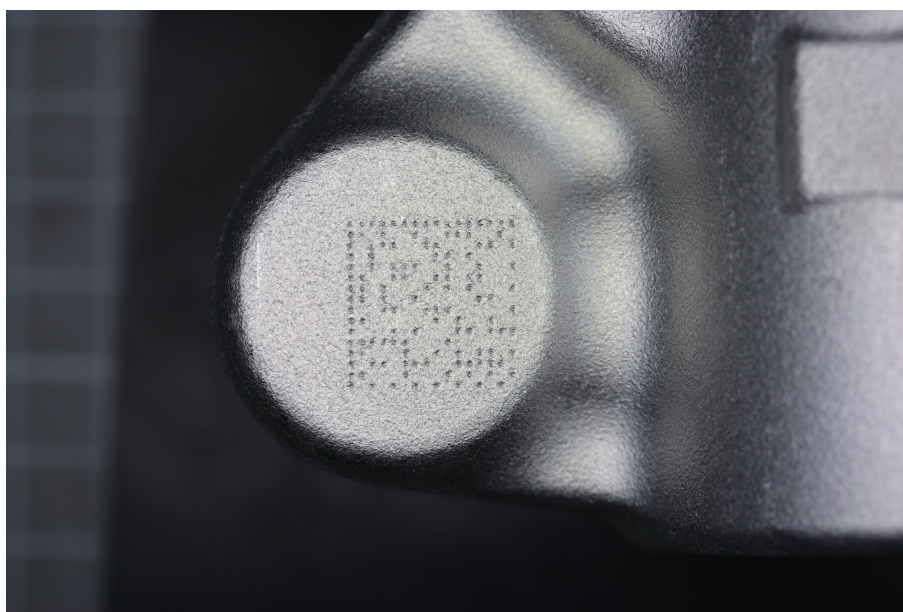


### Otryskané díly (matné)

Na Obr. 50 a Obr. 51 je vidět detailní záběr na místo značení.



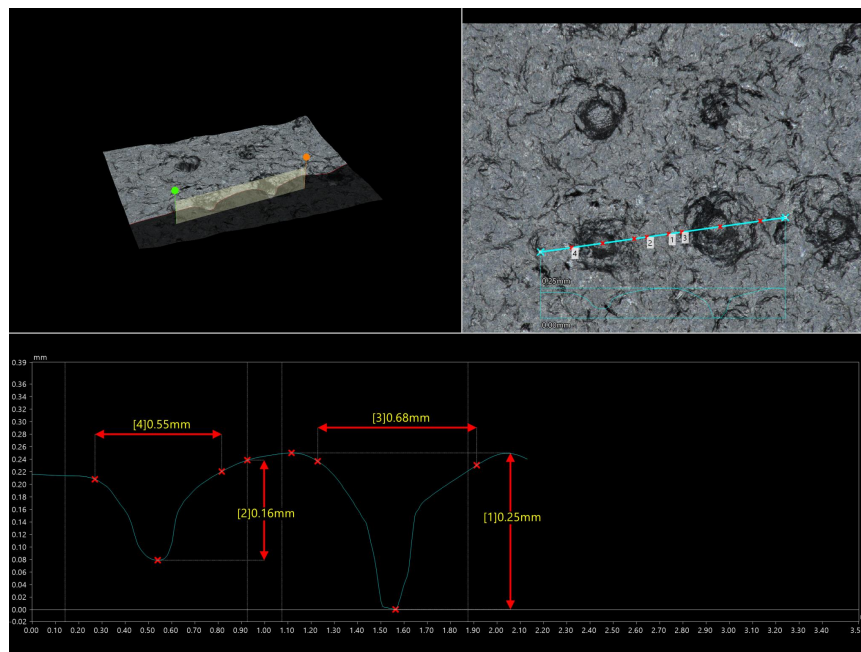
*Obr. 50 - detail z boku (matný)*



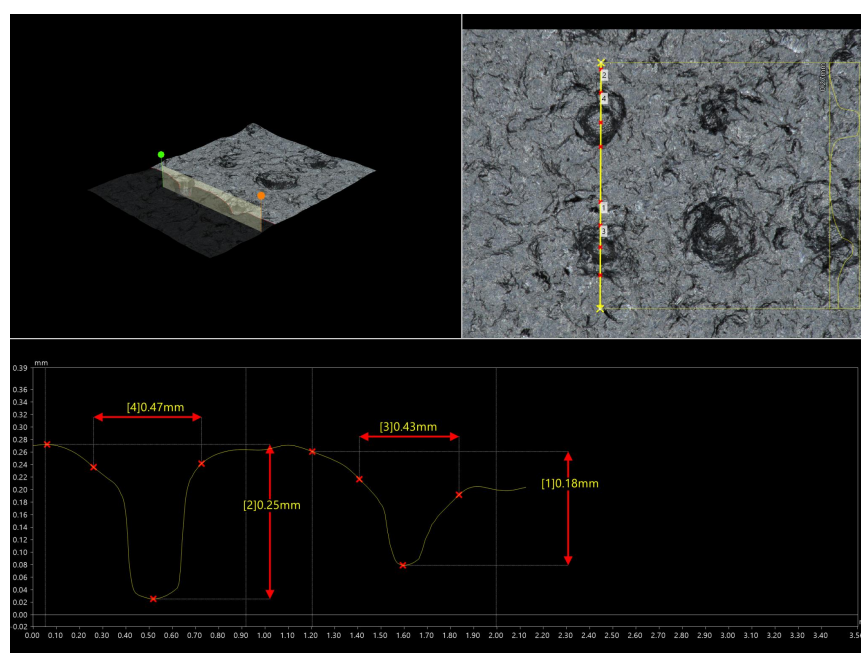
*Obr. 51 - detail shora (matný)*

### Makroskopické snímky vykovovaných dílů (matných) ve 100x zvětšení

Vyobrazené snímky z mikroskopu Obr. 52 a Obr. 53 vyobrazují detail při zvětšení 100x (pravá horní část) 3D model povrchu (levá horní část) a změřené hodnoty reliéfu povrchu (spodní část). Je zřetelné, že po otryskání je povrch silně deformovaný a důlky jsou méně zřetelné. Krátí se jejich obvod a přesto, že hloubka ve středu zůstává zachována i dle vizuálního pohledu se důlky jeví méně zřetelné a plošší, než byly původně.



Obr. 52 - makro sken s měřením v 1. směru (matný)



Obr. 53 - makro sken s měřením v 2. směru (matný)

### 8.1.3 Měření čitelnosti DMC

V kapitole měření čitelnosti je hlavním zaměřením nalézt optimální parametry značení dílů tak, aby bylo dosaženo co nejlepší čitelnosti i po otryskání. Jak je zřetelné z předchozí kapitoly, otryskáním dojde k velkému zhoršení kvality značení, což může i nemusí být problém pro čtecí zařízení. Zde je rozebráno, jak se hodnoty vyvíjí směrem k tomu, aby čtecí zařízení dokázalo kód rozlišit. Sledovanými parametry jsou nastavení tryskače, doba tryskání, velikost DMC matice, vrcholový úhel špičky hrotu razícího nástroje, typ razícího zařízení, použitý tlak nebo vzdálenost trnu od povrchu výkovku.

#### Postup měření

Návrh postupu měření a hledání optimálních parametrů spočívá v krokovém značení a následném okamžitém čtení na čtecím zařízení po každém provedeném kroku. Tak by se dle předpokladu mohla dát najít souvislost výsledné čitelnosti na změnách ve značení způsobených buď změnami značících parametrů nebo změnami v průběhu různých fází výrobního procesu (moření, tryskání). Měnící se parametry by mohly vykazovat zřetelnou linku vedoucí k postupně stále lepším a lepším výsledkům. Jedná se ovšem o multifaktoriální vyhodnocovací proces, kde změna jednoho parametru může negativně nebo pozitivně ovlivňovat parametry jiné a hledání může být velice komplexní. To bude v této kapitole podloženo experimentálně.

## Vysvětlení dat v tabulkách vyhodnocení čitelnosti

Níže vyobrazená Tab. 3 reprezentuje jak dobře nebo špatně je v dané fázi výrobního procesu DMC čitelné, kdy 1 je nejlepší čitelnost a 5 je nejhorší. Škála je odstupňovaná i barevně pro rychlejší vizuální interpretaci. Tab. 4 je pak příkladem naměřených dat.

Tab. 3 – škála hodnot čitelnosti DMC

Čitelnost DMC:	
1	čitelné bez prodlevy
2	čitelné s drobným zadrhnutím
3	čitelné s vážnějším zadrhnutím
4	velmi obtížně čitelné
5	nečitelné

Tab. 4 – ukázkový záznam měření

Číslo dílů (unikátní značení)	30	31	32	33	35	36	37	38
<b>Provedené testy:</b>	<b>Čitelnost DMC</b>							
Gravotech - označení					5	5	5	4
Gravotech - po tryskání					x	5	5	5
Liftec - označení	5	5	5	4				
Liftec - po tryskání	x	5	5	5				
<b>Parametry:</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>
Přípravek (rozlišuje strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1
Hrot	N20SB	N20SB	N20SB	N20SB	G125	G125	G125	G125
Vrcholový úhel [°]	120	120	120	120	125	125	125	125
Tlak [bar]	6,5	6,5	6,5	6,5	5	5	5	5
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	9,9	9,9	9,9	9,9	8,5	8,5	8,5	8,5
Vzdálenost trnu [mm]	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5
velikost DMC [mm]	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18
síla/rychlost	03/10	03/10	03/10	03/10	100/100	100/100	100/100	100/100
doba tryskání [min]	x	42	27	29	x	42	34	33

### Legenda k Tab. 4

- Číslo dílů reprezentují unikátní identifikaci jednotlivých výkovek
- X značí, že daný úkon nebyl proveden nebo taková data nejsou
- spodní tabulka s *Parametry* značení vždy koreluje s nad ní uvedenými díly (stejný sloupec) a znázorňuje jaké parametry byly pro tvorbu značení toho daného dílu použity
- pokud je u čísla přidána pomlčka, jedná se o identifikaci strany dílu, jelikož byly značeny oboustranně (30-1 znamená umístění v přípravku 1 a 30-2 v přípravku 2) nebo jsou strany definovány nad čísly dílů nebo jsou značeny jen z jedné strany

### 8.1.4 Měření 1

Zde se jedná o úvodní měření. Sledovanými a měnicími se parametry jsou velikost DMC a vrcholový úhel značícího hrotu mikroúderového zařízení, proto je tabulka lehce odlišná, značení první strany dílu je na řádku výše a značení druhé strany je ve stejném sloupci o 5 řádků níže. Vývojové středisko v této době nedisponovalo vlastním značícím zařízením, proto byly díly odeslány k externímu označení na zařízení Liftec COUTH MC 2000 PN se značícími hroty o vrcholových úhlech 90° a 60°. Použitým čtecím zařízením byla čtečka Keyence SR-G100, která se používá ke čtení jiných DMC ve výrobních prostorách společnosti Strojmetal. Jedná se o provozem ověřený model, bez speciálních výpočetních možností, se standardními databankami obrazových a světelných dat dodanými společností Keyence pro toto použití.

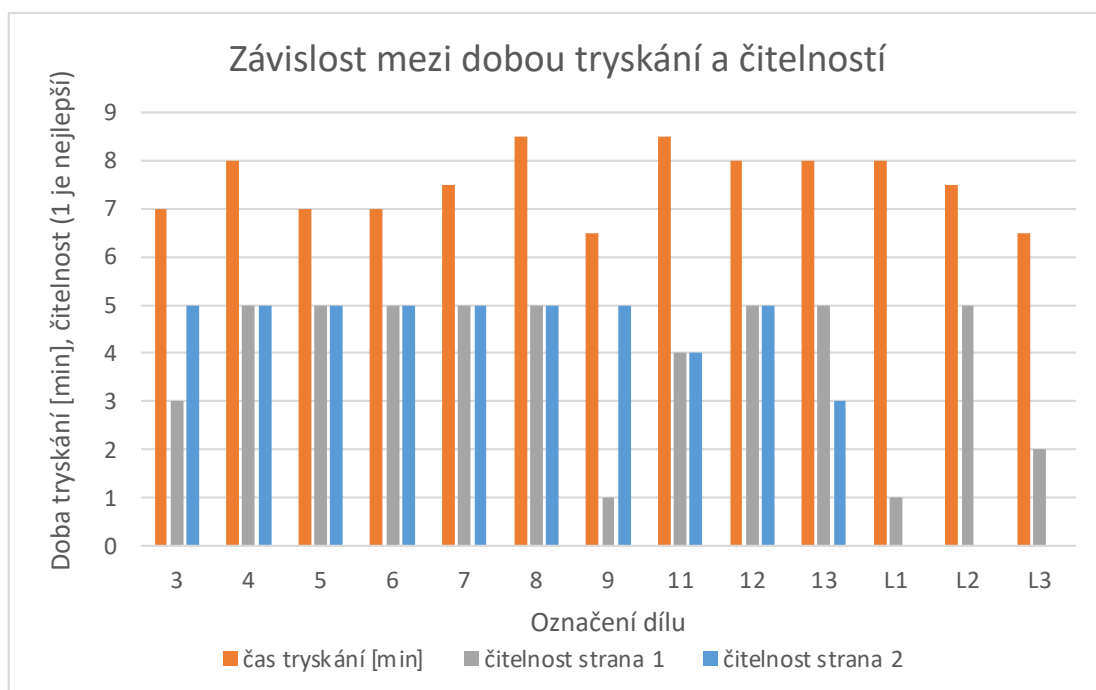
Tab. 5 - data měření 1

Číslo dílů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			L1	L2	L3
<b>Provedené testy:</b>	<b>Čitelnost DMC</b>																	
16x16mm Úhel 90° - čitelnost ihned po označení	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
16x16mm Úhel 90° - čitelnost po moření		1	1	1	1													
16x16mm Úhel 90° - čitelnost po moření a tryskání			3	5	5													
16x16mm Úhel 90° - čitelnost po tryskání						5	5	5										
16x16mm Úhel 60° - čitelnost ihned po označení	1	1	1	2	3	1	1	1										
16x16mm Úhel 60° - čitelnost po moření		2	2	1	2													
16x16mm Úhel 60° - čitelnost po moření a tryskání			5	5	5													
16x16mm Úhel 60° - čitelnost po tryskání						5	5	5										
12x12mm Úhel 90° - čitelnost ihned po označení									1	1	1	1	1					
12x12mm Úhel 90° - čitelnost po moření									1	1	1							
12x12mm Úhel 90° - čitelnost po moření a tryskání									1		4							
12x12mm Úhel 90° - čitelnost po tryskání											5	5						
12x12mm Úhel 60° - čitelnost ihned po označení									1	1	3	3	1					
12x12mm Úhel 60° - čitelnost po moření									1	1	1							
12x12mm Úhel 60° - čitelnost po moření a tryskání									5		4							
12x12mm Úhel 60° - čitelnost po tryskání											5	3						
12x12mm Úhel 60° - čitelnost ihned po označení																4	5	3
12x12mm Úhel 60° - čitelnost po moření																3	3	2
12x12mm Úhel 60° - čitelnost po moření a tryskání																1	5	2

Z hodnot v Tab. 5 je patrné, že čitelnost hned po značení je vynikající. Moření kromě pár dílů nemá na čitelnost žádný významný vliv, zatímco otryskání způsobuje v razantní většině případů kompletní ztrátu čitelnosti značení. Z tohoto důvodu jsou nyní parametry otryskání považovány jako nejkritičtější. Na Obr. 54 jsou vyobrazeny parametry tryskače. V Gr. 1 je proto proveden detailní rozbor tryskacích časů s ohledem na možné zjištění souvislostí s mírou čitelnosti po tryskání nebo po moření a tryskání.

Pohon:		žadovaná hodnota:	Skutečná hodnota:
Turbína 1:	Otáčky: [ot/min]	3300	3300
	Proud: [A]	22,0	23,1
Turbína 2:	Otáčky: [ot/min]	3300	3300
	Proud: [A]	22,0	23,0
Turbína 3:	Otáčky: [ot/min]	3300	3300
	Proud: [A]	22,0	23,6
Turbína 4:	Otáčky: [ot/min]	3300	3300
	Proud: [A]	22,0	22,6

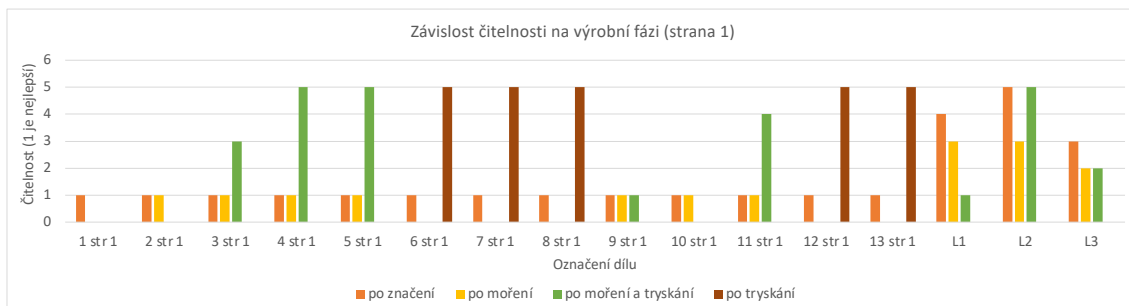
Obr. 54 - nastavení tryskače pro měření 1



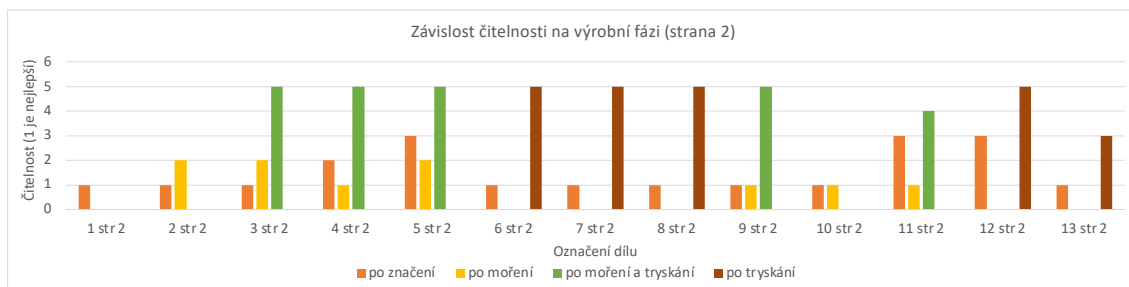
Gr. 1 - závislost mezi dobou tryskání a čitelností

Jak je vidět na Gr. 1, čas tryskání (v minutách znázorněný oranžovými sloupci) neměl zásadní vliv na zlepšení nebo zhoršení čitelnosti DMC (bezrozměrné hodnoty od „1“ nejlepší čitelnost do „5“ nejhorší čitelnost). Lepší výsledky se prozatím zdají být nekonzistentní pro jakýkoliv směrodatný výstup.

V Gr. 2 a Gr. 3 je zobrazena závislost kvality čitelnosti na výrobní fázi z obou stran. Je vidět v podstatě nulový rozdíl mezi výsledkem čtení poté co byl díl jen otryskán nebo otryskán a vymořen.



Gr. 2 - závislost čitelnosti na výrobní fázi strana 1



Gr. 3 - závislost čitelnosti na výrobní fázi strana 2

## Závěr měření 1

Dobrá čitelnost před tryskáním neznamená dobrou čitelnost po otryskání. Čitelnost po moření a tryskání zároveň je kromě pár výjimek velmi špatná a kvalita výsledků se zatím zdá být nezávislá na některém z doposud hodnocených základních parametrů.

Doporučení pro další postup je vyzkoušení několika různých razících strojů a hrotů o odlišném vrcholovém úhlu pro vytvoření odlišných vpichů, rozšíření palety zkoumaných parametrů případně jiné nastavení tryskače.

### 8.1.5 Měření 2

V tomto měření je sledováno mnohem více parametrů, a proto je i Tab. 6 rozsáhlejší než u předchozího měření. Značení probíhalo na in-house zapůjčených strojích Liftec a Gravotech zmíněných v kapitole stroje a nástroje, včetně naměřených hrotů. Čtecí zařízení zůstalo stejné jako předtím (Keyence SR-G100), aby byl tento parametr fixní a daly se vyhodnocovat ostatní nastavované parametry.

Tab. 6 - data měření 2

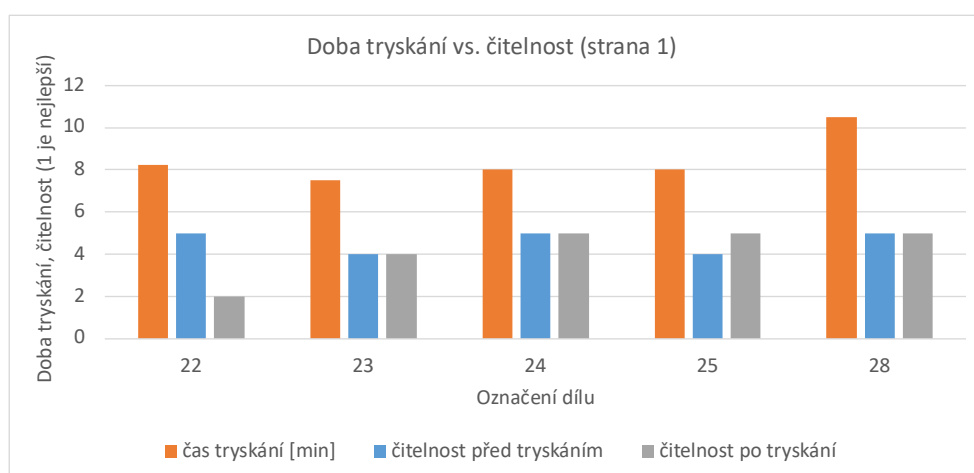
Číslo dílů	strana 1								strana 2							
	21	22	23	24	25	26	27	28	21	22	23	24	25	26		
<b>Provedené testy:</b>	<b>Čitelnost DMC</b>															
Gravotech <b>horní</b> strana - označení	5	5	4													
Gravotech horní strana - po tryskání		2	4													
Gravotech <b>dolní</b> strana - označení									4	4	5					
Gravotech dolní strana - po tryskání										3	3					
Liftec <b>horní</b> strana - označení				5	4	5	5	5								
Liftec horní strana - po tryskání				5	5			5								
Liftec <b>dolní</b> strana - označení													5	5	5	
Liftec dolní strana - po tryskání													5	5		
Parametry:	strana 1								strana 2							
	21	22	23	24	25	26	27	28	21	22	23	24	25	26		
Přípravek (rozlišuje strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2		
Hrot	G125	G125	G125	N20SB	N20SB	N20SB	N10SB	N10SB	G125	G125	G125	N20SB	N20SB	N20SB		
Vrcholový úhel [°]	125	125	125	120	120	120	120	120	125	125	125	120	120	120		
Tlak [bar]	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	6	6	6		
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	8,24	8,24	8,24	9,13	9,13	9,13	14,8	14,8	8,49	8,49	8,49	9,8	9,13	9,13		
Vzdálenost trnu [mm]	3,5	3,5	3,5	5	5	5	3	3	3,5	3,5	3,5	3	3	3		
velikost DMC [mm]	16x16	16x16	16x16	16x16	16x16	16x16	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	16x16	16x16		
síla/rychlost	75/ 100	75/ 100	75/ 100	01/10	01/10	01/10	10/05	10/05	75/ 100	75/ 100	75/ 100	01/10	01/10	01/10		

Je zřetelné, že výsledky se lehce zlepšily. Z hodnot je také patrné, že pokroku bylo dosaženo na značícím stroji od značky Gravotech, zatímco výsledky od Liftecu zůstaly stále nečitelné, ba dokonce výrazná nečitelnost se projevovала již ihned po označení, aniž byly díly otryskané. Na Obr. 55 je vyobrazeno nové nastavení tryskače, jehož parametry by mohly přinést posun ve výsledcích.

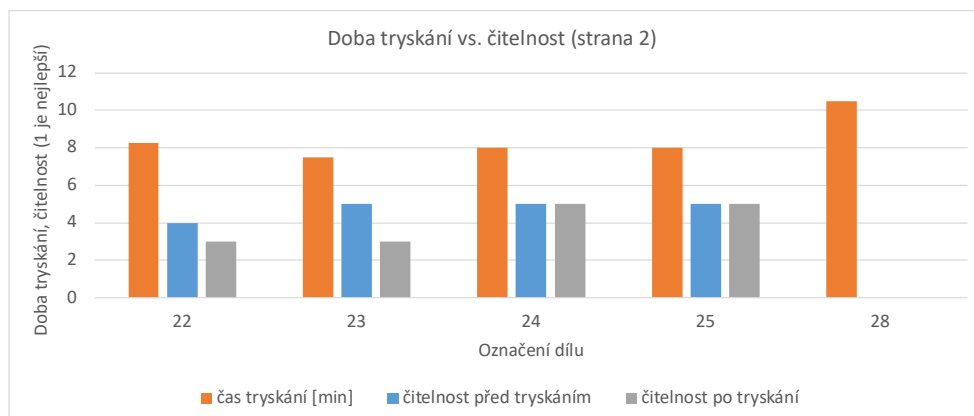


Pohon:		žádovaná hodnota:	Skutečná hodnota:	
Nabídka	Turbína 1:	Otáčky: [ot/min]	2650	2650
		Proud: [A]	21,0	21,5
	Turbína 2:	Otáčky: [ot/min]	2650	2650
		Proud: [A]	21,0	21,0
	Turbína 3:	Otáčky: [ot/min]	2650	2650
		Proud: [A]	21,0	20,3
Zpět	Turbína 4:	Otáčky: [ot/min]	2650	2650
		Proud: [A]	21,0	21,0

Obr. 55 - nastavení tryskače pro měření 2



Gr. 4 - doba tryskání vs. čitelnost strana 1



Gr. 5 - doba tryskání vs. čitelnost strana 2

Z Gr. 4 a Gr. 5 je patrné, že čas tryskání s novými parametry opět nijak významně neovlivnil výslednou čitelnost. Situaci je proto potřeba sledovat dále, dokud se nebude dosahovat vzorků s lepší čitelností před i po tryskání.

## Závěr měření 2

Díky sledování více parametrů je možné udělat podrobnější závěry a navrhnout lepší nadcházející postup. Díly 24, 25 a 28 vyrobené na stroji firmy Liftec byly po otryskání nečitelné, nicméně čitelnost byla velmi špatná už na začátku. Při testech byl tentokrát problém vyrobít hluboký vpich. To se naopak dařilo na stroji firmy Gravotech, přestože disponuje menším tlakem a větším vrcholovým úhlem hrotu. Z toho je možné usuzovat, že stroje firmy Gravotech obecně vykazují lepší značící schopnosti, než je tomu u strojů firmy Liftec, jelikož oba stroje značily typově stejné výkovek.

Nejlépe se chovaly DMC 18x18, kde nedošlo k výraznému překrytí bodů jako u DMC 16x16mm (vpichy byly dál od sebe a neinterferovaly mezi sebou navzájem). Čitelnost na úrovni 3 je však stále nedostatečná a je potřeba další výzkum.

Doporučení pro další postup je vytvoření co nejhlubšího vpichu a zvětšení celkové plochy DMC tak, aby byly body ještě dál od sebe a navzájem se neovlivňovaly. Zároveň vyzkoušet jiné typy čtecích zařízení s lepšími čtecími schopnostmi, obrazovými a světelnými databankami. Také se stále jednalo o standartní časy tryskání, které simulovaly standartní variabilitu výrobního procesu, proto by bylo vhodné otestovat možné odchylky v podobě „přetryskání“ výkovek.

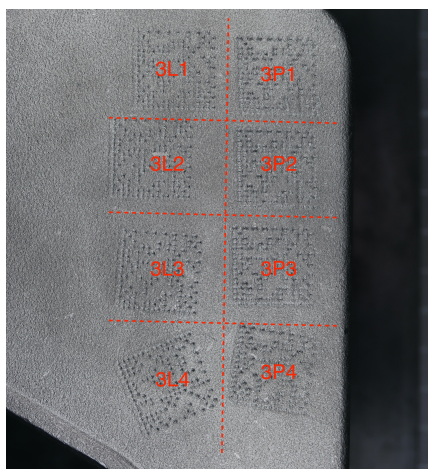
### 8.1.6 Měření 3

Zde bylo zaměřeno na parametr tryskání. Tryskače byly nastaveny na stejné hodnoty jako při měření 2, s tím rozdílem, že díly byly v tryskači ponechány významně dlouhou dobu a bylo tak nasimulováno jejich „přetryskání“ a hodnocena čitelnost DMC i při nestandardních podmínkách. Značení probíhalo opět totožně jako u měření 2 na in-house zapůjčených strojích Liftec a Gravotech. Čtečka zůstala opět stejná (Keyence SR-G100) s ohledem na fixaci tohoto parametru.

Tab. 7 - data měření 3

Číslo dílů	30	31	32	33	35	36	37	38		3L1	3L2	3L3	3L4	3P1	3P2	3P3	3P4
<b>Provedené testy:</b>									<b>Čitelnost DMC</b>								
Gravotech - označení					5	5	5	4		2	4	5	4	2	5	3	3
Gravotech - po tryskání					x	5	5	5		3	4	5	3	3	5	4	4
Liftec - označení	5	5	5	4													
Liftec - po tryskání	x	5	5	5													
<b>Parametry:</b>	30	31	32	33	35	36	37	38		3L1	3L2	3L3	3L4	3P1	3P2	3P3	3P4
Přípravek (rozlišuje strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1									
Hrot	N20SB	N20SB	N20SB	N20SB	G125	G125	G125	G125		G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125
Vrcholový úhel [°]	120	120	120	120	125	125	125	125		125	125	125	125	125	125	125	125
Tlak [bar]	6,5	6,5	6,5	6,5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	9,9	9,9	9,9	9,9	8,5	8,5	8,5	8,5		8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Vzdálenost trnu [mm]	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5		4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5
velikost DMC [mm]	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18		18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18
síla/rychlost	03/10	03/10	03/10	03/10	100/100	100/100	100/100	100/100		75/100	75/100	75/100	75/100	100/100	100/100	100/100	100/100
dobu tryskání [min]	x	42	27	29	x	42	34	33		34	34	34	34	34	34	34	34

Z Tab. 7 je patrné, že se strojem Liftec se opět dosáhlo výrazně horších výsledků než se strojem Gravotech. Zároveň na dílu BOGE, značen 3L1-3P4 viz. Obr. 56 (3L1 = 3. díl, levá strana, DMC v 1. řádku) bylo dosaženo lepších výsledků mimo dosavadní trend.



Obr. 56 - způsob odlišného značení BOGE dílů číslo 3

### **Závěr měření 3**

Stroj firmy Liftec bohužel opět nebyl schopný dosáhnout takového značení, které by vykazovalo dobrou čitelnost i po tryskání, a navíc svou práci neplnil v takovém taktu jako stroj firmy Gravotech. Z toho důvodu je pro další postup preferováno pokračování pouze se zařízením Gravotech.

Tyto díly byly extrémně otryskané s časy přes 30 minut, na standardních dílech je čtečka nebyla schopna přečíst. Ovšem na dílech BOGE se DMC dařilo číst trochu lépe. Stále jde o nedostatečný výsledek, ale výsledkem tohoto měření se potvrzuje již dříve zmíněný návrh dalšího postupu pro otestování jiných čteček, protože bez ohledu na míru otryskání, by mohl existovat způsob, jak DMC kódy přečíst. Spolu s tím byl potenciálně potvrzen i faktor lepší čitelnosti v závislosti na větší velikosti DMC a rozestupu značených bodů.

Doporučení dalšího postupu je otestovat větší množství DMC kvůli ověření opakovatelnosti a použití lepších čtecích zařízení.

## 8.1.7 Měření 4

Dle předchozího doporučení bylo nyní otestováno více DMC (to především díky použití více BOGE dílů, které jsou schopny obsáhnout až 8 DMC kódů najednou. Pro značení byl použit již výhradně stroj Gravotech. Byly přidány i díly z prvního testování, opět za zvýšením objemu testování bez nutnosti výroby nových DMC s předpokladem, že lepší čtečky by si mohly poradit i s prvotními parametry značení. Dále byla použita dříve doporučovaná lepší čtecí zařízení, a to v podobě Keyence HR-X500 a Cognex Dataman 282X. Spolu s tím byly použity vylepšené obrazové databanky a světelné podmínky. Parametry tryskače byly zachovány totožné jako v měření 3 a díly zůstaly v tryskači na „přetryskání“, kvůli další simulaci variabilních výrobních podmínek.

Tab. 8 - data měření 4

Číslo dílů	30-1	31-1	32-1	33-1	35-1	36-1	37-1	38-1		30-2	31-2	32-2	33-2	35-2	36-2	37-2	38-2
<b>Provedené testy:</b>	<b>Číselnost DMC</b>									<b>Číselnost DMC</b>							
Gravotech - označení (Keyence SR-G100)					5	5	5	4						5	5	5	5
Gravotech - po tryskání (Keyence SR-G100)					x	5	5	5						x	5	5	5
Liftec - označení (Keyence SR-G100)	5	5	5	4						5	5	5	5				
Liftec - po tryskání (Keyence SR-G100)	x	5	5	5						x	5	5	5				
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo Auto)	5	5	3	5	4	3	3	3		3	4	4	5	4	4	3	4
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo polarizované)	3	4	3	4	2	3	3	2		3	2	3	5	2	4	3	3
Ruční čtečka Cognex Dataman 282X - osvětlení Dome	5	5	5	5	5	2	1	1		4	5	5	5	1	5	1	1
<b>Parametry:</b>	<b>30-1</b>	<b>31-1</b>	<b>32-1</b>	<b>33-1</b>	<b>35-1</b>	<b>36-1</b>	<b>37-1</b>	<b>38-1</b>		<b>30-2</b>	<b>31-2</b>	<b>32-2</b>	<b>33-2</b>	<b>35-2</b>	<b>36-2</b>	<b>37-2</b>	<b>38-2</b>
Přípravek (rozlíší strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1		2	2	2	2	2	2	2	2
Hrot	N205B	N205B	N205B	N205B	G125	G125	G125	G125		N205B	N205B	N205B	N205B	G125	G125	G125	G125
Vrcholový úhel [°]	120	120	120	120	125	125	125	125		120	120	120	120	125	125	125	125
Tlak [bar]	6,5	6,5	6,5	6,5	5	5	5	5		6,5	6,5	6,5	6,5	5	5	5	5
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	9,9	9,9	9,9	9,9	8,5	8,5	8,5	8,5		12,8	12,8	12,8	12,8	8,5	8,5	8,5	8,5
Vzdálenost trnu [mm]	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5		3	3	3	3	4	4	4	4
velikost DMC [mm]	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18		18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18
síla/rychlost	03/10	03/10	03/10	03/10	100/100	100/100	100/100	100/100		05/10	05/10	05/10	05/10	75/100	75/100	75/100	75/100
dobu tryskání [min]	x	42	27	29	x	42	34	33		x	42	27	29	x	42	34	33

Tab. 9 - data měření 4

Číslo dílů	1L1	1L2	1L3	1P1	1P2	1P3	1P4		2L1	2L2	2L3	2L4	2P1	2P2	2P3	2P4	
<b>Provedené testy:</b>	<b>Číselnost DMC</b>									<b>Číselnost DMC</b>							
Gravotech - označení (Keyence SR-G100)	3	1	3	3	2	5	3		2	1	2	3	4	5	5	4	
Gravotech - po tryskání (Keyence SR-G100)	x	x	x	x	x	x	x		5	5	5	4	5	5	5	5	
Liftec - označení (Keyence SR-G100)																	
Liftec - po tryskání (Keyence SR-G100)																	
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo Auto)	2	2	2	2	2	2	2		3	3	3	3	3	3	2	2	
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo polarizované)																	
Ruční čtečka Cognex Dataman 282X - osvětlení Dome	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2	1	1	
<b>Parametry:</b>	<b>1L1</b>	<b>1L2</b>	<b>1L3</b>	<b>1P1</b>	<b>1P2</b>	<b>1P3</b>	<b>1P4</b>		<b>2L1</b>	<b>2L2</b>	<b>2L3</b>	<b>2L4</b>	<b>2P1</b>	<b>2P2</b>	<b>2P3</b>	<b>2P4</b>	
Přípravek (rozlíší strany dílu)	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
Hrot	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125		G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	
Vrcholový úhel [°]	125	125	125	125	125	125	125		125	125	125	125	125	125	125	125	
Tlak [bar]	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5		8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	
Vzdálenost trnu [mm]	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5		4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	
velikost DMC [mm]	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18		18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	
síla/rychlost	75/100	75/100	75/100	100/100	100/100	100/100	100/100		75/100	75/100	75/100	75/100	100/100	100/100	100/100	100/100	
dobu tryskání [min]	x	x	x	x	x	x	x		30	30	30	30	30	30	30	30	

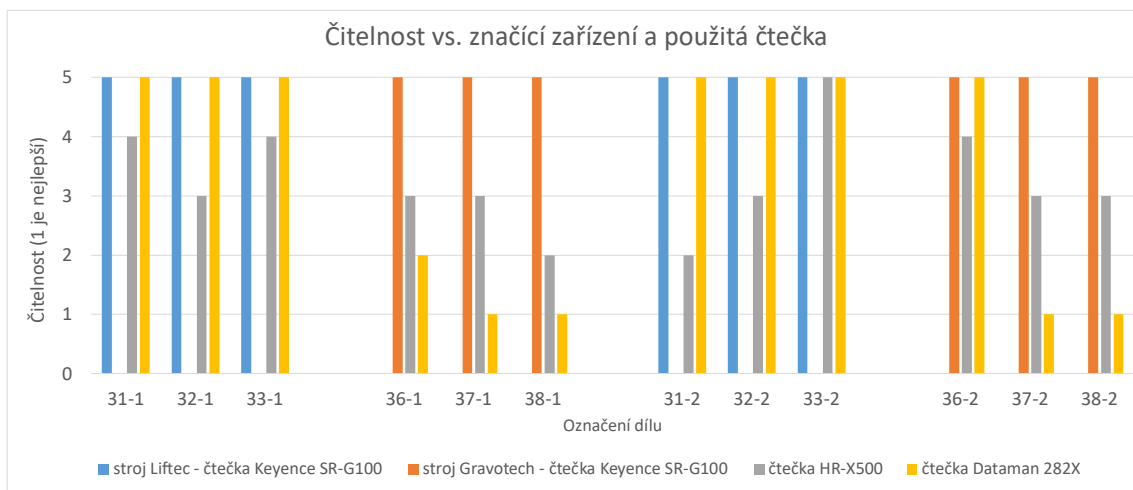
Tab. 10 - data měření 4

Číslo dílů	3L1	3L2	3L3	3L4	3P1	3P2	3P3	3P4		4L1	4L2	4L3	4L4	4P1	4P2	4P3	4P4
<b>Provedené testy:</b>	Čitelnost DMC									Čitelnost DMC							
Gravotech - označení (Keyence SR-G100)	2	4	5	4	2	5	3	3		3	2	1	4	5	4	5	5
Gravotech - po tryskání (Keyence SR-G100)	3	4	5	3	3	5	4	4		5	5	5	5	3	5	5	5
Liftec - označení (Keyence SR-G100)																	
Liftec - po tryskání (Keyence SR-G100)																	
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo Auto)	2	2	2	2	2	2	3	3		2	2	2	2	3	4	4	3
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo polarizované)																	
Ruční čtečka Cognex Dataman Z82X - osvětlení Dome	x	x	x	x	x	x	x	x		1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Parametry:</b>	3L1	3L2	3L3	3L4	3P1	3P2	3P3	3P4		4L1	4L2	4L3	4L4	4P1	4P2	4P3	4P4
Přípravek (rozišuje strany dílu)	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Hrot	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125		G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125
Vrcholový úhel [°]	125	125	125	125	125	125	125	125		125	125	125	125	125	125	125	125
Tlak [bar]	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5		8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Vzdálenost trnu [mm]	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5		4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5
velikost DMC [mm]	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18		18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18	18x18
síla/rychlost	75/ 100	75/ 100	75/ 100	75/ 100	100/ 100	100/ 100	100/ 100	100/ 100		75/ 100	75/ 100	75/ 100	75/ 100	100/ 100	100/ 100	100/ 100	100/ 100
dobu tryskání [min]	34	34	34	34	34	34	34	34		32	32	32	32	32	32	32	32

Tab. 11 - data měření 4 (díly z měření 1)

Číslo dílů	Strana 1								Strana 2							
	21	22	23	24	25	26	27	28	21	22	23	24	25	26		
<b>Provedené testy:</b>	Čitelnost DMC								Čitelnost DMC							
Gravotech - označení (Keyence SR-G100)	5	5	4							4	4	5				
Gravotech - po tryskání (Keyence SR-G100)		2	4								3	3				
Liftec - označení (Keyence SR-G100)				5	4	5	5	5					5	5	5	
Liftec - po tryskání (Keyence SR-G100)				5	5			5					5	5		
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo Auto)																
Ruční čtečka Keyence HR-X500 (system bank+světlo polarizované)																
Ruční čtečka Cognex Dataman Z82X - osvětlení Dome	2	1	1	5	5	x	x	5		1	1	1	4	x	x	
<b>Parametry:</b>	21	22	23	24	25	26	27	28	21	22	23	24	25	26		
Přípravek (rozišuje strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1		2	2	2	2	2		
Hrot	G125	G125	G125	N20SB	N20SB	N20SB	N10SB	N10SB		G125	G125	G125	N20SB	N20SB		
Vrcholový úhel [°]	125	125	125	120	120	120	120	120		125	125	125	120	120		
Tlak [bar]	5	5	5	6	6	6	6	6		5	5	5	6	6		
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	8,24	8,24	8,24	9,13	9,13	9,13	14,8	14,8		8,49	8,49	8,49	9,8	9,13		
Vzdálenost trnu [mm]	3,5	3,5	3,5	5	5	5	3	3		3,5	3,5	3,5	3	3		
velikost DMC [mm]	16x16	16x16	16x16	16x16	16x16	16x16	18x18	18x18		18x18	18x18	18x18	18x18	16x16		
síla/rychlost	75/ 100	75/ 100	75/ 100	01/10	01/10	01/10	10/05	10/05		75/ 100	75/ 100	75/ 100	01/10	01/10		
dobu tryskání [min]	x	8,25	7,50	8,00	8,00	x	x	10,50		x	8,25	7,50	8,00	8,00		

Z Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10 a Tab. 11 je zřetelné, že i přes odlišné parametry ražení a zachování stejných parametrů tryskače a principu „přetryskání“ dílů, vykazovaly nově použité pokročilejší čtečky zásadně lepší výsledky než doposud, to napovídá tezi, že zásadním parametrem nebudou vstupní parametry výroby (přesto, že nejsou zanedbatelné) nýbrž schopnosti čtecího zařízení na výstupu. Na Gr. 6 na následující stránce je provedeno detailní porovnání čitelnosti v závislosti na použitém značícím a čtecím zařízení.



Gr. 6 - čitelnost vs. značící zařízení a použitá čtečka

Pro lepší vizuální porovnání byly vybrány nejhorší přetryskané díly, se kterými si původní čtečka Keyence SR-G100 nedokázala v podstatě vůbec poradit. Gr. 6 jasně znázorňuje, že lepší čtečky byly v poměrně konzistentní míře schopny přečíst dané DMC.

#### Závěr měření 4

Ve většině případů se opět jednalo o přetryskané díly, což mohlo mít negativní vliv na čitelnost, i přesto byla ale lepší čtecí zařízení ve čtení úspěšná, což je velmi dobrá informace do budoucna. Otryskání je proto potřeba hlídat, aby k přetryskání nedocházelo, ale toto měření prokázalo, že ani takovéto díly by nemusely skončit mezi vyřazenými z důvodu špatné čitelnosti. Různé světelné podmínky pro čtečku Keyence HR-X500 neměly směrodatný dopad na kvalitu čtení, jelikož se pro různé díly projevovaly odlišně. Zřetelné je ovšem, že čtečka Cognex Dataman 282X vykazovala lepší čtecí vlastnosti než Keyence HR-X500.

Doporučení pro další měření je pokračování s pokročilejšími čtecími zařízeními, upravit parametry značení, pro ověření, zda pod lepšími čtečkami začnou vykazovat nějaké kritické parametry směrem ke zlepšení čitelnosti a vyzkoušet statické nebo pohyblivé čtení kvůli lepší definici návrhu potencionálního automatizovaného čtecího pracoviště.

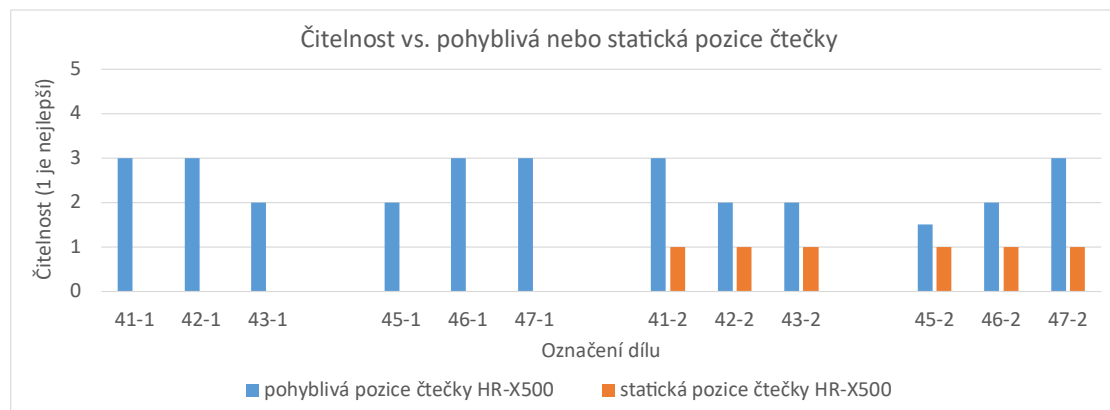
### 8.1.8 Měření 5

Pro značení byl opět použit výhradně stroj Gravotech. Velikost DMC byla variabilní, a to od 18x18mm, přes 19x19mm po 20x20mm pro prokázání odlišných čtecích parametrů. Otryskání tentokrát probíhalo za totožných podmínek jako v měření 4, ovšem časy byly již standartní bez přetryskání dílů. S ohledem na probíhající spolupráci se společností Keyence, byla pro další testování zvolena čtečka Keyence HR-X500, přestože Cognex Dataman 282X vykazovala lehce pozitivnější čtecí schopnosti. Zároveň proběhlo porovnání pohyblivého a statického čtení.

Tab. 12 - data měření 5

Číslo dílu	Strana 1								Strana 2							
	40	41	42	43	44	45	46	47	40	41	42	43	44	45	46	47
<b>Provedené testy:</b>	<b>Čitelnost DMC</b>															
Před tryskáním (Keyence HR-X500)	5	x	x	x	5	x	x	x	5	x	x	x	3	x	x	x
Po tryskání (Keyence HR-X500)	x	3	3	2	x	2	3	3	x	3	2	2	x	1,5	2	3
Po tryskání (Keyence HR-X500) - v přípravku a čtečkou ve fixní pozici	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	x	1	1	1
<b>Parametry:</b>	Strana 1								Strana 2							
Přípravek (rozdílí strany dílu)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Hrot	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125	G125
Vrcholový úhel [°]	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Tlak [bar]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Čas značení [s] (výsledek nastavených parametrů)	7,6	7,6	7,6	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5
Vzdálenost trnu [mm]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
velikost DMC [mm]	20x20	20x20	20x20	19x19	19x19	19x19	19x19	20x20	18x18	18x18	18x18	18x18	19x19	19x19	19x19	19x19
síla/rychlost	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	75/100	75/100	75/100	75/100	100/100	100/100	100/100	100/100
doba tryskání [min]	x	7	6	8	x	6,5	19,5	7	x	7	6	8	x	6,5	19,5	7

Z Tab. 12 je vidět, že velikost DMC neměla žádný prokazatelný vliv na kvalitu čtení. Naopak od velikosti 19x19mm dochází k mírnému zhoršení. Na Gr. 7 je porovnán způsob čtení kódu. Je zřejmé, že mnohem lepších výsledků je dosaženo pomocí statického čtení, které bylo používáno i ve všech předchozích měřeních, zatímco pohyblivé čtení, které by bylo vhodnější pro automatizované pracoviště linky, aby se díly nemusely zastavovat, tolik úspěšné není.



Gr. 7 - čitelnost vs. pohyblivá nebo statická pozice čtečky



## **Závěr měření 5**

Lepší čtecí zařízení Keyence HR-X500 opět prokázalo svou schopnost dobré čitelnosti, je ovšem zajímavé, že si oproti původní čtečce Keyence SR-G100 nedokázalo přečíst DMC před tryskáním, který je vizuálně mnohem lépe čitelný. To může být způsobeno velkou světelnou odrazivostí neotryskaného povrchu.

Větší velikost DMC nemá vliv na zlepšení čitelnosti a pro překročení rozměru 19x19 se čitelnost začíná opět zhoršovat, což může být způsobeno příliš velkými rozestupy mezi důlky, díky čemuž se začíná vytrácet maticová struktura kódu.

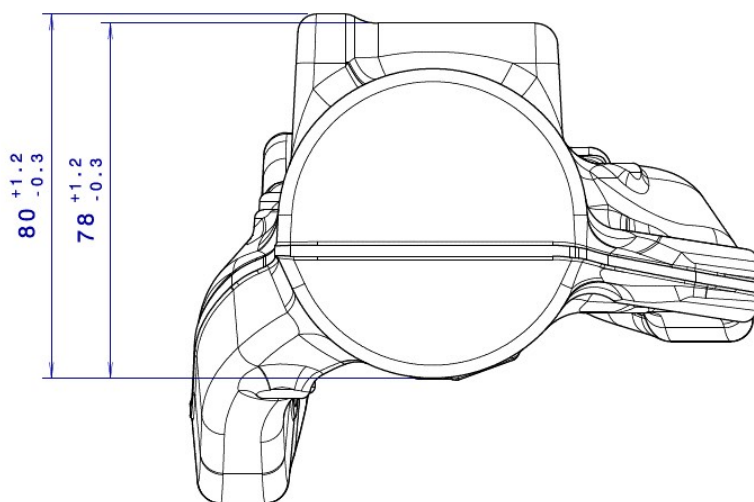
Statická pozice čtečky vykazuje lepší čtecí vlastnosti oproti pohyblivé, což není pozitivní s ohledem na uvažovaný způsob použití.

Doporučení pro další postup je komplexní zhodnocení velkého množství naměřených parametrů, jak značících, tak tryskacích a vlastností čtecích zařízení a vyhotovení uceleného závěru pro tuto metodu.

### 8.1.9 Závěr mikroúderu

Pohledem na veškerá vyhodnocená data z necelých 130 měřených DMC bylo dosaženo poměrně uspokojivého posunu směrem ke zlepšení čitelnosti a nalezení parametrů značení, které mají potenciál při „ideálních podmínkách“ vykazovat dobrou čitelnost, ale výhradně při použití sofistikovanějších čtecích zařízení jako například čtečky Keyence HR-X500 nebo Cognex Dataman 282X. Ve výrobě by ovšem bylo obtížné těchto podmínek dosáhnout, a proto nyní shrnu kritické body při použití této technologie.

Jako nejkritičtější se jeví parametry velikosti DMC uložení do přípravku. Při příliš malém DMC kódu, konkrétně 16x16 mm a méně, mají vyražené důlky tendenci interferovat mezi sebou, zatímco při příliš velkém DMC kódu, konkrétně 19x19 mm a více se rozpadá maticová struktura a v obou případech čitelnost klesá. Dále parametr, který se nedal směrodatně sledovat v průběhu testování, ale byl také vyzorován, je citlivost uložení do přípravku pro značení. Tento parametr souvisí se vzdáleností od trnu (špičky hrotu razicí hlavy). Kvůli mechanice razicího hrotu a jeho největší síle ve spodní úvrati, se i při malých odchylkách, například při lehce šikmém uložení, nedosahovalo konzistentního značení napříč celou DMC maticí. Tolerance kolísání byla stanovena na 0,5 mm. To je nepřijatelné s ohledem na možné nestabilní založení výkovku do přípravku z důvodu přítomnosti nečistot nebo chyby při zakládání, a především na tvarovou nestálost výkovku, jehož rozměr přes dělicí rovinu dle Obr. 57 kolísá v rozmezí 1,5 mm.



Obr. 57 – rozměrová tolerance přes dělicí rovinu značeného dílu

Další nevýhodou je otupování značících hrotů, což by mohlo způsobovat další kolísání kvality značení a jejich nutná výměna. Kritická se jeví i robustnost konstrukce značícího stanoviště, které by muselo odolávat velkým silám při značení. Kritickým parametrem je i rychlost značení s ohledem na takt linky, který je 7 sekund pro dvojkus. Z naměřených dat se dosahuje rychlostí značení okolo 7,5 sekund, a proto by bylo pro pokrytí taktu linky nutné použít 4 značící hlavy, což by zesložilo nastavování a údržbu a zvyšovalo pravděpodobnost poruchy.

Na začátku se sice jednalo o velmi perspektivní metodu pro použití do podmínek výrobního procesu ve společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. ovšem variabilita sledovaných parametrů i přes množství dat a různých postupů experimentu nevykazuje uspokojující přesnost pro použití v praxi, a proto se přistupuje k dalšímu testování, a to značení technologií laseru, která bude rozebrána v nadcházející kapitole.

## 8.2 Laser

Jak bylo zmíněno v závěru minulé kapitoly, technologie mikroúderu se projevila jako nevhodná pro požadovanou aplikaci. Proto je pro další testování zvolena alternativní technologie laseru, jejíž princip je popsán v teoretické části. V této kapitole popisují, jak testování probíhalo, jsou zde vyobrazena naměřená data a pod každou sérií testů je popsán stručný závěr. Na konci jsou shrnuty hlavní poznatky a uveden závěr celé technologie.

Jedná se o špičkové průmyslové laserové značící zařízení. Disponuje automatickým ostřením pro celé značící ploše, nápravou odchylek způsobených robotickým umístěním a korekcí náklonu při značení velkých produktů. Součástí zařízení je i integrovaná kamera pro úpravu polohy, opravu odchylek způsobených manipulací s produktem a snadnou integraci s automatickým zarovnáním. Vysoko výkonnostní laser a laser s krátkými impulzy, což umožňuje značit široké portfolio produktů. Zařízení má také intuitivní údržbu v podobě kontroly čistoty čočky, monitor výkonu a kalibrace a web monitor, kde je online k dispozici velké množství statistik.

Na Obr. 58 je znázorněno experimentální laserovací stanoviště, na kterém byly prováděny testy různých značících parametrů pro značení výkovek.



Specifikace:

Vlnová délka 1 064 nm  
výkon popisovacího laseru 25 W  
značící plocha 125 × 125 × 42 mm  
pracovní vzdálenost 189 mm  
(±21 mm)  
maximální rychlost skenování  
12 000 mm/s  
velikost znaků 0,1 až 125 mm  
pracovní teplota 0 až 40°C

Obr. 58 - laserovací stanoviště

### 8.2.1 Měření odolnosti DMC

V této kapitole se věnuji měření mechanické odolnosti laserově značených DMC na povrchu výkovků. Motivace k tomuto měření je z důvodu běžné manipulace s výkovky v rámci celého výrobního procesu včetně uskladňování. Jak bylo zmíněno v kapitole aktuální stav ve společnosti Strojmetal a.s. momentálně se DMC laseruje až v závěrečném kroku, těsně před balením, a to jako značení pro zákazníka, ovšem záměrem je, používat laserované DMC i pro vnitropodnikovou traceabilitu, tudíž bude značení probíhat již v prvotních fázích výroby, ihned po dokončení operace kování, potažmo tepelného zpracování. Z tohoto důvodu je potřeba zaručit, že DMC zůstane po celou dobu čitelné, a to i po procesu otryskání, který měl zásadní dopad na čitelnost kódů pro technologii mikroúderu.

#### Postup měření

Z výše zmíněných důvodů bude měření probíhat nejprve směrem k hledání co nejlepších parametrů, které by mohly být odolné vůči mechanickému poškození. Budou provedeny zkoušky mechanického namáhání, které budou co nejvěrněji simulovat podmínky z výrobní linky a na závěr bude otestováno možné krytování laserovaného DMC pro proces tryskání.

Následující Tab. 13 znázorňuje použitá nastavení pro laserové značení. Vychází se z aktuálně používaných parametrů v kombinaci s doporučením ze strany výrobce s ohledem na zkoumanou problematiku.

Tab. 13 - parametry nastavení laseru

číslo testu	Síla laseru [%]	skenovací rychlost [mm/s]	frekvence pulzu [kHz]	čas [s]
1	90	150	100	8,8
2	90	120	100	10,5
3	90	110	100	11,2
4	90	100	100	11,4
5	90	100	110	11,9
6	90	100	120	12,4

Následující Obr. 59 ukazuje, jak experimentální měření probíhalo v praxi. Pro testování byla vyrobena 3D-tištěná destička metodou aditivní technologie FDM. Na počátku je virtuální návrh objektu pomocí CAD softwaru nebo 3D-skenu a ten následně vzniká nanášením materiálu na sebe po velmi tenkých vrstvách, kde každá z nich je považována za velmi úzký horizontální řez daného tělesa. Tyto řezy se mezi sebou průběžně spojují tavením termoplastického materiálu v podobě tiskového vlákna. Tato destička byla z jedné (spodní) strany osazena zaprvé stabilizačními nožičkami, které zajišťují rovnováhu a možnost posunu přípravku s konstantní normálovou silou působící na povrch značené plochy a zadruhé zaobleným ocelovým hrotem, který simuloval předměty se kterými by se výkovek mohl dostat do styku a které by DMC mohly poškodit. Z druhé (horní) strany je rovná plocha, na kterou byla umístěna závaží pro porovnání různých sil zatížení.



Obr. 59 - způsob testování mechanického opotřebení

### 8.2.2 Úvodní testování

Na Obr. 60 a Obr. 61 je vyobrazeno, jak dopadlo prvotní testování. Vyšlo najevo jak správně pracovat s používanými nástroji i s tím, jaké má postup úskalí a na co si dávat v průběhu měření pozor. Díky prvním výsledkům se začaly objevovat signifikantní jevy, jako například, že do zatížení rycího hrotu 600 – 800 gramy, téměř nedochází k poškození bílé vrstvy DMC a odírá se pouze černá část. Tyto interpretace je ale potřeba ještě ověřit další sérií měření.



Obr. 60 - test 01



Obr. 61 - test 02

Následující sekvence obrázků znázorňuje průběh měření a naměřená data. Jedná se pouze o dokumentaci naměřených dat bez dílčích závěrů. Hodnoty vyznačené na dílech na následujících obrázcích, reprezentují zatížení v gramech, kde každé číslo reprezentuje hodnotu 100násobku použité hmotnosti (číslo 12 znamená 1200 gramů). Testy jsou vyhodnoceny až celkově, jelikož jich není mnoho, tak aby bylo možné vysledovat nějaký výrazný trend pojící se ke všem pokusům.

### 8.2.3 Měření 1-2

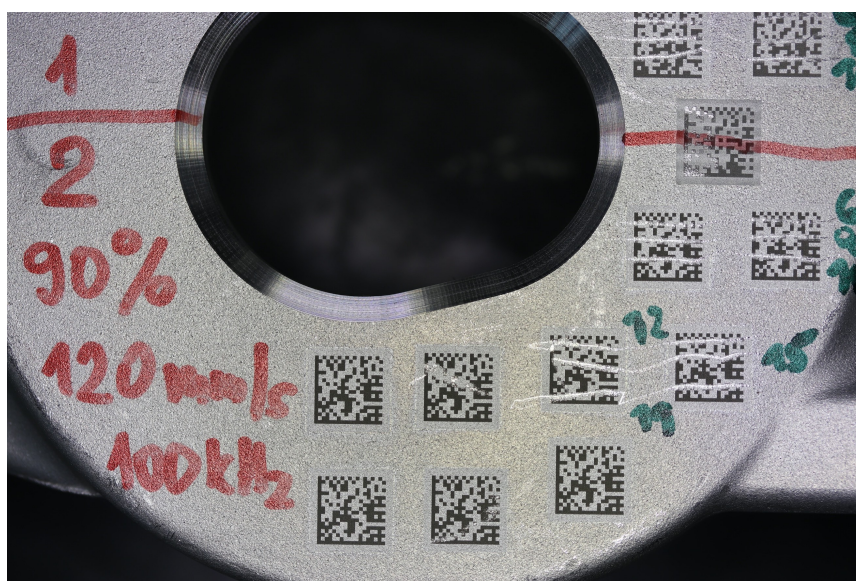
Postup je stejný jako v úvodním testování, ověřují se ovšem odlišné parametry nastavení laseru. Výsledná data tohoto měření jsou vyobrazena na obrázcích Obr. 62 a Obr. 63.

Tab. 14 - parametry laserového značení 1-2

číslo testu	Síla laseru [%]	skenovací rychlost [mm/s]	frekvence pulzu [kHz]	čas [s]
1	90	150	100	8,8
2	90	120	100	10,5



Obr. 62 - měření 1



Obr. 63 - měření 2

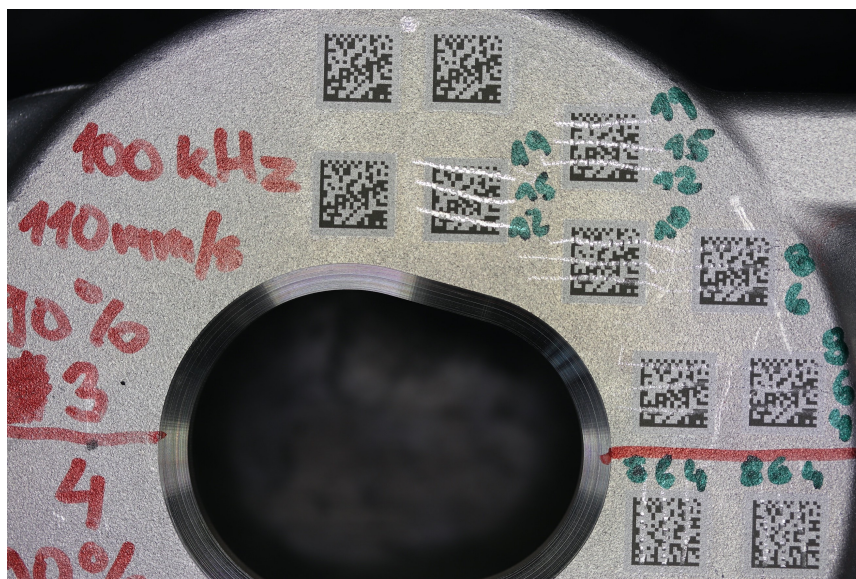


### 8.2.4 Měření 3-4

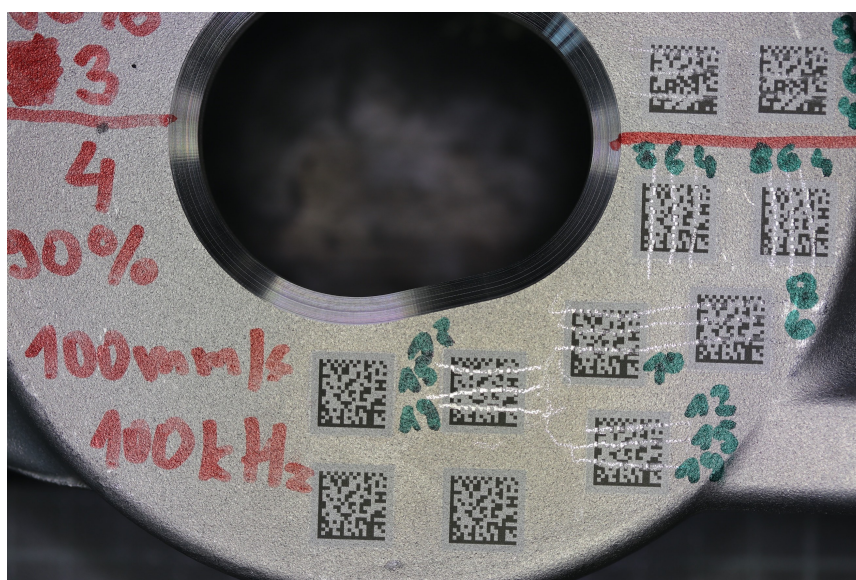
Postup je stejný jako v úvodním testování, ověřují se ovšem odlišné parametry nastavení laseru. Výsledná data tohoto měření jsou vyobrazena na obrázcích Obr. 63 a Obr. 64.

Tab. 15 - parametry laserového značení 3-4

číslo testu	Síla laseru [%]	skenovací rychlost [mm/s]	frekvence pulzu [kHz]	čas [s]
3	90	110	100	11,2
4	90	100	100	11,4



Obr. 64 - měření 3



Obr. 65 - měření 4

### 8.2.5 Měření 5-6

Postup je stejný jako v úvodním testování, ověřují se ovšem odlišné parametry nastavení laseru. Výsledná data tohoto měření jsou vyobrazena na obrázcích Obr. 66 a Obr. 67.

Tab. 16 - parametry laserového značení 5-6

číslo testu	Síla laseru [%]	skenovací rychlost [mm/s]	frekvence pulzu [kHz]	čas [s]
5	90	100	110	11,9
6	90	100	120	12,4



Obr. 66 - měření 5



Obr. 67 - měření 6

## **Závěr měření mechanické odolnosti**

Předpoklad z úvodního testování byl potvrzen i nadále, a tedy že zatížení rycího hrotu 600 – 800 gramy, je napříč různými značícími parametry laseru hranice poškození bílé vrstvy. Dále je zřetelný pozitivní vývoj směrem k pozdějším fázím měření, kdy se míra odolnosti od 1. měření k 6. měření prokazatelně zlepšila. Důvodem je zkrácení skenovací rychlosti a zvýšení frekvence pulzu, které bylo doporučeno při konzultacích v průběhu měření s výrobcem laseru. Na základě vyhodnocených dat považuji nastavení pro měření číslo 6, v podobě síly laseru 90 %, skenovací rychlosti 100 mm/s, frekvence pulzu 120 kHz a času 12,4 s za nejlepší parametry. Nicméně výsledky i tak naznačují náchylnost DMC na poškození v průběhu výroby, a i přes možné dopočítání chybějícího kódu metodami, které zmiňuji v analýze značících technologií v první části práce, nelze tyto výsledky považovat za uspokojivé a aplikovatelné do praxe. Navíc parametr rychlosti je kritická pro takt linky, a proto by se jevilo více optimální použití méně odolného značení s vyšší rychlostí, která byla ze standartního použití ve výrobě stanovena až na 6,8 sekundy na dva DMC kódy. Z tohoto důvodu je potřeba se zaměřit na alternativní ochranu DMC pro bezpečnou manipulaci v průběhu výrobního procesu a tomu je věnována nadcházející kapitola vývoje krytování DMC.

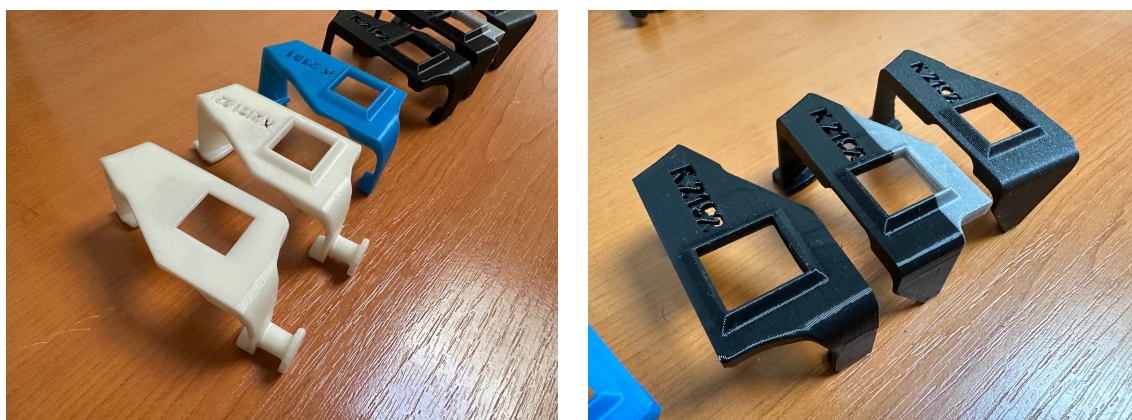
## 8.2.6 Vývoj krytky pro bezpečnou manipulaci

Na základě závěru měření odolnosti DMC z minulé kapitoly byl vyvinut prvek pro jeho ochranu. Jedná se o 3D-tištěnou krytku opět vyrobenou metodou aditivní technologie FDM. Tento díl byl vyvinut ve spolupráci s kolegy ze společnosti Strojmetal a.s. výhradně pro potřeby bezpečné manipulace s výkovky.

Následující Obr. 68 znázorňuje postupný vývoj ochranného prvku, kde nejprve obsahuje různé upínací prvky, které jsou později vyhodnoceny jako nadbytečné, dále je přidán vyvýšený ochranný rámeček okna pro možnost čtení DMC i s osazeným prvkem, vyobrazeno interní číslo dílu pro snadnou identifikaci kompatibility a následně je prvek upravován s ohledem na lépe pasující geometrii a ergonomii pro co nejjednodušší osazení na chráněné místo jak je vyobrazeno v detailu na Obr. 69.



Obr. 68 - historie vývoje ochranného prvku (vlevo nejstarší, vpravo nejnovější)



Obr. 69 - detail ochranného prvku

### Závěr vývoje krytky

Vývoj krytky byl úspěšný a vyřešil problém kvalitní ochrany laserově značených DMC na vyráběných produktech, které vykazují skvělou čitelnost, ověřenou již zavedeným používáním, ale nízkou mechanickou odolnost vůči vnějším vlivům. Jedná se o jednoduché a účinné řešení, jehož praktická aplikace je znázorněna na Obr. 70, které umožňuje postoupit dále v procesu návrhu metodiky značení a sledování výkovků, jelikož nyní existuje funkční způsob, jak značit díly a udržet toto značení čitelné po celé délce výrobního procesu.



*Obr. 70 - praktická ukázka použití ochranného prvku*

### 8.2.7 Testování odolnosti laserového značení proti otryskání

Jak bylo zmíněno na začátku kapitoly měření odolnosti, výkovky prochází procesem tryskání a je tedy potřeba zaručit, že tímto krokem, jehož parametry se také zaznamenávají do jejich historie, projdou bez ztráty čitelnosti značení. Pro tento účel byly DMC kódy přelepeny odolnou polyuretanovou páskou od společnosti 3M. Následující série obrázků Obr. 71 a Obr. 72 znázorňuje postupné fáze testu.



Obr. 71 - DMC před tryskáním



Obr. 72 - DMC po tryskání (vlevo zakrytý páskou, vpravo bez pásky)

Jak je vidět, test byl úspěšný na první pokus bez jakýchkoliv vad nebo odlepování pásky v době tryskání. Tím byl naplněn i poslední nezbytný krok pro možnost úspěšného použití tohoto typu značení ve výrobě společnosti Strojmetal.

## **Závěr laserového značení**

Přezkoumáním veškerých vyhodnocených dat, mohu říci, že bylo dosaženo velice uspokojivého výsledku a technologie má parametry, které splňují její uplatnění v praxi. Původně zkoumaná odolnost proti mechanickému opotřebení se na základě zjištěných parametrů projevila jako problematická, ale to bylo vyřešeno úspěšným vývojem krytovacího dílu, který DMC kód v průběhu výrobního procesu ochrání a zároveň zajistí jeho viditelnost pro průběžné čtení. Stejně tak byl v závěrečném testu na první pokus vyřešen problém ochrany DMC v době tryskání, a to použitím polyuretanové lepicí pásky.

Nevýhodou je sice vysoká pořizovací cena technologie, ovšem její technologické přednosti, a především ověřená aplikovatelnost do zadaných výrobních podmínek zaručuje její úspěšné uplatnění. Stejně tak je důležitým parametrem značící rychlost, která v běžném použití dosahuje až 6,8 sekundy na dva DMC kódy, což je dostačující s ohledem na dříve zmiňovaný takt linky 7 sekund pro dvojkus. Další výhodou je autofokus, kdy si laser sám dokáže poradit s proměnlivými výrobními podmínkami a adaptivně si nastaví ohniskovou vzdálenost podle aktuálního zarovnání dílu. Jak již bylo zmiňováno dříve, zařízení je téměř bezúdržbové což také zlevňuje a zjednodušuje jeho výrobní uplatnění.

Hlavním závěrem kapitoly je, že tato technologie je pro použití v návrhu vhodná.

## 9 Návrh metodiky značení a sledování výkovků

V předchozích kapitolách jsou nejprve teoreticky popsány a následně experimentálně vyzkoušené a odladěné způsoby značení, jakožto hlavní parametr úspěšné sledovatelnosti. V kapitole pojednávající o společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. a způsobu fungování metodiky značení a sledování výkovků je popsán aktuální stav. V této kapitole se budu věnovat návrhu metodiky, jak by se tato problematika dala dělat jiným způsobem, případně jak by se dal tento proces zefektivnit, jaké by to mělo dopady a jaké by to případně přineslo výhody.

První navrhnou jednodušší a lépe a méně nákladněji integrovatelný způsob, jehož rozvoji se budu věnovat i dále v praktické části. Druhý způsob může být například vizí do budoucna, jelikož pro jeho proveditelnost je potřeba vyšších investic a restrukturalizace celosystémové práce s informacemi, nabízí ovšem zcela nové a zjednodušené možnosti.

### 9.1 Varianta 1

Vstupní materiál, je výrobcem označen například čárovým kódem. Po příjezdu do výrobního závodu Strojmetalů by byl tento čárový kód načten ruční čtečkou a zaveden do systému. Po průchodu kontrolou kvality by bylo vygenerováno číslo tavby a přiřazeno tomuto vstupnímu materiálu. S přetištěným čárovým kódem by byl materiál uskladněn a uvolněn do dalších výrobních procesů. Před začátkem procesu tváření by se ruční čtečkou v kovárně načel čárový kód vstupního materiálu, do linky by se načelty parametry pro konkrétní tavbu a dle instrukcí v systému by byly vyměněny raznice a nastaveny tvářecí parametry, parametry tepelného zpracování a další. Poté co by byl výkovek hotový a dokončilo se tepelné zpracování by byl každému jednotlivému kusu přidělen specifický DMC kód vytvořený laserovací technologií. V ten moment by tomuto DMC kódu byly přiřazeny použité tvářecí parametry, včetně parametru tepelného zpracování, které jsou průběžně zaznamenány a na základě taktu linky by s velice vysokou přesností byly přiřazeny právě ty parametry, které odpovídaly výrobě toho konkrétního dílu. Všechny následné by se již online zapisovaly do databáze přímo ke konkrétnímu dílu, podle procesu, kterým by zrovna procházel. Následovalo by přelepení páskou a proces tryskání, kde by se zapsala délka a parametry tryskání. Následně by byla páska sundána, nasazen



kryt pro bezpečnou manipulaci a DMC načteno ruční čtečkou a přiřazeno k dalšímu čárovému kódu, který by byl na krabici, do které by byl díl uskladněn mezi dalším zpracovatelským procesem. Skladové zásoby by tak byly online zaznamenávány do systému a umožnilo by to jejich adaptivní úpravu a například zrychlení materiálového toku, protože už by konkrétní krabice nemusela mít přiřazené místo, ale do nejoptimálnějšího volného místa by byla uskladněna a pouze spárována s čárovým kódem dané lokace. Na kontrole kvality by si ze skladu vybrali nejstarší výkovky pro zachování principu FIFO (first in first out = první dovnitř, první ven) a nemusela by se řešit konkrétní zarovnání gitterboxů, ale systém by automaticky lokalizoval nejstarší díly. Po úspěšném průchodu kontrolou kvality by byla dílů nebo celé dávce (dle postupů výroby) přidělen status uvolnění pro obrobnu. Na obrobně by se každý díl před obráběním načtl a systém by přiřadil správné CNC stanoviště a parametry obrábění, které by se rovnou propaly do databáze k příslušnému DMC kódu. Při dalším mezioperačním skladování by byl opět čárový kód boxu přiřazen skupině dílů, které by obsahoval a dalo by se tak v každý moment určit kde přesně se konkrétní díly nachází s ohledem na další zpracování a opětovné dodržování principu FIFO. Před montáží by se proces opakoval a při načtení DMC by stroj přiřadil správné lisovací parametry a jelikož se jedná i o závěrečnou operaci značení, přiřadil by i specifické číslo dílu, tentokrát podle přání zákazníka, které by na něj laserovací zařízení vyznačilo. Hotové díly by byly jednotlivě načteny a zabaleny do exportních krabic, kde každé exportní krabici by byl přidělen unikátní čárový kód a jemu přiřazeny díly, které by obsahovala. To celé by se spárovalo s dodacím listem a následně přepravci, a nakonec zákazníkovi.



## 9.2 Varianta 2

Tato komplexnější varianta obsahuje použití nákladnější, ale efektivnější technologie RFID. Jak jsem zmiňoval v teoretické části, její hlavní předností je bezdrátové čtení. Toho by bylo důsledně využito. Vstupní materiál by v balení obsahoval jeden tento čip a po průchodu čtecí bránou by byl do systému přiřazen a po kontrole kvalitou by mu byla přiřazena značka tavby. Uskladnění by mohlo probíhat jako ve variantě 1, kde by každý box dostal vlastní čip, jehož kód by se spároval s čárovým nebo RFID kódem pozice ve skladu, ovšem při vyšších investicích by přicházela v úvahu i možnost vytvoření „chytrého skladiště“ kde by každá používaná pozice obsahovala čtečku, která by tím způsobem nejen sama evidovala uskladněný materiál, ale zároveň by i online zaznamenávala stav obsazenosti své pozice. To by přinášelo dvě výhody, a to sekundární kontrolu skladování a zároveň ještě rychlejší odezvu pro adaptivní skladovací a organizační systém nebo další možnosti pro efektivnější vizuální zpětnou vazbu pro pracovníky, kteří by, jak tomu bývá v podzemních parkovištích mohli lépe detekovat vhodná místa k uskladnění nebo by takto mohl ještě rychleji reagovat automatizovaný skladovací systém.

Další postup materiálu by byl skrze proces tváření a tepelné zpracování shodný s variantou 1, ale zásadní zvrát by přišel před tryskáním, kde by byl materiál opatřen neoddělitelných (případně oddělitelným) RFID čipem a opět byla zpětně donahrána data tváření a tepelného zpracování, ale od tohoto momentu by se dala většina dalších úkonů obstarat bez manuálního čtení kódů. Proces tryskání by proběhl opět stejně jako ve variantě 1, ovšem následné balení by již proběhlo pouhým uložením dílů do gitterboxu, nad kterým by byl čtecí rám a všechny díly by se k němu automaticky přiřadily. Uskladnění by proběhlo jako v případě uskladnění vstupního materiálu a při kontrole by se opět uvolnila požadovaná série dílů, a navíc by se tak velmi brzy zjistilo, kdyby se do dalších procesů dostal výrobek, který nepatří mezi uvolněnou dávku. Před obráběním by stačily pouze čtecí brány a data by se opět přiřazovala ke konkrétním čipům. Totéž u procesu montáže. Balení dílů by bylo opět násobně rychlejší, jelikož by nebylo nutné uchopit čtečku, hledat správnou orientaci dílu a najít DMC, položit čtečku a až následně přemístit díl, ale pouze projet okolím čtecího zařízení a uložit díl do krabice. Další skladování by opět probíhalo stejným způsobem jako výše.

Varianta 2



## **Porovnání variant**

Varianta 2 umožňuje podobné vlastnosti jako varianta 1, s tím rozdílem, že nabízí násobně vyšší rychlost pohybu materiálu, menší chybovost odstraněním lidského faktoru téměř ze všech kritických míst. Na těch, kde se lidskému faktoru vyhnout nedá, jako například kontrola kvality, je na danou problematiku kladen velký důraz a k chybovosti tam nedochází oproti méně kritickým a více objemově náročným místům podlé celého výrobního procesu. Díky RFID čipům by se v podstatě celá výroba dala převést do virtuálního světa a mohly by se efektivněji aplikovat adaptivní změny v průběhu výroby, dynamicky pracovat s prostorem skladových zásob, rychleji nalézt hluchá místa, ztracené nebo vadné díly, ulehčila fyzicky a duševně náročnou práci lidí a otevřely by se nové a zatím nemyšlené možnosti pro práci s daty a výrobními systémy.

## **Závěr**

Tímto způsobem by se zákazník dle svých přání dostal ke všem výrobním parametrům dokonce i délce skladování nebo v případě jakékoliv závady, by byla možnost dohledat všechny díly, kterých by se podobný problém mohl také týkat. Dala by se tak zajistit jejich včasná oprava nebo výměna a s ohledem na automobilový průmysl, zabránit škodám na zdraví, majetku a nadbytečných finančních nákladech pro výrobce, dodavatele i zákazníky.

### 9.3 Technicko-ekonomické zhodnocení

V této kapitole jsou stručně shrnuty závěry ze všech předchozích kapitol, a tudíž i celého mého výzkumu a zhodnocena možná úskalí návrhu.

#### Technické hledisko

Z tohoto pohledu je možné shrnout, že návrh je při využití laserového značení technicky proveditelný, všechny použité technologie jsou dostupné a v průběhu experimentů bylo ověřeno jejich možné uplatnění v reálném výrobním procesu. Co se návrhu metodiky značení a sledování týče jedná se sice o značný zásah do aktuálního fungování, ovšem již nyní jsou určité jeho části aplikovány v praxi a jednalo by se pouze o úpravy běžícího systému, nikoliv o tvorbu nového, což napovídá realistické možnosti takovýto návrh implementovat. Otázkou ovšem může být kompatibilita databázových a sledovacích systému, které jsou v podniku aktuálně využívány se softwarovými a hardwarovými perifériemi nově použitých strojů a zařízení. To by vyžadovalo další přezkoumání.

#### Ekonomické hledisko

Z tohoto pohledu se situace může zdát komplexnější s ohledem na odlišné pořizovací náklady jednotlivých technologií. Z dodaných hodnot cenových kalkulací, které nebudou s ohledem na zachování firemního tajemství uvedeny bude na začátku investice do laserového značícího zařízení od 30% nákladnější než při využití mikroúderu, Ovšem tento rozdíl bude s výhledem do budoucna mnohonásobně převyšován, kvůli výrazně vyšším provozním nákladům pro technologii mikroúderu (kvůli využívání stlačeného vzduchu), tudíž i z ekonomického hlediska je aktuálně navržený model výhodnější. Bude potřeba počítat s dalšími náklady na implementaci změn do databázových systému a odborné zaškolení personálu. Ekonomická návratnost investic by se ale do budoucna měla vrátit z důvodu zjednodušení a zefektivnění výrobního procesu a zvýšení výrobní kapacity a potencionálního přísunu nových zakázek nebo nových nabídek pro klienty v podobě lepšího a obsáhlejšího informačního toku o dodávaných produktech, jež mohou klienti využít pro zefektivnění jejich výrobních procesů a produktové komunikace.

## 10 Závěr

Cílem diplomové práce bylo analyzovat a navrhnout metodiku značení a sledování výrobků na úrovni jednotlivých kusů, aby bylo možné zaznamenat celou jejich historii od materiálových vlastností až po provedené technologické operace, vytvořil se tak efektivnější informační tok od výrobce k zákazníkovi a otevřel nové možnosti pro kontrolu a revalidaci výrobků během celého jejich životního cyklu.

V první části práce jsem se zaměřil na témata Průmysl 4.0 a charakteristika současné transformace, životní cyklus výrobku, traceability a následně jsem definoval relevantní druhy značení v průmyslu, včetně jejich principů, výhod a nevýhod.

Další část se věnovala popisu technologií značení, jako jsou mikroúder, inkjet, termotransfer a laser. Tyto technologie byly detailně rozebrány a vzájemně porovnány. Ve střední části jsem analyzoval společnost Strojmetal Aluminium Forging a.s., kde jsem získal potřebná data.

V praktické části byly provedeny testy značení, kde se jednalo o přibližně 130 měření pro technologii mikroúderu a přibližně 60 měření pro laserového značení. Z nich vyplynulo, že technologie mikroúderu pro dané použití není optimální, s ohledem na mnohé nevýhody. Zejména to byla velká nekonzistentnost výsledků, velká citlivost čitelnosti kódu na výrobní parametry značení, světelné podmínky, preciznost založení dílu do značícího přípravku, rozměrové tolerance výrobku a citlivost čtecího procesu na pohyb dílu nebo čtecího zařízení. Dále byla omezující i rychlost značení, která neodpovídala taktu linky a musela by být kompenzována přidáním zařízení, což navyšuje náklady a zesložit'uje seřizování a údržbu. Z toho důvodu byla otestována alternativní technologie laserového značení, kde se naopak podařilo dostat k úspěšným výsledkům pro možnou aplikaci v praxi. Přestože se zkoumaná odolnost kódu proti mechanickému poškození, jevila jako problematická, podařilo se tento problém vyřešit pomocí vývoje krytovacího dílu pro bezpečnou manipulaci a ochranou polyuretanovou páskou pro procesu tryskání. Rychlost značení byla také dostatečná a takt linky může být obslužen jedním laserovacím zařízením. Adaptivní funkce jako autofokus, kontrola kvality značení ihned po laserování a nízká náročnost na údržbu ještě více zvýhodňují použití této technologie.

Závěrečná část mé práce obsahuje návrh metodiky značení a sledování (včetně návrhových schémat), která integruje zjištěné poznatky z experimentální části. Dělí se na dvě varianty s ohledem na komplexnost použitých technologických prvků. Nakonec je uzavřena technicko-ekonomickým zhodnocením.

Navržená metodika je na základě všech provedených testů a měření aplikovatelná do reálného výrobního průmyslu, čím hodnotím cíl své diplomové práce jako splněný. Pokračováním by tedy mohl detailní rozbor nároků na implementaci všech prvků návrhu do dispozic konkrétního podniku a následně praktické zavedení do praxe.



## Zdroje:

1. Iniciativa průmysl 4.0. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2015 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
2. Životní cyklus výrobku nebo služby. In: *Managementmania* [online]. 2018 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/zivotni-cyklus-vyrobku-sluzby>
3. Životní Cyklus Produktu: Vysvětlení Všech 4 Fází!. In: *Jak se dostat do médií* [online]. 2021 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://jaksedostatdomedii.cz/pojmy/zivotni-cyklus-produktu/>
4. Traceability Textbook. Keyence [online]. Itasca, Canada:keyence corporation of America, 2017 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/>
5. RÖSSLEROVÁ, Klára. *QR kódy jako zvláštní druh dvourozměrného kódu*. Ikaros [online]. 2011, ročník 15, číslo 5 [cit. 2024-01-02]. urn:nbn:cz:ik-13641. ISSN 1212-5075. Dostupné z: <http://ikaros.cz/node/13641>
6. Čárové a plošné kódy: Rozdělení čárových kódů [online]. ČR: SPŠP-COP, 2015 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <http://grafikpromedia.spspzlin.cz/technologie/carove-a-plosne-kody>.
7. ČÁDA, David. *Využití 2D kódů v běžné praxi* [online]. Zlín, 2016 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: [http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da\\_2016\\_dp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da_2016_dp.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Ing. Bronislav Chamcov, Ph.D.
8. Čárový kód – vše, co potřebujete vědět o moderní automatické identifikaci. Online. In: ESP HOLDING A.S. ESP. 2023. Dostupné z: [https://esp.cz/cs/blog/carovy-kod-vse-potrebujete-vedet-moderni-automaticke-identifikaci?gclid=CjwKCAiAg9urBhB\\_EiwAgw88mfXccf98NLYnssm6WFpoy8jZoxHp0SvfUKF9Ab2mxDDhvIpltAmfXR0CsgsQAvD\\_BwE](https://esp.cz/cs/blog/carovy-kod-vse-potrebujete-vedet-moderni-automaticke-identifikaci?gclid=CjwKCAiAg9urBhB_EiwAgw88mfXccf98NLYnssm6WFpoy8jZoxHp0SvfUKF9Ab2mxDDhvIpltAmfXR0CsgsQAvD_BwE). [cit. 2024-01-02].
9. Čárový kód. Online. In: KODYS. 2023. Dostupné z: <https://www.kodys.cz/carovy-kod>. [cit. 2024-01-02].
10. Čárový kód. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001. Dostupné z: [https://cs.m.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%A1rov%C3%BD\\_k%C3%B3d](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%A1rov%C3%BD_k%C3%B3d). [cit. 2024-01-02].

11. ČÁDA, David. *Využití 2D kódů v běžné praxi* [online]. Zlín, 2016 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: [http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da\\_2016\\_dp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da_2016_dp.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Ing. Bronislav Chamcov, Ph.D.
12. KOLÁŘ, Vojtěch. *Zlatý věk 2D kódů teprve přichází*. Logistika.ihned.cz [online]. Praha: Economia, 2016, 2. 12. 2016 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65536750-zlaty-vek-2d-kodu-teprve-prichazi>.
13. BÍLÍ, Michal. GS1 DataMatrix vs.Gs1-akademie [online]. ČR: GS1, 2018, prosinec 2018 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <http://www.gs1-akademie.cz/info-859/gs1-datamatrix-vs-gs1-qr-code-s611702509>.
14. Základy 2D kódů: Co je QR kód? Online. In: Keyence. 2023. Dostupné z: [https://www.keyence.eu/cscz/ss/products/auto\\_id/codereader/basic\\_2d/qr.jsp](https://www.keyence.eu/cscz/ss/products/auto_id/codereader/basic_2d/qr.jsp). [cit. 2024-01-02].
15. BLATOVÁ, Daniela. *Požadavky na značení léků (FMD)*. Online. In: Bartech. 2019. Dostupné z: <https://bartech.cz/2018/06/13/pozadavky-na-znaceni-leku-fmd/>. [cit. 2024-01-02].
16. Značka CE. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2023. Dostupné z: [https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Zna%C4%8Dka\\_CE](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Zna%C4%8Dka_CE). [cit. 2024-01-02].
17. Technologie RFID. In: *Smart-tec* [online]. 2022 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>
18. RFID vs Barcode: Comparison, Advantages & Disadvantages. Online. In: PEAK TECHNOLOGIES. Peak Technologies. 2023. Dostupné z: <https://www.peaktech.com/blog/rfid-vs-barcode-comparison-advantages-disadvantages/#:~:text=While%20barcode%20scanners%20require%20a,require%20more%20setup%20than%20barcodes..> [cit. 2024-01-02].
19. Mikroúderové značení. Online. MARKSYS S.R.O. Marksys. 2023. Dostupné z: <https://marksys.cz/mikrouderove-znaceni/>. [cit. 2024-01-02].
20. Mikroúder – progresivní metoda značení dílů. Online. Průmyslové značení. 2023. Dostupné z: <https://www.prumyslove-znaceni.com/2009/04/05/mikrouder-znaceni-dilcu/>. [cit. 2024-01-02].
21. Značení mikroúderem. Online. LEONARDO TECHNOLOGY S.R.O. Leonardo technology. 2022. Dostupné z: <https://www.lt.cz/produkty/mechanicky-mikrouder>. [cit. 2024-01-02].
22. Mikroúder. Online. LIFTEC CZ A.S. LIFTEC. 2023. Dostupné z: <https://www.liftec.cz/sluzby/slovnicek-pojmu/mikrouder/>. [cit. 2024-01-02].
23. Značení a kódování dílů v automobilovém průmyslu. Bottling printing [online]. Brno: BOTTLING PRINTING, ©2018 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.bprinting.eu/odvetvi/automobilove>.

24. InkJet Leibinger. Online. In: Leonardo technology - Umění průmyslového značení. 5. 2011, s. 10-13. Dostupné z: <https://www.lt.cz/Casopis/LT5/index.html#10>. [cit. 2024-01-02].
25. Termo a termotransfer tiskové technologie. Online. GABEN, SPOL. S R.O. Gaben. 2016. Dostupné z: <https://www.gaben.cz/cz/termo-termotransfer-tiskova-technologie>. [cit. 2024-01-02].
26. DOLEŽAL, Ivan Zajímavé možnosti termotransferového potisku. Dostupné z WWW: < [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=209](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=209)>, [cit. 2024-01-02].
27. Často kladené otázky a odpovědi k termotranferovému tisku. Online. In: COPELLIA. 2005. Dostupné z: <http://www.copellia.cz/otazky1.htm>. [cit. 2024-01-02].
28. ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *Nekonvenční metody obrábění – 5. díl*. In: Průmyslové spektrum [online]. 2008 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>.
29. Historie vývoje laseru. Online. In: Leonardo technology. 10. 2016, s. 4-8. Dostupné z: <https://www.lt.cz/Casopis/LT10/index.html>. [cit. 2024-01-02].
30. LASCAM [online]. 2015 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.lascam.cz/laserove-gravirovani/>
31. Panasonic industry [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://industry.panasonic.eu/cs/vyrobky/zarizeni-reseni-do-automatizace/laserove-popisovace/metody-laseroveho-popisovani>.
32. Laserové označení: Gravírování laserem. Online. In: Trumpf. 2023. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/gravirovani-laserem/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/gravirovani-laserem/). [cit. 2024-01-02].
33. Laserové označování plast. In: *Trumpf* [online]. 2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/laserove-oznacovani-plast/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/laserove-oznacovani-plast/)
34. Laser Bonding Technology. In: Laser Bonding Technology [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.laserbondingtech.com/technology>.
35. HUBÍK, Petr. *Technologie laserového popisování* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: [http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24662/hub%C3%ADk\\_2013\\_bp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24662/hub%C3%ADk_2013_bp.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.
36. Panasonic: Když popisovat, tak laserem. In: *Elektroprumysl* [online]. 2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/technologicke-novinky/panasonic-kdyz-popisovat-tak-laserem>

37. SÁNDOR, Václav. Značení výrobků v průmyslu. Online, Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70010/F3-BP-2017-Sandor-Vaclav-Znaceni%20vyrobku%20v%20prumyslu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cit. 2024-01-02].
38. KUTLÁKOVÁ, Šárka. Produktivní značení laserem. Online, Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2022. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/103342/F2-BP-2022-Kutalkova-Sarka-Bakalarska%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. [cit. 2024-01-02].
39. KARAS, Martin. Návrh značící stanice pro značení dílů v automobilovém průmyslu. Online, Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84743/F2-BP-2019-Karas-Martin-BP0243\\_Karas\\_2019.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84743/F2-BP-2019-Karas-Martin-BP0243_Karas_2019.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). [cit. 2024-01-02].
40. Interní informace společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s.

## Seznam tabulek

Tab. 1 - porovnání technologií laseru .....	40
Tab. 2 - porovnání vlastností značících technologií.....	45
Tab. 3 – škála hodnot čitelnosti DMC .....	66
Tab. 4 – ukázkový záznam měření.....	66
Tab. 5 - data měření 1 .....	67
Tab. 6 - data měření 2 .....	70
Tab. 7 - data měření 3 .....	73
Tab. 8 - data měření 4 .....	75
Tab. 9 - data měření 4 .....	75
Tab. 10 - data měření 4 .....	76
Tab. 11 - data měření 4 (díly z měření 1).....	76
Tab. 12 - data měření 5 .....	78
Tab. 13 - parametry nastavení laseru .....	83
Tab. 14 - parametry laserového značení 1-2 .....	86
Tab. 15 - parametry laserového značení 3-4 .....	87
Tab. 16 - parametry laserového značení 5-6 .....	88

## Zdroje tabulek

Tab. 1 – Porovnání technologií laseru vlastní zpracování dle:

*Hlavní typy laserů používaných v průmyslu.* Online. In: MEGAFLEX. Megablog. 2024. Dostupné z: <https://www.mega-blog.cz/lasery/hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu/>. [cit. 2024-01-02].

Tab. 2 – porovnání vlastností značících technologií vlastní zpracování dle [36,38]

[Tab. 3 – 16 vlastní zpracování]

## Seznam grafů

Gr. 1 - závislost mezi dobou tryskání a čitelností .....	68
Gr. 2 - závislost čitelnosti na výrobní fázi strana 1 .....	69
Gr. 3 - závislost čitelnosti na výrobní fázi strana 2.....	69
Gr. 4 - doba tryskání vs. čitelnost strana 1 .....	71
Gr. 5 - doba tryskání vs. čitelnost strana 2.....	71
Gr. 6 - čitelnost vs. značící zařízení a použitá čtečka .....	77
Gr. 7 - čitelnost vs. pohyblivá nebo statická pozice čtečky .....	78

[Gr. 1 – 7 vlastní zpracování]

## Seznam obrázků

Obr. 1 - vývoj životního cyklu výrobku.....	13
Obr. 2 - ukázka 1D a 2D kódu .....	17
Obr. 3 - Code 49.....	20
Obr. 4 - PDF417 Barcode.....	20
Obr. 5 - QR kód.....	21
Obr. 6 - micro QR kód vs. standartní QR kód .....	22
Obr. 7 - Datamatix kód (DMC).....	23
Obr. 8 - porovnání DMC a QR kódů.....	24
Obr. 9 - znak CE.....	25
Obr. 10 - porovnání znaků CE .....	25
Obr. 11 - popis fungování RFID .....	26
Obr. 12 - popis RFID čipu.....	26
Obr. 13 - frekvenční pásma RFID čipů.....	28
Obr. 14 - ukázka značení mikroúderem .....	30
Obr. 15 - princip technologie mikroúderu.....	31
Obr. 16 - ukázka mikroúderového/rycího zařízení .....	32
Obr. 17 - princip technologie inkjet (CIJ vlevo, DOD vpravo) .....	34
Obr. 18 - ruční zařízení inkjet .....	35
Obr. 19 - ukázka odlepení termotransferové vrstvy.....	36
Obr. 20 - princip termotransferu .....	36
Obr. 21 - princip laseru .....	39
Obr. 22 - ukázka žíhání .....	40
Obr. 23 - ukázka tavení .....	41
Obr. 24 - ukázka gravírování .....	41
Obr. 25 - ukázka karbonizace.....	42
Obr. 26 - ukázka pění .....	42
Obr. 27 - ukázka black marking.....	43
Obr. 28 - ukázka spojování .....	43
Obr. 29 - vnitropodnikové značení hotového výrobku.....	50
Obr. 30 - aktuální značení pro zákazníka.....	50
Obr. 31 - aktuální značení gitterboxů.....	51
Obr. 32 - značící hlavice Gravotech.....	53
Obr. 33 - značící hlavice Liftec.....	53
Obr. 34 - první označený díl s různými parametry ražení.....	54
Obr. 35 - detail prvního označeného dílu.....	54
Obr. 36 - přípravky pro založení dílu.....	55
Obr. 37 - ukázka založení dílu do přípravku.....	55
Obr. 38 - fotící stanoviště.....	56
Obr. 39 - ovládací prvky mikroskopu .....	57
Obr. 40 - měřicí stanoviště .....	57
Obr. 41 - zprava doleva – původní, mořeno, otryskáno.....	58
Obr. 42 - detail z boku (tmavý).....	59
Obr. 43 - detail shora (tmavý).....	59
Obr. 44 - makro sken s měřením v 1. směru (tmavý) .....	60
Obr. 45 - makro sken s měřením v 2. směru (tmavý) .....	60
Obr. 46 - detail z boku (lesklý) .....	61
Obr. 47 - detail shora (lesklý) .....	61

Obr. 48 - makro sken s měřením v 1. směru (lesklý).....	62
Obr. 49 - makro sken s měřením v 2. směru (lesklý).....	62
Obr. 50 - detail z boku (matný).....	63
Obr. 51 - detail shora (matný).....	63
Obr. 52 - makro sken s měřením v 1. směru (matný).....	64
Obr. 53 - makro sken s měřením v 2. směru (matný).....	64
Obr. 54 - nastavení tryskače pro měření 1.....	68
Obr. 55 - nastavení tryskače pro měření 2.....	71
Obr. 56 - způsob odlišného značení BOGE dílů číslo 3.....	73
Obr. 57 - rozměrová tolerance přes dělicí rovinu značeného dílu.....	80
Obr. 58 - laserovací stanoviště.....	82
Obr. 59 - způsob testování mechanického opotřebení.....	84
Obr. 60 - test 01.....	85
Obr. 61 - test 02.....	85
Obr. 62 - měření 1.....	86
Obr. 63 - měření 2.....	86
Obr. 64 - měření 3.....	87
Obr. 65 - měření 4.....	87
Obr. 66 - měření 5.....	88
Obr. 67 - měření 6.....	88
Obr. 68 - historie vývoje ochranného prvku (vlevo nejstarší, vpravo nejnovější).....	90
Obr. 69 - detail ochranného prvku.....	90
Obr. 70 - praktická ukázka použití ochranného prvku.....	91
Obr. 71 - DMC před tryskáním.....	92
Obr. 72 - DMC po tryskání (vlevo zakrytý páskou, vpravo bez pásky).....	92

## Zdroje obrázků

## Obr. 1- Vývoj životního cyklu výrobku

*Životní cyklus výrobku nebo služby (Product or Service Lifecycle)*. Online. In: Management Mania. 2016. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/zivotni-cyklus-vyrobku-sluzby>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 2 – Ukázka 1D a 2D kódu

*Čárové a 2D kódy*. Online. In: Leonardo technology. 2002 - 2022. Dostupné z: <https://www.lt.cz/e-learning/carove-kody-2d-kody-a-rfid/carove-a-2d-kody>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 3 – Code 49

*What Is A Code 49 Barcode?* Online. In: TRITON COMMERCIAL SYSTEMS. Triton. 2024. Dostupné z: <https://tritonstore.com.au/what-is-code-49-barcode/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 4 – PDF417 Barcode

*2D Barcodes: PDF417*. Online. In: Telerik UI for WinUI. 2024. Dostupné z: <https://docs.telerik.com/devtools/winui/controls/radbarcode/2d-barcodes/barcode-pdf417-overview>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 5 – QR kód

*Co je QR kód?* Online. In: Keyence. 2024. Dostupné z: [https://www.keyence.eu/cscz/ss/products/auto\\_id/codereader/basic\\_2d/qr.jsp](https://www.keyence.eu/cscz/ss/products/auto_id/codereader/basic_2d/qr.jsp). [cit. 2024-01-02].

## Obr. 6 – Micro QR kód vs. standartní QR kód

OANA, Barna; SURUGIU, Claudia; GHEORGHIU, Andrei a CORMOS, Angel. *Analysis of smart security parking solutions for freight trucks: Comparison between Micro QR code and QR code*. Online. In: ResearchGate. 2024. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/322538824\\_Analysis\\_of\\_smart\\_security\\_parking\\_solutions\\_for\\_freight\\_trucks](https://www.researchgate.net/publication/322538824_Analysis_of_smart_security_parking_solutions_for_freight_trucks). [cit. 2024-01-02].

## Obr. 7 – Datamatix kód (DMC)

*Understanding the Differences Between Data Matrix vs QR Codes*. Online. In: Technomark. 2024. Dostupné z: <https://www.technomark-inc.com/2022/10/21/understanding-the-differences-between-data-matrix-vs-qr-codes/>. [cit. 2024-01-02].



## Obr. 8 – Porovnání DMC a QR kódů

KARRACH, Ladislav a PIVARČIOVÁ, Elena. Comparative Study of Data Matrix Codes Localization and Recognition Methods. Online. *Journal of Imaging*. 2021, roč. 7, č. 163, s. 1-18. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jimaging7090163>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 9 – Znak CE

*OZNAČENÍ CE - ZÁKLADNÍ POJMY A DŮLEŽITÉ INFORMACE*. Online. In: Strojírenský zkušební ústav. 2024. Dostupné z: <https://www.szutest.cz/blog/oznaceni-ce-zakladni-pojmy-a-dulezite-informace>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 10 – Porovnání znaků CE

„CE“ na obalu není vždy zárukou kvality. Online. In: Hrajsisemnou.cz. 2024. Dostupné z: <https://hrajsisemnou.cz/ce/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 11 – Popis fungování RFID

VOJTĚCH, Lukáš. *RFID TRANSPONDÉRY – POHLED POD KŮŽI*. Online. In: DPS Elektronika od A do Z. 2024. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/clanky/id:10415/rfid-transpondery-pohled-pod-kuzi>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 12 – Popis RFID čipu

*Technologie RFID*. Online. In: Smart-TEC. 2024. Dostupné z: <https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 13– Frekvenční pásma RFID čipů

VOJTĚCH, Lukáš. *RFID TRANSPONDÉRY – POHLED POD KŮŽI*. Online. In: DPS Elektronika od A do Z. 2024. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/clanky/id:10415/rfid-transpondery-pohled-pod-kuzi>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 14 – Ukázka značení mikroúderem

*Stojanový mikroúder BenchDot*. Online. In: MARK industries. 2021. Dostupné z: <https://www.markindustries.cz/mechanicke-znaceni/stojanovy-mikrouder/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 15 – Princip technologie mikroúderu

*Mikroúderové značení: ELEKTROMAGNETICKÉ I PNEUMATICKÉ mikroúderové systémy*. Online. In: Marksys. 2024. Dostupné z: <https://marksys.cz/mikrouderove-znaceni/>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 16 – Ukázka mikroúderového zařízení

*Řešení pro značení horkých dílů mikroúderem.* Online. In: Automator. 2023. Dostupné z: <https://www.automatorgroup.cz/coajakznacime-ukazkyreseni/pracoviste-pro-mikrouderove-znaceni/>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 17 – Princip technologie inkjet (CIJ vlevo, DOD vpravo)

SAMIEI, Nasim. Recent trends on applications of 3D printing technology on the design and manufacture of pharmaceutical oral formulation: a mini review. Online. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 2020, roč. 9, č. 1. ISSN 2314-8543. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s43088-020-00040-4>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 18 – Ruční zařízení inkjet

*Termální inkjet: Anser U2 Mobile S.* Online. In: LIFTEC. 2024. Dostupné z: <https://www.liftec.cz/produkt/anser-u2-mobile-s/>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 19 – Ukázka odlepení termotransferové vrstvy

*Termotransferový tisk nebo termotisk? (5 bodů ke zvážení).* Online. In: BITT TECHNOLOGY ČS, SPOL. S.R.O. Bitttechnology. 2024. Dostupné z: <https://bittech.cz/tt-tisk-nebo-termotisk/#prettyPhoto>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 20 – Princip termotransferu

*Princip termotransferových tiskáren.* Online. In: Leonardo technology. 2002 - 2022. Dostupné z: <https://www.lt.cz/e-learning/termotransfer-technologie/princip-termotransferovych-tiskaren>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 21 – Princip laseru

Historie vývoje laseru. Online. In: *Leonardo technology*. 10. 2016, s. 4-8. Dostupné z: <https://www.lt.cz/Casopis/LT10/index.html>. [cit. 2023-12-11].

*Průmyslové lasery (4) - Hlavní typy laserů v průmyslové praxi.* Online. In: MM Průmyslové spektrum. 2001 - 2024. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prumyslove-lasery-4-hlavni-typy-laseru-v-prumyslove-praxi>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 22 – Ukázka žihání

*Žihání laserem - anealing - změna barvy laserem.* Online. In: Leonardo technology. 2002 - 2022. Dostupné z: <https://www.lt.cz/e-learning/laser/zihani-laserem-anealing-zmena-barvy-laserem>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 23 – Ukázka tavení

*The Industrial Code GW Laser in Metal 3D Printing.* Online. In: GW Laser Tech. 2025. Dostupné z: <https://www.gwlasertech.com/en/cs/news/the-industrial-code-gw-laser-in-metal-3d-printing/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 24 – Ukázka gravírování

*Hluboké gravírování laserem.* Online. In: Infocube. 2019. Dostupné z: <https://infocube.cz/cs/hluboke-gravirovani-laserem/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 25 – Ukázka karbonizace

*Laserové značení na plasty.* Online. In: SIMAP. 2024. Dostupné z: <https://simap.cz/aplikace/laserove-znacen-na-plasty/>. [cit. 2024-01-02].

## Obr. 26 – Ukázka pění

*Laserové označování plast.* Online. In: TRUMPF. 2024. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/laserove-oznacovani-plast/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/laserove-oznacovani-plast/). [cit. 2024-01-02].

## Obr. 27 – Ukázka Black Marking

*Black Marking – trvanlivé, sytě černé a antikorozi značení.* Online. In: TRUMPF. 2024. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/black-marking/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/black-marking/). [cit. 2024-01-02].

## Obr. 28 – Ukázka spojování

*Laserové označování.* Online. In: TRUMPF. 2024. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/). [cit. 2024-01-02].

## Obr. 29 – Vnitropodnikové značení hotového výkovku

Vlastní zpracování

## Obr. 30 – Aktuální značení pro zákazníka

Vlastní zpracování

## Obr. 31 – Aktuální značení gitterboxů

Vlastní zpracování

Obr. 32 – Značící hlavice Gravotech

*Dot Peen Marking Machines & Scribing: XF510p*. Online. In: GRAVOTECH. 2024. Dostupné z: <https://www.gravotech.com/products/dot-peen-scribing-machines/xf510p#technical-specifications>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 33 – Značící hlavice Liftec

*Stroje: COUTH MC 2000 P+N*. Online. In: SC METAL. 2023. Dostupné z: <https://www.scmetal.cz/stroje/couth-mc-2000-pn/>. [cit. 2024-01-02].

Obr. 34 – 72

Vlastní zpracování