



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**VLIV PROCESU LISOVÁNÍ KOTVY NA FUNKCI
TLAKOVÉHO REGULAČNÍHO VENTILU**

INFLUENCE OF ANCHOR STAMPING PROCESS ON THE FUNCTION OF PRESSURE CONTROL VALVE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

František Koumar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **František Koumar**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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

Vliv procesu lisování kotvy na funkci tlakového regulačního ventilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce spočívá v prozkoumání vlivu procesu lisování kotvy na funkci tlakového regulačního ventilu PCV3–25 BP s následným návrhem úpravy geometrie stávajícího nástroje.

Cíle bakalářské práce:

Popis a teoretický rozbor procesu lisování kotvy.
Porovnání možných způsobů lisování kotvy a stanovení nejvhodnější metody.
Návrh vhodné geometrie nástroje.
Práce bude doplněna názornou obrázkovou dokumentací a závěry.

Seznam doporučené literatury:

TSCHATTSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.

KOTOUČ, Jiří. Tvářecí nástroje: plošné a objemové tváření. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1003-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce předkládá možné zjednodušení nástroje, který slouží k orážení kotvy tlakového regulačního ventilu (PCV). PCV se vyrábí ve společnosti Bosch Diesel s.r.o. Jihlava. Výsledná změna sníží cenu výroby nástroje. Nástroj se vyrábí aktuálně pouze v jedné firmě kvůli dosažení přesných rozměrů. Na základě porovnání interního lisování se získá rozptyl hloubek otlaku pro další testy. Z těchto testů se získá optimální síla a dále následují testy s limitními vzorky. Z testů vyplývá, že upravený nástroj není vhodný na lisování na sílu pro kotvy s limitní tvrdostí. Je nezbytné použít vhodnější variantu. Vhodnější varianta je lisování na dráhu. Při této metodě bude menší vliv tvrdosti kotvy. Test lisování na dráhu bude proveden v druhé polovině roku 2020 a při úspěšné validaci bude zaveden do série.

Klíčová slova: Regulační tlakový ventil, lisování, PCV, úprava nástroje, limitní kusy

ABSTRACT

The project elaborated a possible simplification of the tool which is used for stamping of the anchor of pressure control valve (PCV). PCV is manufactured at Bosch Diesel s.r.o. Jihlava. The resulting change will reduce the cost of tool production. Current tool can be manufactured only in one company in order to achieve precise dimensions. Based on the comparison of internal stamping, it obtains the dispersion of depths for further tests. Optimal a force is obtained from these tests, followed by limit sample tests. The tests show that modified tool is not suitable for stamping on the force for anchors with limited hardness. It is necessary to use a more suitable variant. A more suitable variant is stamping on the track. With this method, there will be less effect of the hardness of the anchor. The test on stamping on the track will be performed in the second half of 2020 and, if successfully validated, will be introduced into the series.

Keywords: Regulating pressure valve, stamping, PCV, tool modification, limit samples

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOUMAR, František. *Vliv procesu lisování kotvy na funkci tlakového regulačního ventilu* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124500>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Eva Peterková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Jihlavě dne 26.6.2020

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní doktorce Evě Peterkové a kolegům z firmy Bosch Diesel s.r.o především panu Ing. Františkovi Sobotkovi a mé rodině za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

| | Str. |
|--|------|
| ÚVOD | 9 |
| 1 SOUČASNÝ STAV | 10 |
| 1.1 Common Rail system | 10 |
| 1.2 Tlakový regulační ventil - PCV | 11 |
| 1.2.1 Sestava | 11 |
| 1.3 Montážní linka | 14 |
| 2 ANALÝZA | 15 |
| 2.1 Způsoby lisování PCV | 16 |
| 2.2 Testovací porovnání | 16 |
| 2.2.1 Porovnání rozptylu funkčních hodnot (bod P1) | 17 |
| 2.2.2 Detailnější analýza hloubek otlaku a porovnání interního s externím lisováním | 18 |
| 2.2.3 Shrnutí analýzy hloubek otlaku a funkčního bodu P1 | 19 |
| 2.3 Porovnání síly a hloubky | 20 |
| 3 NÁVRH NOVÉHO NÁSTROJE | 22 |
| 3.1 Analýza optimální síly | 22 |
| 3.1.1 Test s optimální silou | 23 |
| 3.1.2 Test s finální silou pro upravený nástroj | 27 |
| 3.2 Vyhodnocení upraveného nástroje | 29 |
| 4 ZÁVĚRY | 30 |

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam obrázků

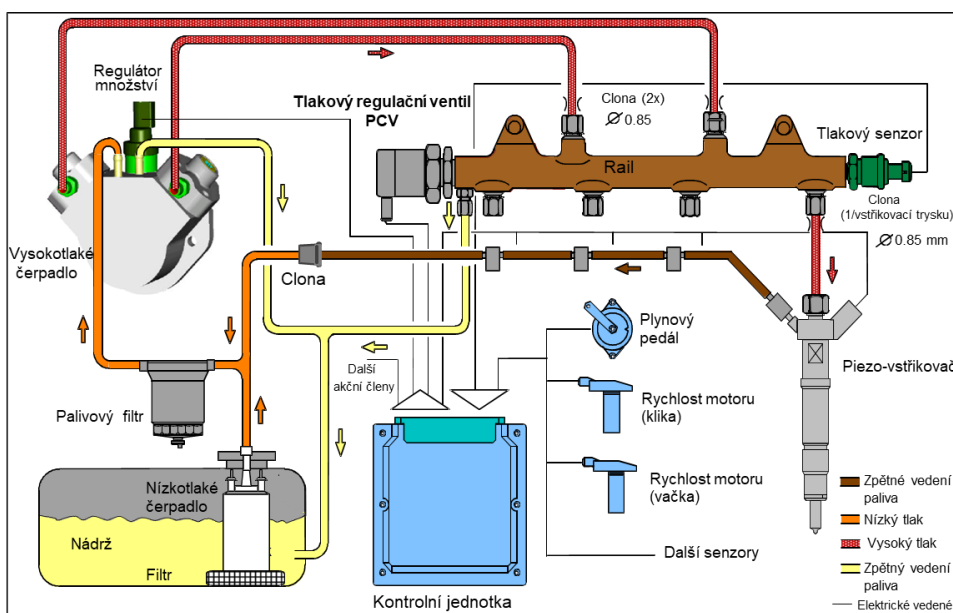
Seznam tabulek

Seznam grafů

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [26]

Práce se zaměřuje na část systému vznětových dieslových motorů. Touto částí je Common Rail systém. Common Rail se charakterizuje jako vstřikovací systém. Ve vstřikovacích systémech se používá vysokého tlaku z důvodu dopravy dostatečného množství a jemného rozprašení paliva.

Stručný popis systému Common Rail je následující. Z nádrže jde palivo do nízkotlakového čerpadla, kde přes filtr je nasáto do vysokotlakého čerpadla. Vysokotlaké čerpadlo stlačuje palivo a dopravuje ho do zásobníku, který se nazývá railu. Zásobník railu má za úkol uchovávat stlačené palivo a rozdělovat do jednotlivých vstřikovačů. Na railu je namontovaný regulační ventil, který na základě signálu z tlakového snímače a od ostatních čidel jako je například poloha plynového pedálu, reguluje tlak v systému, viz obr. 1. Regulační ventil je elektromagnetický ventil, který přepouští kapalinu z vysokotlaké do nízkotlaké části. Principem tohoto ventilu je zatlačování kuličky do sedla ventilku pomocí kotvy. Hlavní parametry co se sledují, jsou závislost tlaku na proudu a těsnost, která se zajišťuje přes kuličku dosedající na sedlo ventilku. Závislost tlaku na proudu lze ovlivnit RLS (mezera mezi kotvou a tělesem). Bakalářská práce se zaměřuje na proces předrážení kotvy v regulačním tlakovém ventilu (PCV), který je součástí Common Rail systému vyráběného společností Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě.



Obr. 1 Schéma Common Rail [26]



Obr. 2 Tlakový regulační ventil [3]

1 SOUČASNÝ STAV

Cílem bakalářské práce je zjednodušení nástroje pro lisování kotev. Současný nástroj je příliš drahý (řádově desetitisících eur). Firma dokázala najít pouze jednoho výrobce, který je schopen vyrobit tento nástroj. Důvodem proč tento nástroj má tak vysokou cenu je proces výroby, protože má přesné rozměry. Proto je snaha tento nástroj zjednodušit. Zjednodušit lze tím, že se odstraní mechanický doraz, který v současné době je v nástroji pro externí lisování kotev. Navrhl se nový nástroj s upravenou konstrukcí. Tento nástroj se otestoval a zvalidoval. Upravený nástroj je levnější.

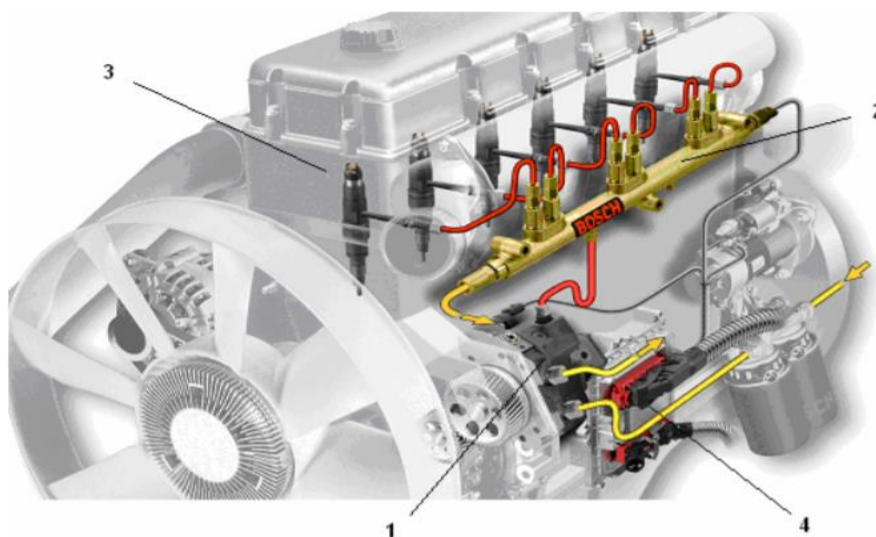
Některé grafy a schémata jsou zjednodušeny a některé hodnoty jsou uvedeny bez jednotek kvůli ochraně firemního know-how.

1.1 Common Rail systém [1], [2], [3], [4], [5], [26]

Jedná se o systém, který využívá řízeného, odděleného vstřikování do samostatných válců motorů. Vysoký tlak se vytvoří ve vysokotlakém palivovém čerpadle, které je oddělený a je dodáván do vysokotlakého zásobníku (Rail), odkud je dodáván do jednotlivých vstřikovacích válců vznětových motoru pomocí krátkých vstřikovacích potrubí. Vysokotlaké čerpadlo bývá nejčastěji poháněné rozvodovým mechanismem motoru a palivo z nádrže je poháněné elektrickým čerpadlem, či ozubeným čerpadlem nebo kombinací obou čerpadel. Vstřikovací tlak se vytváří nezávisle na otáčkách motoru a dosahuje tlaků až 2700 barů.

Systém tvoří základní čtyři skupiny.

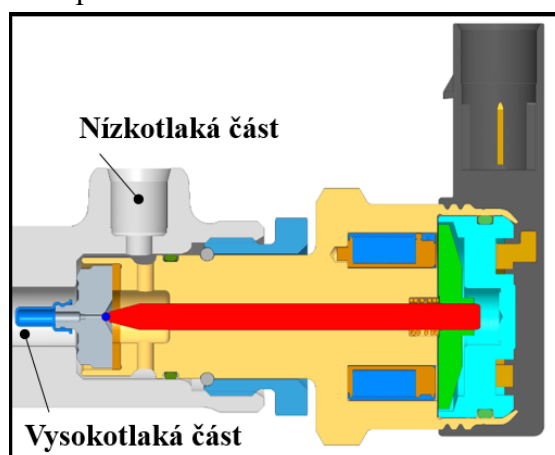
1. Zdroj tlaku – čerpadlo.
2. Zásobník tlaku Rail – využívá se k udržení konstantního tlaku v každé provozní části. U některých případech je využíván vysokotlaký regulační ventil PCV.
3. Vstřikovací jednotka – řízený elektromagnetický ventil.
4. Řídící jednotka – slouží k vyhodnocení jednotlivých veličin jako je optimální množství paliva, velikost tlaku a okamžik vstřiku.



Obr. 3 Common Rail systém [26]

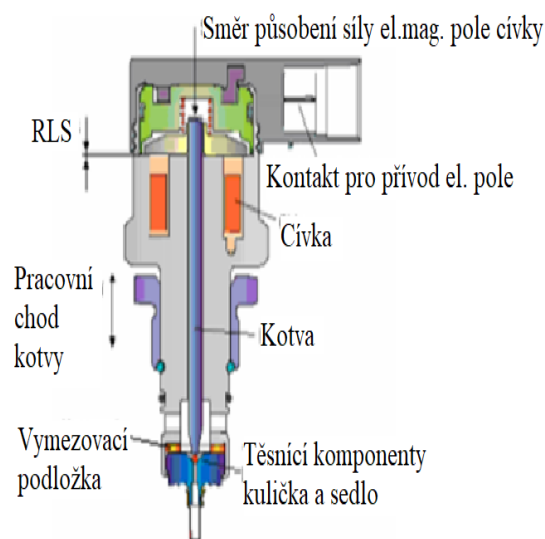
1.2 Tlakový regulační ventil – PCV [1], [2], [3], [4], [5], [6], [26]

PCV znamená proporcionální regulační tlakový ventil, přeloženo z anglického názvu Pressure-Control-Valve. PCV je montováno na vysokotlaký zásobník tlaku Rail, který pomocí těsnících komponentů odděluje vysokotlakou část od nízkotlaké části. Hlavním úkolem PCV je nastavit a udržet tlak v railu na závislosti aktuálního zatížení motoru podle nasnímaných veličin. Nasnímané hodnoty jsou převáděny do řídicí jednotky, která má za úkol je vyhodnotit a navolit optimální velikost vstupního proudu a tlaku v systému. Vytvářené elektromagnetické pole působí určitou silou na kotvu, která vyvinutou sílu přenáší na těsnící komponenty na kuličku v sedle a tím buď snižuje, nebo zvyšuje tlak v systému. Pro regulaci tlaku ve ventilu se používá šířková modelace proudu.



Obr. 4 Rozdělení vysokotlaké a nízkotlaké části PCV [26]

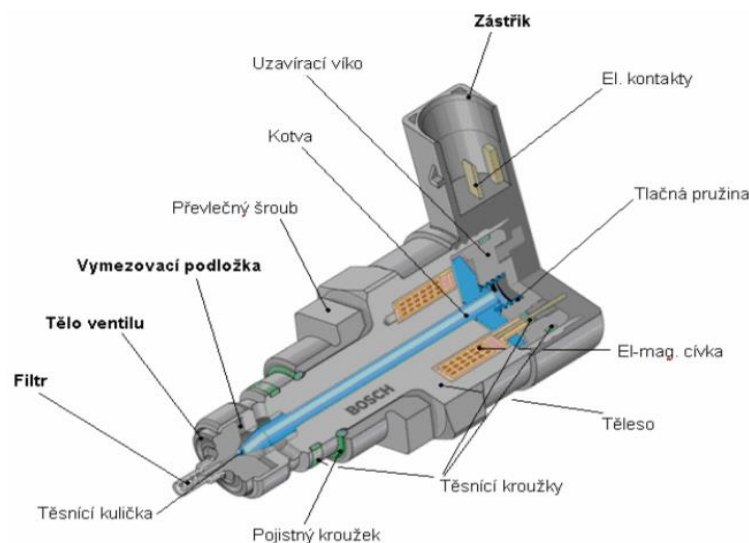
Správnou funkci PCV zajišťuje nastavení RLS (Rest-Luft-Spalt), tím se myslí vzdálenost talířku kotvy od tělesa s usazenou cívkou, pomocí vymežovací podložky. Ty jsou rozděleny do různých tříd podle tloušťky. Správná volba tloušťky podložky zajistí stále stejnou mezeru a velikost elektromagnetického pole působící na kotvu. Pomocí této vzdálenosti RLS se zaručuje schopnost držet požadovaný tlak systému na stanoveném proudu v rámci daných tolerancí. Velikost RLS je přímo ovlivněna velikostí otlaku (vlisu, důlku) na čele kotvě. Otlak na kotvě je jeden z hlavních parametrů, který musí být dodržen při lisování kotvy. Princip funkce PCV je znázorněn na obr. 5.



Obr. 5 Princip funkce PCV [26]

1.2.1 Sestava

PCV se skládá z jednotlivých komponentů. Tyto komponenty jsou použité pro montáž a dělí se na dodávané k přímé montáži nebo jako polotovary k dalšímu zpracování do finálního stavu. Každý z komponentů má svoji specifickou vlastnost pro fungování PCV. Na obr. 6 je znázorněná sestava v řezu se všemi komponenty. Komponenty označeny tučně jsou díly vyráběné v závodě.



Obr. 6 Sestava tlakového regulačního ventilu 3-25 [26]

Komponenty od dodavatele k přímé montáži

Těleso ventilu (obr. 7) - základní součást pro všechny montované komponenty.



Obr. 7 Těleso [26]

Kotva (obr. 8) - Slouží k otevírání a zavírání ventilu pomocí přenosu elektromagnetického pole cívky na těsnící kuličku. Kotvu tvoří navzájem nalisované části – talířek a dřík.



Obr. 8 Kotva [26]

Elektromagnetická cívka (obr. 9) - využívá se k vytvoření elektromagnetického pole v okolí cívky, které je přímo úměrné na přivedeném proudu.



Obr. 9 Elektromagnetická cívka [26]

Uzavírací víko (obr. 10) - funkcí uzavíracího víka je uzavření a utěsnění nízkotlaké části tělesa, přívodu elektrického proudu přes piny cívky, které se nacházejí ve vrtaných otvorech.



Obr. 10 Uzavírací víko [26]

Elektrické kontakty (obr. 11) - slouží k převodu elektrického proudu do elektromagnetické cívky. Napojení cívky a elektrických kontaktů se provádí pomocí tavného svařování.



Obr. 11 Elektrické kontakty [26]

Tlačná pružina (obr. 12) - záleží na typu generace a slouží buď k zajištění ze shora kotvy, kde zabraňuje velkému chodu kotvy a tlaku v systému bez přivedení proudu do cívky nebo k zajištění ze zdola kotvy, kde zajišťuje odpuštění tlaku systému s Piezo-vstřkovači.



Obr. 12 Tlačná pružina [26]

Těsnící O-kroužek (obr. 13) - využívá se k zajištění těsnosti ventilu pro nízkotlakou část. Podle umístění má rozdílnou velikost – malý u uzavíracího krytu a velký u převlečného šroubu.



Obr. 13 Těsnící kroužek [26]

Těsnící kulička (obr. 14) - využívá se jako těsnící prvek mezi nízkotlakou a vysokotlakou částí mezi kotvou a těsnícím sedlem těla ventilu. Nejčastější rozměry kuličky jsou o průměru 1,2 a 1,5 mm



Obr. 14 Těsnící kulička [26]

Pojistný kroužek (obr. 15) - využívá se jako opěrný kroužek mezi tělesem a převlečným šroubem.



Obr. 15 Pojistný kroužek [26]

Převlečný šroub (obr. 16) - využívá se k upevnění na těleso railu.



Obr. 16 Převlečný šroub [26]

Komponenty pro zpracování ve firmě

Vymezovací podložka (obr. 17) - využívá se k nastavení mezery mezi talířkem kotvy a tělesem. Zpracovává se broušením na požadovaný rozměr a odjehlením. Škála rozměrů je ze 70 tříd po 0,002 mm.



Obr. 17 Vymezovací podložka [26]

Filtr (obr. 18) - využívá se k zabránění nečistot, aby se dostaly do funkční části ventilu. Zpracovává se laserovým pálením otvorů o počtu 2000+/- 200 a velikosti 0,06+/- 0,02 mm. Následně odjehlovány v ultrazvukové lázni směsí elektrochemických kyselin.



Obr. 18 Filtr [26]

Tělo ventilu (obr. 19) - využívá se jako utěšňovací prvek mezi vysokotlakou a nízkotlakou částí. Zpracovává se broušením čela, soustružením pro zakusovací hranu a zápch pro filtr.



Obr. 19 Tělo ventilu [26]

Zástřík (obr. 20) - využívá se k ochraně elektrických kontaktů a k uchycení pro zákaznickou přípojku. Zpracovává se z granulátu, který se zastříkne do požadované formy vstříkolisu.



Obr. 20 Zástřík [26]

1.3 Montážní linka

Montážní linka se skládá ze tří částí - praní, suchá část a mokrá část. Na lince se nachází pracoviště ruční, poloautomatické a automatické. Tok materiálu na jednotlivé stanice je zajištěn dopravními pásy, na kterých se materiál pohybuje na nosičích dílců (paletky).

Praní – jedná se o první procesní krok, kde se komponenty zbaví všech nečistot a odmastí se pomocí antikoročních prostředků. Prací cyklus je tvořen ponorem komponentů do lázně s ultrafiltrací (vysokofrekvenční chvění) a oplachem tento cyklus se provádí třikrát. Poté následuje nanesení krátkodobé pasivace s ofukem, sušení a odmagnetizování.

Suchá část - vyprané komponenty pokračují na suchou část linky. V této části se provádějí všechny manipulace za sucha a není při nich používána zkušební kapalina. Na paletku se umístí těleso, kotva a ventilek. Paletka s těmito komponenty pokračuje dále po pásu, kde dochází k nastavení ventilku, nalepení čarového kódu (barcode), vybrání správné podložky, vkládání kuličky, zalepení či zapertlování ventilku, nasazení deklu s o-kroužky, svaření pinů a zastříknutí zástříku.

Mokrá část – PCV po zastříknutí transportuje dopravní pás do mokré části, v které se pracuje s kapalinou. Jde zde především o oplach nebo o testovací kapalinu pro funkční zkoušky. Dále se na této montáži zkouší elektrické zkoušky, nanáší laserový popis, zavádí se antikoroční ochrana, nasazuje se převlečný šroub s pojistným kroužkem a na závěr je balení před odesláním k zákazníkovi.

2 ANALÝZA [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]

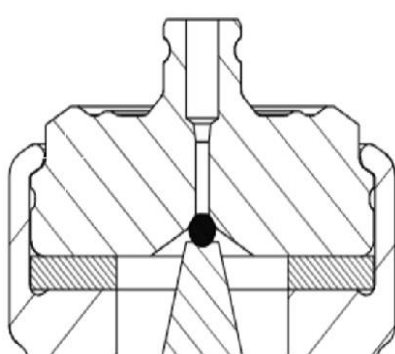
Důvod úpravy nástroje pro externí orázení kotvy, respektive vytvoření odpovídajícího důlku na čele kotvy prostřednictvím zatlačení kuličky, je cena. Jeden nástroj stojí desítky tisíc eur a firma našla pouze jednoho výrobce, který by splňoval vysoké požadavky na přesnost nástroje. Důvodem je velmi precizní vedení pro kotvu s „nulovou“ vůlí v rámci mikrometrů, proto je cílem upravit nástroj, tak aby se mohl najít lokálního dodavatele. Největším problémem při výrobě nástroje je zaručení tolerance nástroje na hloubku. Nejvhodnější variantou je přejít z lisování na mechanický doraz na lisování bez dorazu. Navrhovaný proces lisování bez dorazu je, co se týče dosažení požadované hloubky otlaku identický internímu lisování (viz kap. 2.1), a to jak lisování na sílu (dosažení požadované hodnoty síly), tak i lisování na dráhu (dosažení požadované dráhy beranu lisu).

Otlak se vytváří pro udržení kuličky na místě při proudění kapaliny a snížení kontaktního tlaku mezi kuličkou a kotvou a dále snížení mechanického namáhání a zamezení změny funkce během životnosti regulačního ventilu.

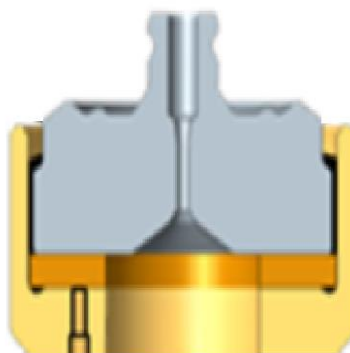
Následující kapitola 2.1 vysvětluje rozdíl mezi externím a interním lisováním kotvy. Kapitola 2.2 porovnává funkční výsledky PCV a hloubku otlaku kotvy viz obr. 22. Porovnání je provedeno pro 3 vybrané typy ventilu PCV 394, 754 a 886, viz Tab. 1 (přehledová tabulka generací a procesů lisování). Přičemž u typu PCV 394 se používají kotvy generace 3-25 a jsou orázeny tzv. interním způsobem. Tento typ PCV 394 je tzv. pertlovaný. Kotvy pro lepené typy ventilů PCV 886 a 754 se lisují externě a používají se kotvy generace 3-25 BP. Externí lisování zajišťuje přesnou sousost vlisu (důlku) v kotvě. Tomu napomáhá přesně zalepený ventilek v tělese viz obr. 21. U pertlovaných typů ventilu, kde se užívá interního lisování, se objevuje velký rozdíl excentricity otlaku.

Tab. 1 Přehledová tabulka

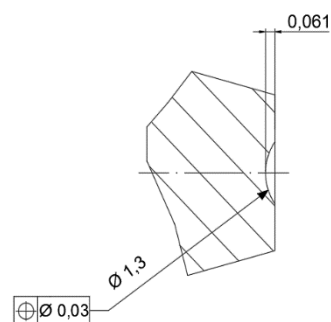
| generace | typ | typ PCV | proces lisování | způsob zajištění hloubky |
|----------|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| 3-25 | pertlovaný | 394,744 | interní | program na dráhu |
| 3-25 BP | lepený | 886,754,289 | externí | mechanický doraz |
| 3-20 | lepený | 431 | externí | mechanický doraz |



Pertlovaný typ



Lepný typ

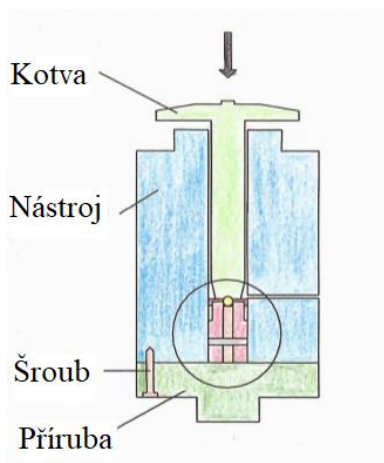


Obr. 21 Rozdíl mezi pertlovaným a lepeným typem [26]

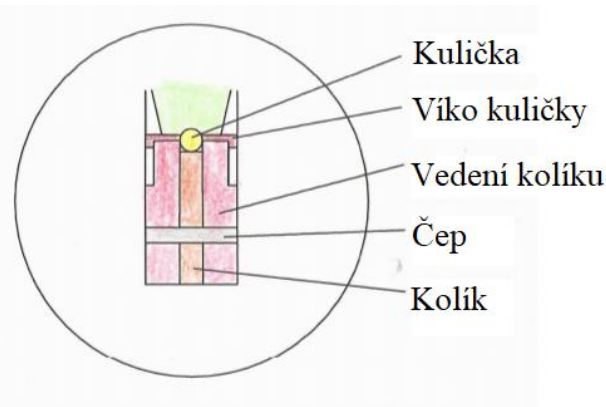
Obr. 22 Otlak kotvy

2.1 Způsoby lisování PCV [7], [9], [10], [12], [13], [14], [15]

Externí lisování - provádí se pro kotvy generací 3-20BP a nebo 3-25BP (obě lepené varianty). Proces lisování začíná tím, že se kotva odebere mechanickým ramenem z paletky a vloží se do stanice, kde je předem připravený nástroj pro určitý typ generace (3-20 nebo 3-25). Když kotva dosedne na přípravek, je pomocí elektromechanického lisu zatlačena na mechanický doraz, ze kterého vyčnívá kulička z oxidické keramiky nebo tvrdokovová kulička, která je už zalisovaná v přípravku viz obr. 24. Proces lisování je řízený programem, který má za úkol dojet s beranem lisu na určitou dráhu či sílu. Tímto způsobem se vytváří otlak od kuličky na čele kotvy. Po lisování je kotva odebrána mechanickým ramenem zpět na paletku. Paletka s tělesem a kotvou pokračuje dále na další operace. Pro urychlení výroby má stanice tři přípravky pro generaci 3-20 a tři pro 3-25. Pro kontrolu otlaku se odeberou zalisované kotvy, které se dále posílají na měrové středisko, kde vyhodnotí požadované hodnoty (hloubka, průměr a excentricita) a pro kontrolu prolisu kotvy se používají obalové křivky.

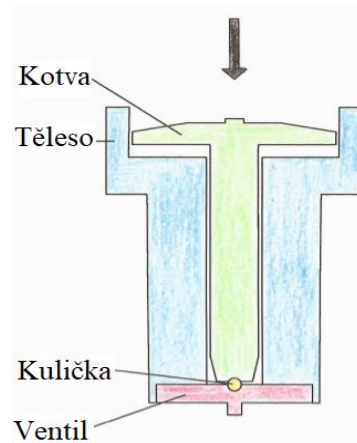


Obr. 23 Externí lisování



Obr. 24 Detail externího lisování

Interní lisování - proces lisování se provádí, když je kotva v tělese a těleso obsahuje už zapertlovaný ventil s ocelovou kuličkou. Pomocí elektromechanického lisu se zatlačí kotva na ocelovou kuličku, která vytváří otlak na kotvě. Nevýhodou tohoto typu lisování je velký rozptyl excentricity mezi sedlem ventilu a otlakem na kotvě.



Obr. 25 Interní lisování

2.2 Testovací porovnání

Cílem této analýzy je získat představu o tom, jestli mechanický doraz má smysl dále používat.

Analýza porovnává tlak P1 (bod P1), hloubku, průměr a excentricitu důlku na čele kotvy. Porovnání je provedeno mezi vyráběnými typy ventilů, tzn. mezi lepenými a pertlovanými. Z toho vyplývá, že se budou porovnávat výsledky získané externím a interním lisováním důlku. Zkušební tlak P1 slouží k ověření funkčnosti ventilu při konstantním proudu a průtoku.

Úkolem ventilku je držet stanovený tlak v systému. Generace jsou si podobné, jediný rozdíl se nalezne na předlisu kotvy. Z tohoto důvodu se porovná pertlovaný typ 394 s lepenými typy 886 a 754 a to na tlak P1. Pro analýzu jsou použity dva lepené typy (886 a 754), protože typ 886 má rozdílnou toleranci než ostatní lepené typy, které mají stejnou toleranci.

První test spočívá v porovnání tlaku P1 mezi všemi vybranými typy PCV (394, 754, 886) na funkčních stanicích. Funkční stanice mají za úkol ověřit, jestli každé smontované PCV splňuje správně své funkce. Zkouší se na těchto stanicích dosahovaný tlak, průtok, proplach a další vlastnosti. Z těchto výsledků se získá směrodatná odchylka a hodnoty tlaku P1. Hodnoty tlaku P1 porovnají s přípustnou tolerancí tlaku u jednotlivých typů PCV.

2.2.1 Porovnání rozptylu funkčních hodnot (bod P1)

V této analýze se porovnávají kusy s interním a externím otlakem. Pro určení směrodatné odchylky bylo porovnáváno 500 kusů typu 3-25 a 500 kusů typu 3-25 BP vybraných ze sériových kusů. Zjištěné směrodatné odchylky pro kontrolované generace jsou uvedeny v Tab. 2. Z této analýzy lze vidět, že rozdíl je minimální.

Tab. 2 Směrodatná odchylka pro sériovou výrobu generací.

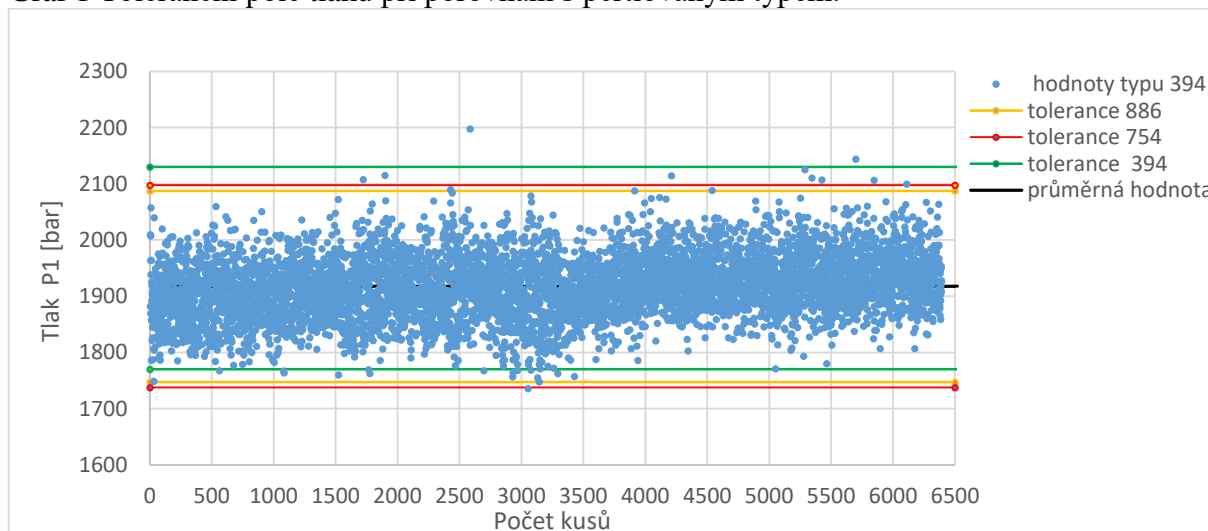
| generace | typ lisování | směrodatná odchylka [bar] |
|----------|--------------|---------------------------|
| 3-25 | interní | 48,67602886 |
| 3-25 BP | externí | 44,6240943 |

Další analýza na dodržení tolerance tlaku byla provedena z vyrobených kusů z 5ti různých směn. Bylo vyrobeno a otestováno 6390 kusů typu 394. V dalším testu se u typu PCV 394 lisovalo bez mechanického dorazu, což umožnilo získané výsledky kontrolního tlaku P1 srovnávat s typy PCV 754 a 886. Ze vzorků se získala průměrná hodnota P1=1917,68 bar a na tuto hodnotu se dá tolerance pro typy 754 a 886. Z těchto hodnot se získalo počet neshodných kusů a procentuálně je vyjádřit. Dále bude porovnány jednu směnu typu 886 a typu 754, ze kterých se vypočítá procentuální vyjádření neshodnosti kusů viz Tab. 4 a Tab. 5.

Tab. 3 Jmenovité hodnoty tlaku pro pertlovaný a lepený typ.

| typ | jmenovitá hodnota [bar] |
|-----|-------------------------|
| 394 | 1950 |
| 754 | 1960 |
| 886 | 1910 |

Graf 1 Toleranční pole tlaku při porovnání s pertlovaným typem.



Tab. 4 Počet neshodných kusů pro pertlovaný typ s tolerancemi lepeného typu.

| typ | neshodné kusy | procentuální vyjádření neshodných kusů [%] |
|-----|---------------|--|
| 886 | 14 | 0,219 |
| 754 | 10 | 0,156 |
| 394 | 30 | 0,469 |

Tab. 5 Počet neshodných kusů pro lepený typ

| typ | neshodné kusy | procentuální vyjádření neshodných kusů [%] |
|-----|---------------|--|
| 886 | 9 | 0,158 |
| 754 | 13 | 0,286 |

Z této analýzy vyplývá to, že hodnoty na funkční bod P1 byly lepší pro lepený typ než pro pertlovaný typ v ohledu na počet neshodných kusů a směrodatnou odchylku viz Tab. 2, Tab. 4 a Tab. 5. Typ 394 s interním otlakem má větší rozptyl a proto by nebylo výhodné měnit nástroj za nástroj bez mechanického dorazu. Tyto výsledky jsou způsobené dalšími rozdíly designu těchto generací a nejsou prokazatelné, proto se udělá detailnější analýza na hloubku otlaku kotvy.

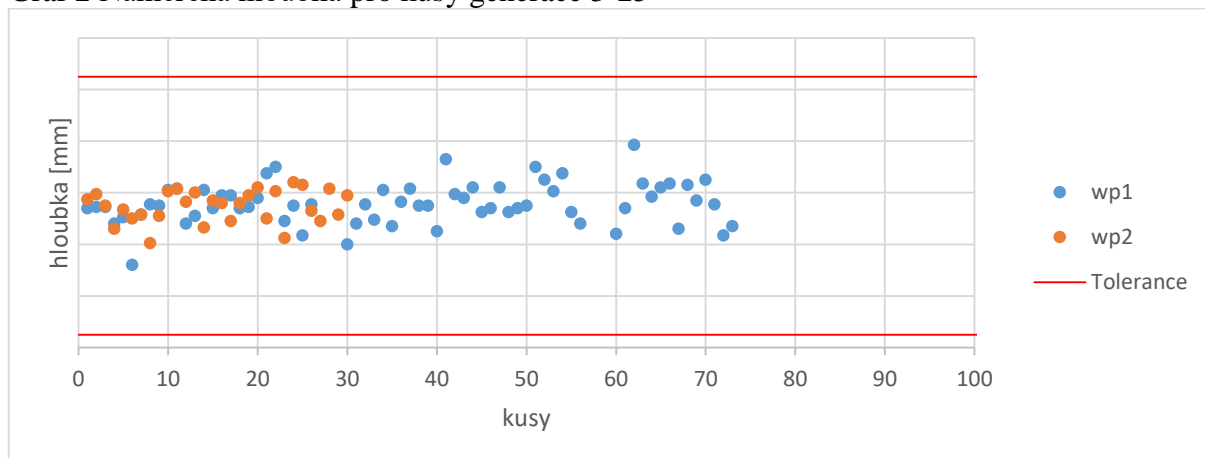
2.2.2 Detailnější analýza hloubek otlaku a porovnání interního s externím lisováním

Test se provedl z měření otlaku na kotvě pro dva přípravky nalisování kotev pro generaci 3-25 (WP1 a WP2) a pro tři přípravky na lisování kotev pro generaci 3-25BP (WP1, WP2 a WP3) v rozmezí dvou měsíců. Pro generaci 3-25 je 103 hodnot rozděleno tak, že na přípravku WP1 se vyrobilo a otestovalo 73 vlisů a na přípravku WP2 se provedlo a otestovalo 30 vlisů. Pro generaci 3-25BP je 1800 hodnot rozděleno mezi jednotlivé přípravky takto. Na přípravku WP1 se vyrobilo a otestovalo 627 vlisů, na přípravku WP2 se vyrobilo a otestovalo 561 vlisů a WP3 se vyrobilo a otestovalo 612 vlisů. Rozdíl mezi generacemi je způsoben častější výrobou typu 3-25BP a rozdíl rozptylu hloubek otlaku mezi pozicemi je způsoben vypínáním pozice při nižší výrobě či poruše stanice. Požadované jmenovité hodnoty základních parametrů vyráběných vlisů jsou pro dané generace uvedeny v Tab. 6. Tolerance jsou v rádech mikrometrů. Rozdíly mezi generacemi jsou ukázány v Grafech 2 a 3 a výsledné hodnoty směrodatných odchylek v Tab. 7. U grafu 2 a grafu 3 jsou na svislé ose naměřená hloubka a na vodorovné ose počet kusů provedených pro test.

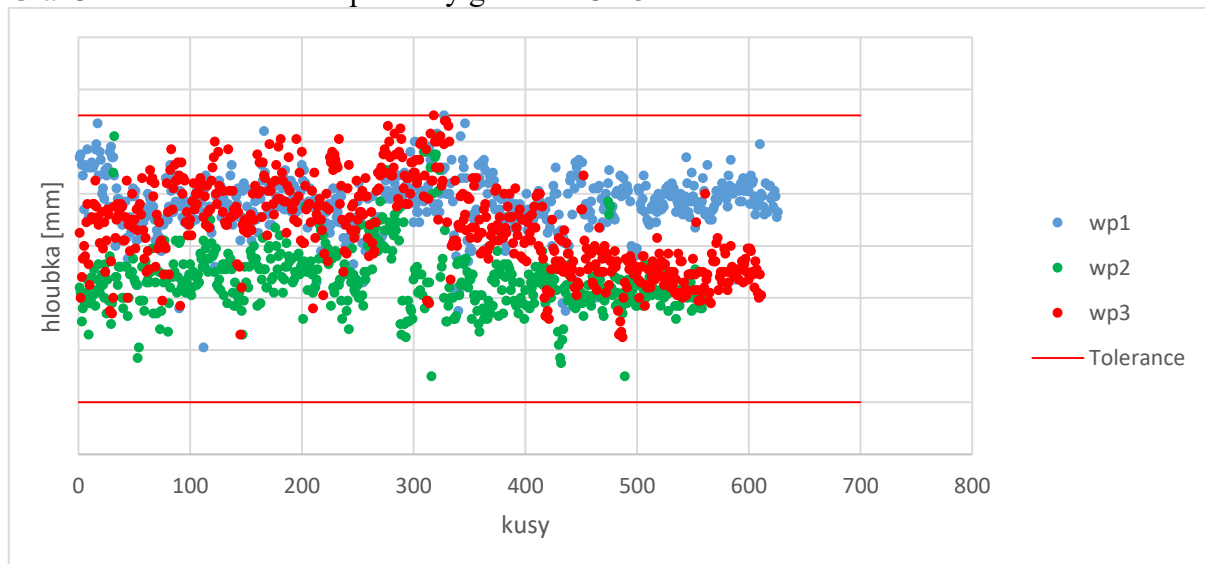
Tab. 6 Jmenovité hodnoty otlaku kotvy.

| | jmenovitá hodnota pro typ 3-25 | jmenovitá hodnota pro typ 3-25 BP |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Hloubka [mm] | 0,065 | 0,061 |
| Průměr [mm] | 1,3 | 1,3 |
| Excentricita [mm] | 0 | 0 |

Graf 2 Naměřená hloubka pro kusy generace 3-25



Graf 3 Naměřená hloubka pro kusy generace 3-25 BP



Tab. 7 Porovnání hloubek jednotlivých pozicí mezi generacemi.

| 3-25 | směrodatná odchylka hloubky [mm] | Maximální hodnota hloubky [mm] | Minimální hodnota hloubky [mm] | rozptyl hloubky [mm] |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| WP1 | 0,00160 | 0,0697 | 0,0604 | 0,0093 |
| WP2 | 0,00124 | 0,0668 | 0,0621 | 0,0047 |
| 3-25 BP | | | | |
| WP1 | 0,00111 | 0,0670 | 0,0581 | 0,0089 |
| WP2 | 0,00122 | 0,0662 | 0,057 | 0,0092 |
| WP3 | 0,00171 | 0,0670 | 0,0585 | 0,0085 |

Z této analýzy lze vidět, že rozdíl mezi generacemi je minimální.

Externí orážení kotev má menší rozptyl hloubek než interní orážení, ale protože se používá více nástrojů získá se větší celkový rozptyl. Změnou nástroje, kde už nebude mechanický doraz se získá menší rozptyl, protože rozptyl hloubek už nebude ovlivněn více nástroji. Proces pojede na přesnou dráhu či sílu.

2.2.3 Shrnutí analýzy hloubek otlaku a funkčního bodu P1

Z analýz vyplývá, že rozdíl mezi generacemi 3-25 a 3-25BP je minimální na hloubku otlaku a na požadovaný funkční bod tlak P1 a z těchto důvodů lze zkusit upravit nástroj pro externí lisování tím, že se odebere mechanický doraz a bude se lisovat buď na dráhu či na sílu.

2.3 Porovnání síly a hloubky [16], [17], [18]

Další krok je zjištění, zda jít cestou, kde se bude lisovat na dráhu či na sílu. Pomocí řídicích programů stroje na lisu se nechalo orazit lisem 14 kotev na aktuální sílu 1,15 kN a 13 kotev na aktuální dráhu 12 mm. Tyto kotvy jsou dodávány od dodavatele pro sériovou výrobu generace 3-25 BP a proces orážení byl externí. U těchto kotev byla změřena hloubka, průměr a excentricita otlaku a pro každý vzorek vygenerována pracovní křivka závislosti síly na dráze pohybu beranu lisu viz Grafy 4 a 5. Vzorky kotev lisované na danou sílu jsou značeny 1 až 14, kotvy lisované na dráhu 15 až 27. Změřené hodnoty hloubky, průměru a excentricity jsou uvedeny v Tab. 8 a Tab. 9.

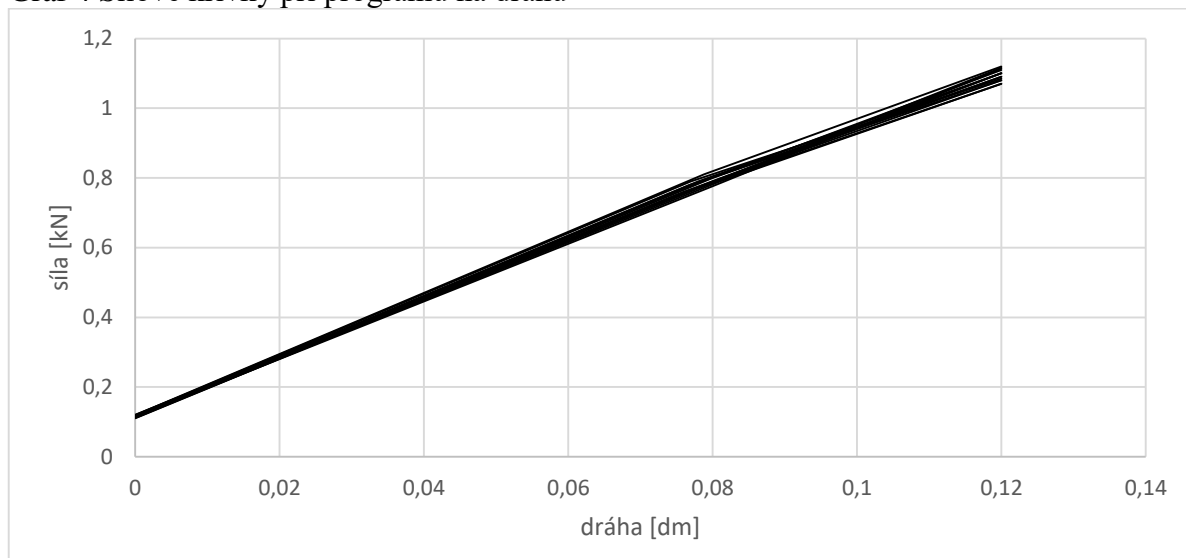
Tab. 8 Hodnoty změřené při programu na sílu.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|---------------|-------------|-------------------|
| 1 | 0,0551 | 1,2898 | 0,0027 |
| 2 | 0,057 | 1,2933 | 0,0025 |
| 3 | 0,0575 | 1,2942 | 0,0021 |
| 4 | 0,0553 | 1,2903 | 0,0028 |
| 5 | 0,0566 | 1,2923 | 0,0050 |
| 6 | 0,0555 | 1,2905 | 0,0004 |
| 7 | 0,0572 | 1,2935 | 0,0007 |
| 8 | 0,0551 | 1,2897 | 0,0026 |
| 9 | 0,0555 | 1,2906 | 0,0028 |
| 10 | 0,0555 | 1,2905 | 0,0022 |
| 11 | 0,056 | 1,2913 | 0,0020 |
| 12 | 0,0536 | 1,2873 | 0,0017 |
| 13 | 0,0535 | 1,287 | 0,0020 |
| 14 | 0,0568 | 1,2928 | 0,0007 |

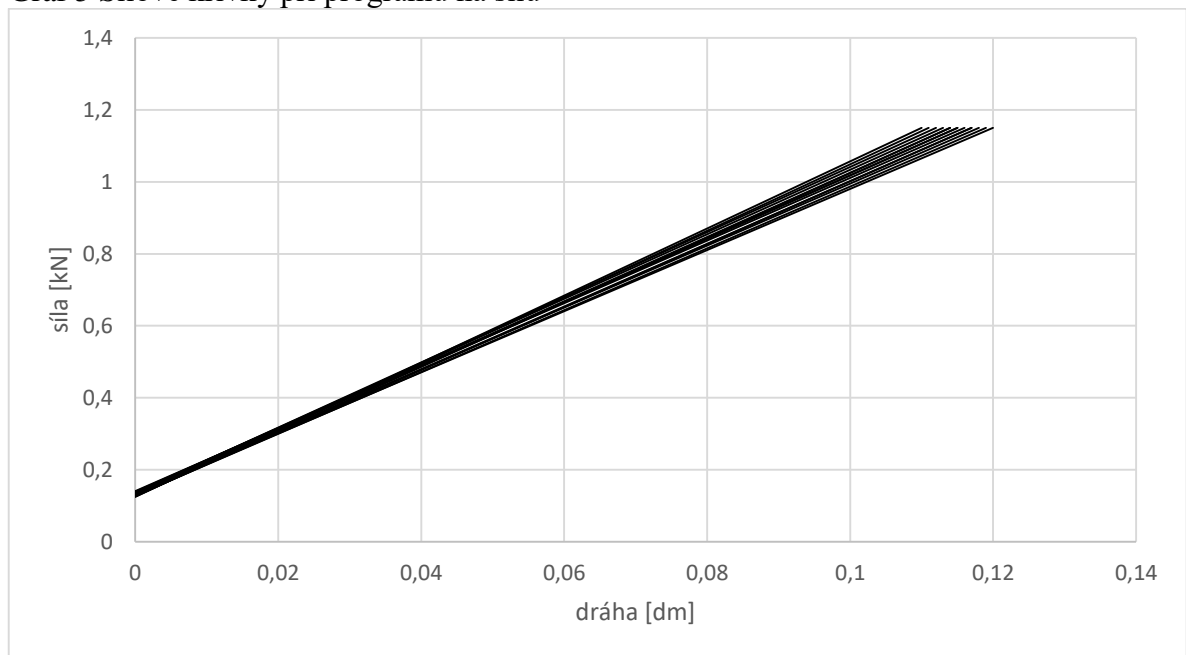
Tab. 9 Hodnoty změřené při programu na dráhu.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|---------------|-------------|-------------------|
| 15 | 0,0556 | 1,2907 | 0,0052 |
| 16 | 0,0563 | 1,2919 | 0,0022 |
| 17 | 0,0552 | 1,2902 | 0,0012 |
| 18 | 0,0566 | 1,2925 | 0,0022 |
| 19 | 0,0572 | 1,2936 | 0,0014 |
| 20 | 0,0565 | 1,2922 | 0,0020 |
| 21 | 0,0555 | 1,2906 | 0,0021 |
| 22 | 0,0549 | 1,2895 | 0,0016 |
| 23 | 0,055 | 1,2897 | 0,0016 |
| 24 | 0,0556 | 1,2908 | 0,0021 |
| 25 | 0,0561 | 1,2917 | 0,0007 |
| 26 | 0,0541 | 1,288 | 0,0009 |
| 27 | 0,056 | 1,2914 | 0,0019 |

Graf 4 Silové křivky při programu na dráhu



Graf 5 Silové křivky při programu na sílu



Program, který pracoval na dráhu, dosahoval výsledné síly v rozmezí 1,07-1,13 kN a program na sílu dosahoval výsledné dráhy v rozmezí 11-12 mm. Výsledky na otlak u obou variant mají dva kusy mimo toleranci u hloubky otlaku (zvýrazněné v Tab. 8 a 9), ale u programu na sílu se víc hodnot blíží k jmenovité hodnotě než u programu na dráhu. Z tohoto důvodu a ze zkušeností a doporučení kolegů a experta na lisování bude další testování prováděno na sílu, jelikož je jednodušší řízení procesu lisování, kde se nemusí brát v úvahu tuhost soustavy.

3 NÁVRH NOVÉHO NÁSTROJE [13], [14], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25]

Firma vyrábí tento nástroj tak, že vytvoří víko na kuličku s přesahem. Následně zalisují kuličku s víkem a mírně obrousí. Po obroušení orazí 10 kotev. U oražených kotev se změří hloubka vlisu. Pokud není dosažena přesná hodnota hloubky přesahu viz obr. 27 (přesah se změří od čela víka na kuličku až po vrchol kuličky), vylisuje se přípravek z nástroje a víko znovu zbrousí. Tento postup pokračuje, dokud se nevytvoří přesný přesah. Návrh nového nástroje se liší ubráním čela víka kuličky o 0,125 mm. Dále se neuvažuje čep a zkrátí se kolík, vedení kolíku a tělo nástroje o 3 mm a příruba se rozšíří o 3 mm. Tímto se dostane ideální rozměr pro kotvu a vytvoří se tak i lisování bez mechanického dorazu, viz obr. 25 a obr. 26. Touto úpravou se získá jednodušší a levnější nástroj, kvůli výrobě víka na určitou hodnotu bez přesahu (vytvoří se tzv. volná míra), kde se nebude muset na několikrát brousit víko na kuličku. Víko na kuličku už nevytváří mechanický doraz. Pro ověření tohoto nástroje se provedou testy k zjištění optimální síly a následně se udělá finální test s limitními kotvami. Limitní kotvy mají přesně danou tvrdost, a to 440 HV a 520 HV.



Obr. 26 Nový nástroj pro externí lisování Obr. 27 Detail nového nástroje pro externí lisování

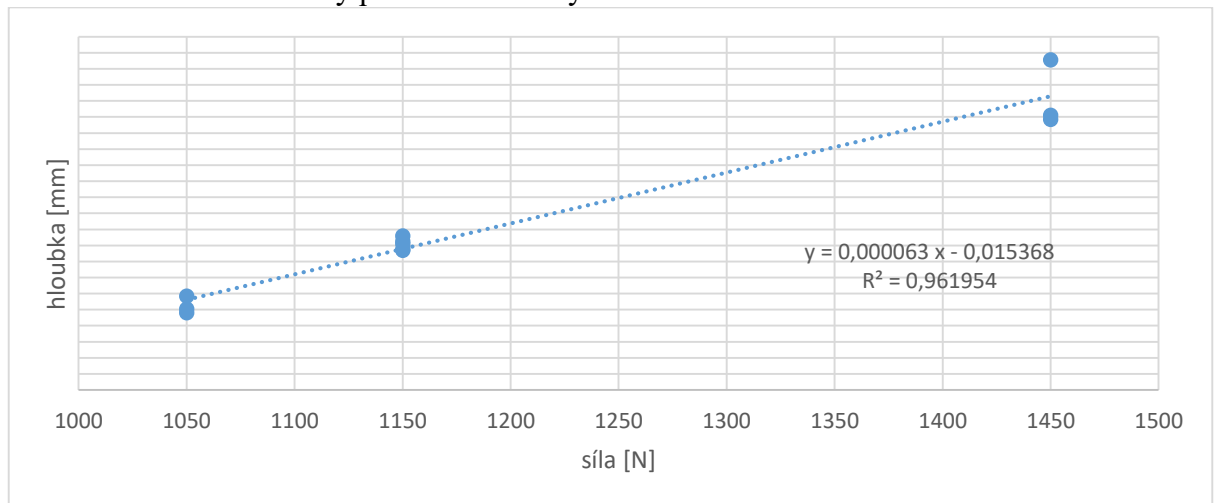
3.1 Analýza optimální síly [20], [22], [23], [24],

Pro nalezení optimální síly na vylisování vlisu přesných hodnot se provede test z kotev od dodavatele pro sériovou výrobu generace 3-25 BP na novém nástroji pro externí orážení. Bylo oráženo 5 kotev na aktuální sílu 1,15 kN a další 3 kotvy na sílu 1,05 kN a další tři na sílu 1,45 kN. U zhotovených vlisů byla změřena hloubka, rádius a excentricita. Naměřené hodnoty pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v tab. 10. U grafu 6 je na svislé ose naměřená hloubka vlisu a na vodorovné ose je použítá síla. Tyto body se proloží křivkou. Z křivky se získá rovnice, která vygeneruje rovnici pro optimální sílu (3.1).

Tab. 10 Naměřené hloubky, průměry a excentricity pro určité síly.

| kusy oražené silou [N] | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|------------------------|--------------|-------------|-------------------|
| 1150 | 0,0582 | 1,2952 | 0,00775 |
| 1150 | 0,0585 | 1,2957 | 0,00723 |
| 1150 | 0,0592 | 1,2969 | 0,00522 |
| 1150 | 0,0574 | 1,2937 | 0,00480 |
| 1150 | 0,0575 | 1,2936 | 0,00462 |
| | | | |
| 1050 | 0,0517 | 1,2831 | 0,00431 |
| 1050 | 0,0501 | 1,2804 | 0,00446 |
| 1050 | 0,0496 | 1,2795 | 0,00452 |
| | | | |
| 1450 | 0,0742 | 1,3247 | 0,00255 |
| 1450 | 0,0811 | 1,3372 | 0,00374 |
| 1450 | 0,0737 | 1,3239 | 0,00206 |

Graf. 6 Naměřené hloubky pro dané hodnoty sil



V grafickém znázornění se provede lineární aproximace a tím se získá rovnice pro ideální sílu lisování jmenovitého otlaku hloubky 0,061. Z této rovnice (3.1) je pak vyjádřena optimální síla. Výsledná síla je 1204,259 N.

$$x = \frac{y+0,0153680271}{0,00006341497} \quad (3.1)$$

$$x = \frac{0,061+0,0153680271}{0,00006341497} = 1204,259 \text{ N}$$

kde: x - požadovaná síla
y -jmenovitá hloubka otlaku

3.1.1 Test s optimální silou

Prostřednictvím nového nástroje bylo provedeno oražení 15ti limitních kotev s tvrdostí 440 HV, 15ti limitních kotev s tvrdostí 520 HV a 20 kotev ze sériové výroby pro generaci 3-25 BP od dodavatele. Tyto kotvy by měly mít nominální tvrdost 480 HV. Z těchto 20 kotev bylo proměřeno 5 kotev na tvrdost, aby se získala průměrnou tvrdost dodávaného produktu. Zbýlých 15 kotev bylo oraženo. Každá sada vzorku dané tvrdosti byla oražena po pěti kusech vždy jinou lisovací silou. Označení vzorků a příslušná použitá lisovací síla je uvedena v tabulce 12. Tabulka 13 udává přehled označení vzorku A-B-C s odpovídající tvrdostí materiálu. Výsledky změřených tvrdostí jsou v tab. 11. Výsledné hodnoty z tohoto testu jsou v Tab. 14 až 16 a znázorněné v grafech 7 až 12. V grafech na svislé ose jsou naměřené hodnoty. Na vodorovné ose je pořadí kusů. Grafy jsou rozděleny do tří oblastí, buď dle tvrdosti materiálu, nebo dle lisovací síly. Pro oražení byly použity síly 1,11 kN a 1,2 kN a 1,29 kN.

Tab. 11 Hodnoty tvrdostí sériových kusů.

| Kus | Tvrdost [HV] |
|-----|--------------|
| 1 | 468 |
| 2 | 476 |
| 3 | 475 |
| 4 | 468 |
| 5 | 478 |

Průměrná hodnota tvrdosti kotev od dodavatele je 473 HV. S touto hodnotou bude dále u sériových kusů uvažováno.

Tab. 12 Přehledová tabulka označení testovacích kusů na sílu.

| Číslo kusů | použitá síla [kN] |
|------------|-------------------|
| 1-5 | 1,11 |
| 6-10 | 1,2 |
| 11-15 | 1,29 |

Tab. 13 Přehledová tabulka označení testovacích kusů na tvrdost.

| označení | Tvrdost [HV] |
|----------|--------------|
| A | 477,2 |
| B | 440 |
| C | 520 |

Tab. 14 Test kotev pro sériovou výrobu s průměrnou tvrdostí 473 HV.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|--------------|-------------|-------------------|
| 1A | 0,0525 | 1,2848 | 0,0060 |
| 2A | 0,0539 | 1,2872 | 0,0033 |
| 3A | 0,0534 | 1,2864 | 0,0014 |
| 4A | 0,0519 | 1,2839 | 0,0013 |
| 5A | 0,0539 | 1,2873 | 0,0048 |
| 6A | 0,0589 | 1,2965 | 0,0038 |
| 7A | 0,0582 | 1,2951 | 0,0040 |
| 8A | 0,0592 | 1,2971 | 0,0011 |
| 9A | 0,0577 | 1,2944 | 0,0022 |
| 10A | 0,0582 | 1,2951 | 0,0049 |
| 11A | 0,0635 | 1,3051 | 0,0043 |
| 12A | 0,063 | 1,3041 | 0,0021 |
| 13A | 0,0641 | 1,306 | 0,0041 |
| 14A | 0,0641 | 1,306 | 0,0053 |
| 15A | 0,0641 | 1,306 | 0,0051 |

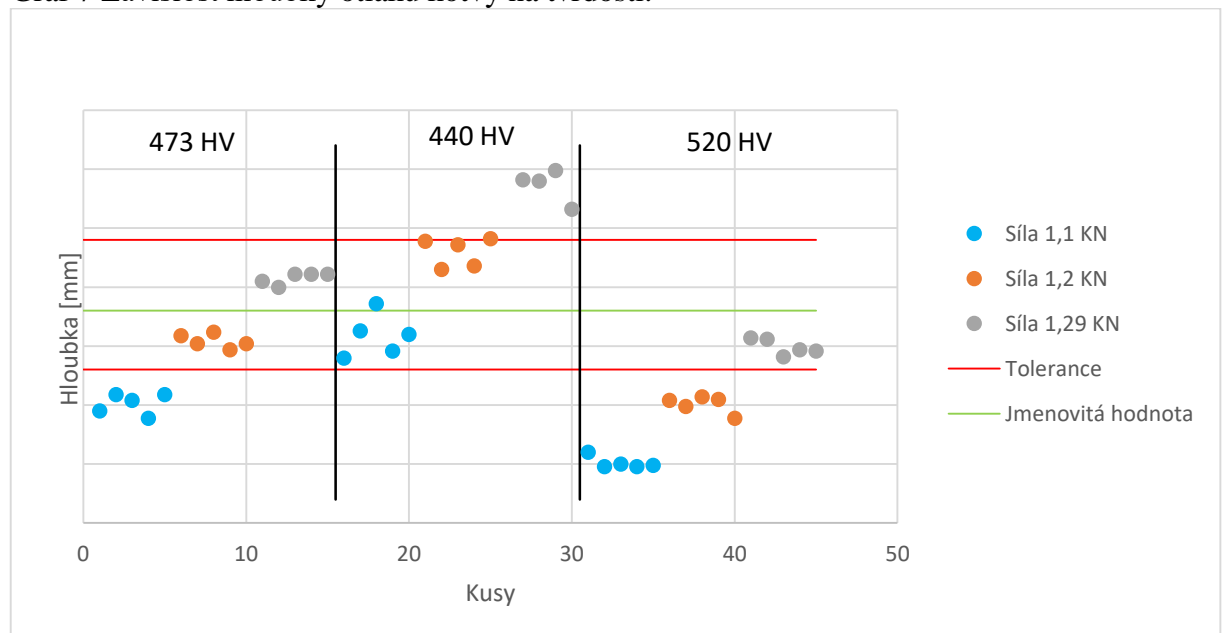
Tab. 15 Test limitních kotev s tvrdostí 440 HV.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|--------------|-------------|-------------------|
| 1B | 0,057 | 1,2927 | 0,0036 |
| 2B | 0,0593 | 1,2969 | 0,0056 |
| 3B | 0,0616 | 1,3011 | 0,0042 |
| 4B | 0,0576 | 1,2939 | 0,0051 |
| 5B | 0,059 | 1,2961 | 0,0058 |
| 6B | 0,0669 | 1,3109 | 0,0065 |
| 7B | 0,0645 | 1,3065 | 0,0042 |
| 8B | 0,0666 | 1,3103 | 0,0031 |
| 9B | 0,0648 | 1,3072 | 0,0034 |
| 10B | 0,0671 | 1,311 | 0,0019 |
| 11B | 0,037 | 1,2425 | 0,0095 |
| 12B | 0,0721 | 1,3207 | 0,0040 |
| 13B | 0,072 | 1,3202 | 0,0046 |
| 14B | 0,0729 | 1,3217 | 0,0048 |
| 15B | 0,0696 | 1,3159 | 0,0019 |

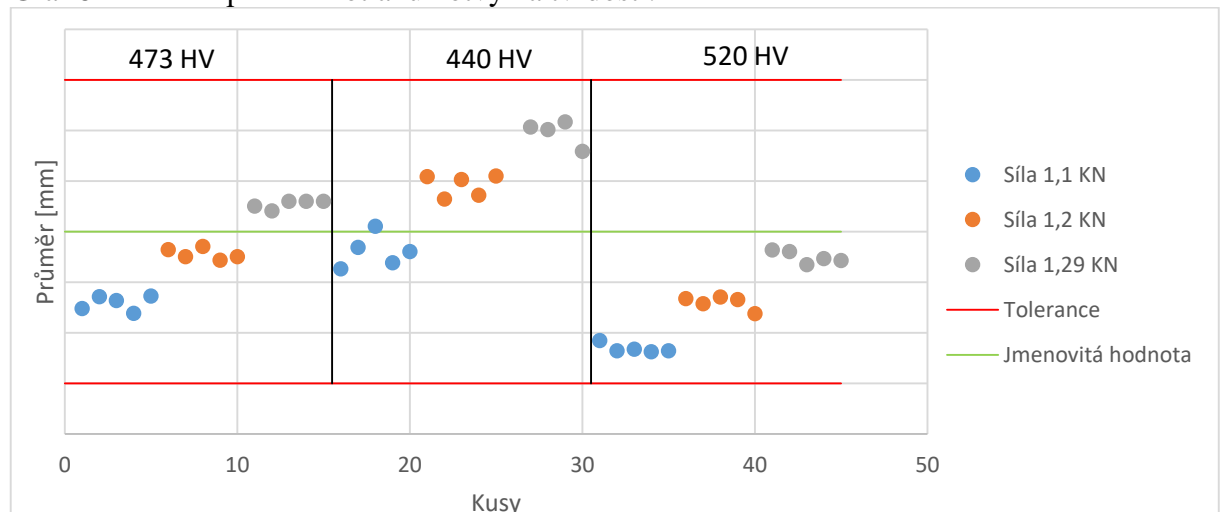
Tab. 16 Test limitních kotev s tvrdostí 520 HV.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|--------------|-------------|-------------------|
| 1C | 0,049 | 1,2785 | 0,0024 |
| 2C | 0,0478 | 1,2765 | 0,0033 |
| 3C | 0,048 | 1,2768 | 0,0012 |
| 4C | 0,0478 | 1,2763 | 0,0028 |
| 5C | 0,0479 | 1,2765 | 0,0047 |
| 6C | 0,0534 | 1,2868 | 0,0051 |
| 7C | 0,0529 | 1,2858 | 0,0013 |
| 8C | 0,0537 | 1,2871 | 0,0036 |
| 9C | 0,0535 | 1,2866 | 0,0031 |
| 10C | 0,0519 | 1,2838 | 0,0015 |
| 11C | 0,0587 | 1,2964 | 0,0042 |
| 12C | 0,0586 | 1,2961 | 0,0047 |
| 13C | 0,0571 | 1,2935 | 0,0066 |
| 14C | 0,0577 | 1,2947 | 0,0031 |
| 15C | 0,0576 | 1,2943 | 0,0050 |

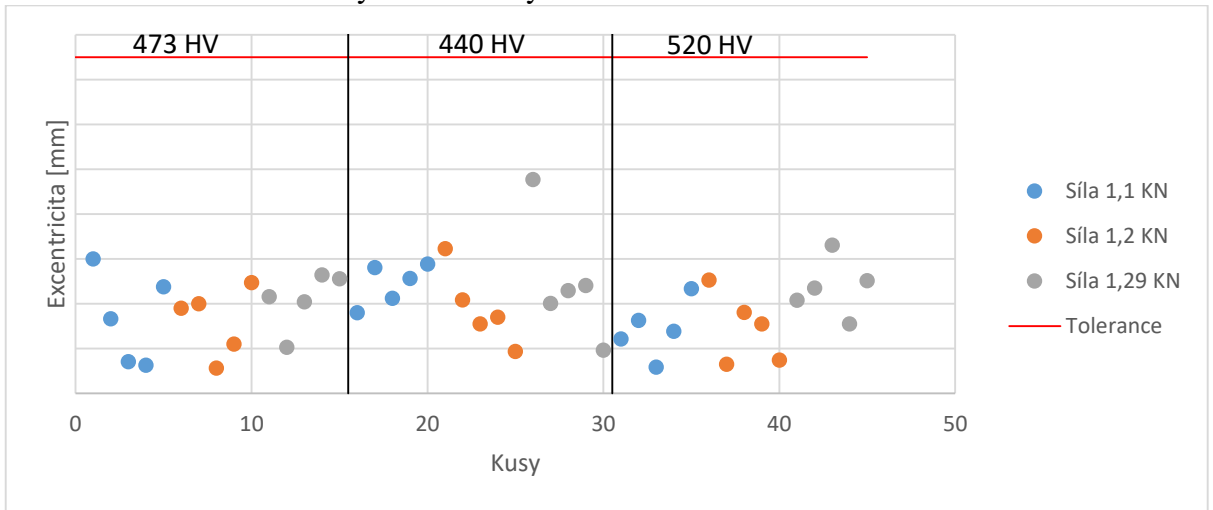
Graf 7 Závislost hloubky otlaku kotvy na tvrdosti.



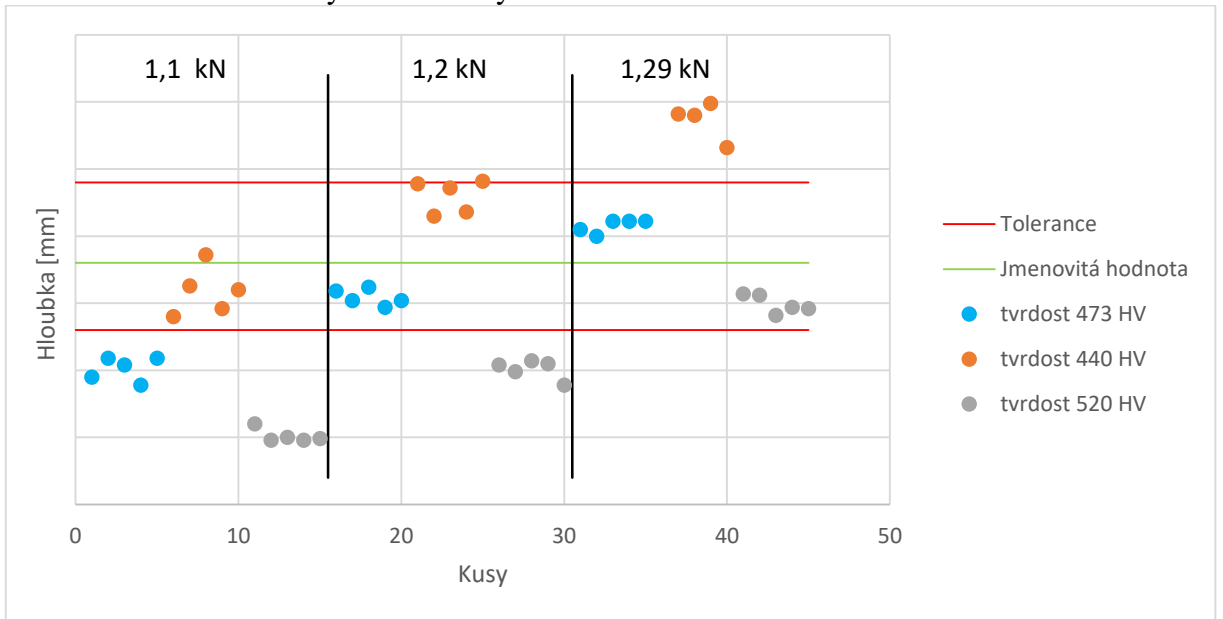
Graf 8 Závislost průměru otlaku kotvy na tvrdosti.



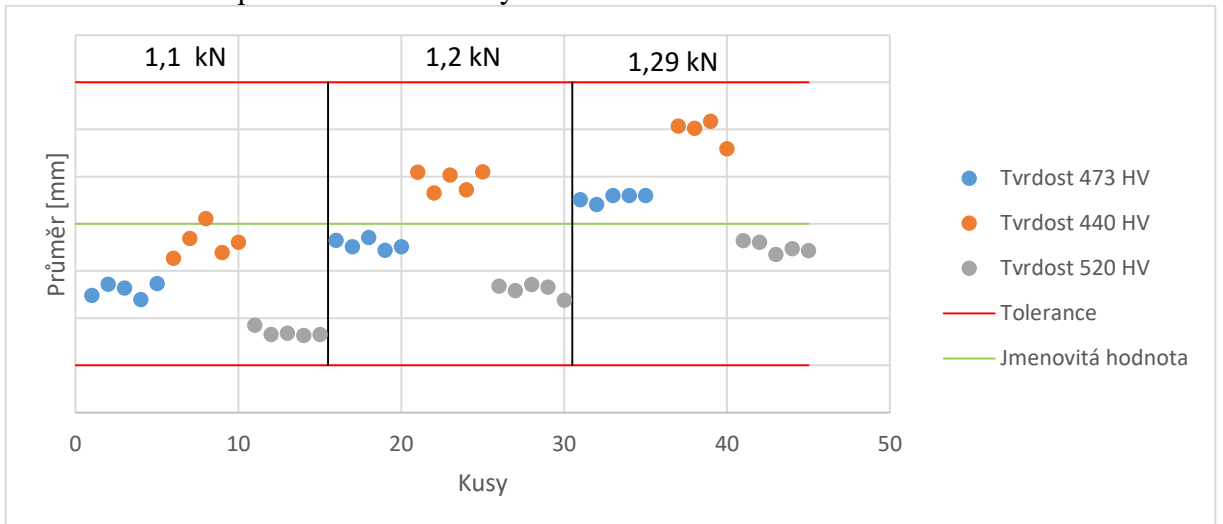
Graf 9 Závislost excentricity otlaku kotvy na tvrdosti.



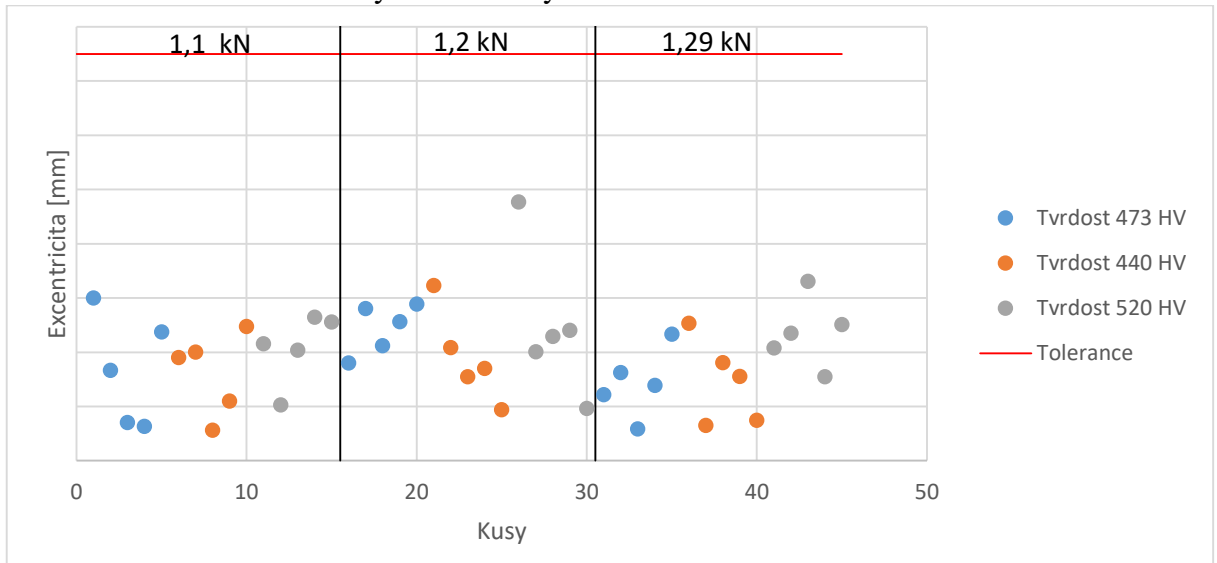
Graf 10 Závislost hloubky otlaku kotvy na síle.



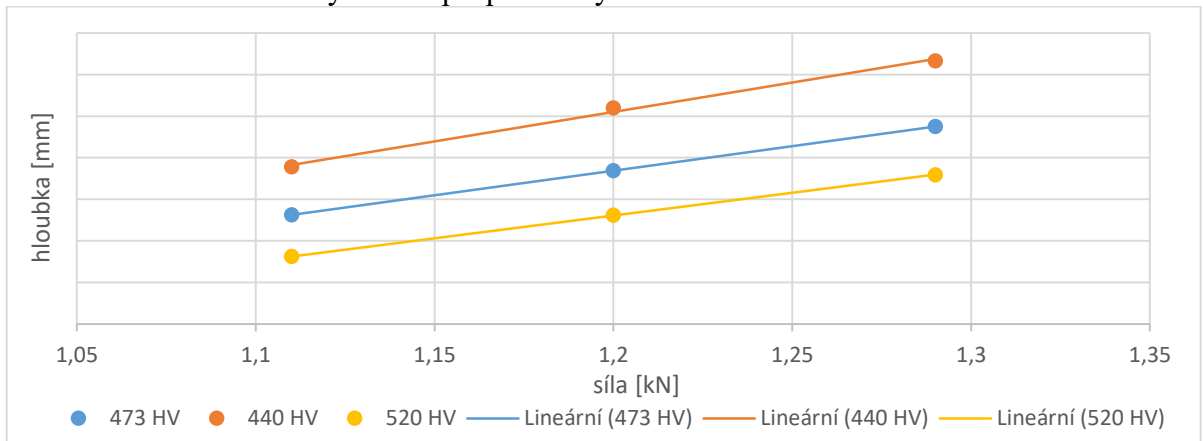
Graf 11 Závislost průměru otlaku kotvy na síle.



Graf 12 Závislost excentricity otlaku kotvy na síle.



Graf 13 Závislost hloubky na síle při průměrných hodnotách hloubek.



Graf 13 je tvořen z průměrné hodnoty 5 hloubek pro danou sílu a tvrdost. Tento graf ukazuje lineární závislost mezi různými tvrdostmi kotev.

Test se provedl s kusy pro sériovou výrobu, jejich průměrná tvrdost byla 473 HV. Vzhledem k tomu, že udávaná nominální tvrdost byla 480 HV, byl proveden kontrolní test pro získání skutečné hodnoty finální síly. Tato síla se získá aproximací hraničních bodů průměrných hodnot hloubek pro tvrdost 520 HV a tvrdost 440 HV. Z těchto bodů si vygeneruje křivka. Z křivky se vygeneruje rovnice (3.2), pomocí které se získá finální síla. Výsledná síla je 1204,259 N.

$$x = \frac{y+0,0161}{0,0628} \quad (3.2)$$

$$x = \frac{0,061+0,0161}{0,00628} = 1227,7N$$

kde: x - požadovaná síla
y - jmenovitá hloubka otlaku

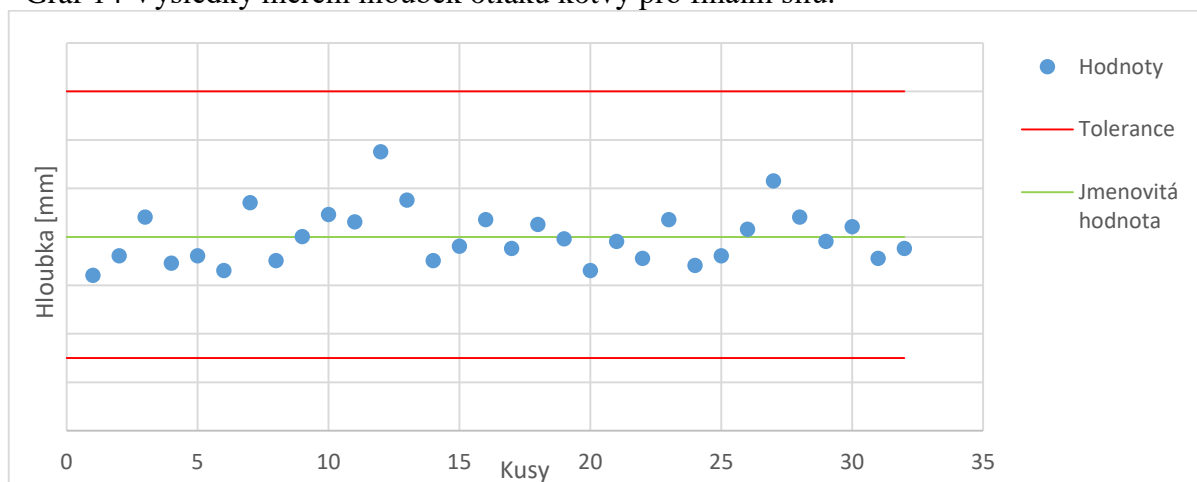
3.1.2 Test s finální silou pro upravený nástroj

Test se provedl s 32 kotvami pro sériovou výrobu generace 3-25 BP na novém nástroji na program se silou 1,23 kN. Tato síla byla vypočítána z předešlé části jako finální síla. U zhotovených otlaků (vlisů) byl změřen průměr, hloubka a excentricita. Výsledky měření jsou v tab. 17 a znázorněné v grafech 14 až 16.

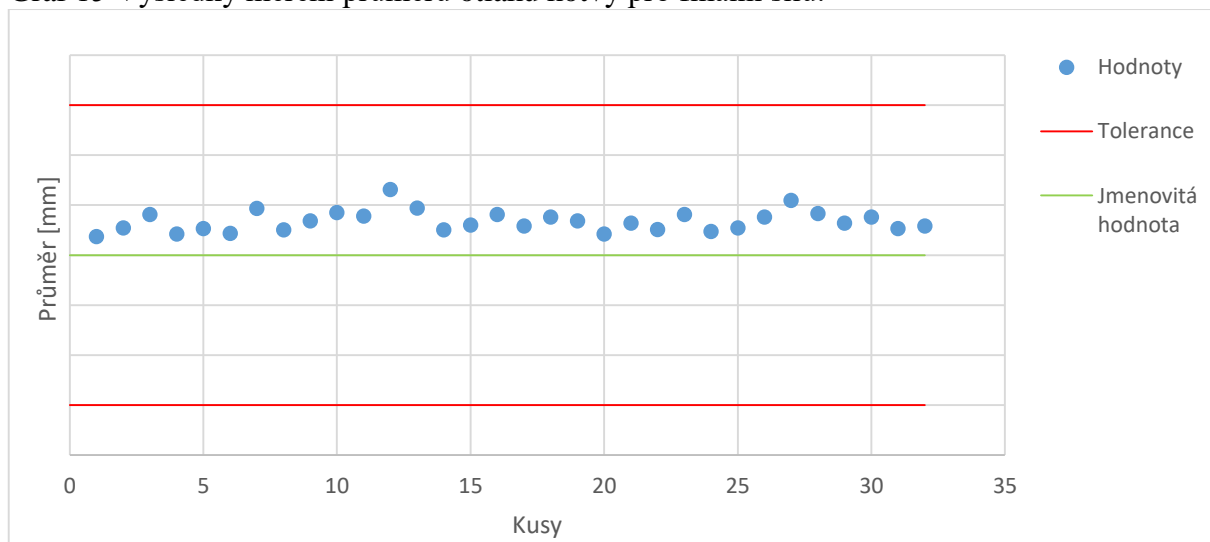
Tab. 17 Výsledky měření s finální silou.

| kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] | kus | Hloubka [mm] | Průměr [mm] | Excentricita [mm] |
|-----|--------------|-------------|-------------------|-----|--------------|-------------|-------------------|
| 1 | 0,0594 | 1,3037 | 0,0029 | 17 | 0,0605 | 1,3058 | 0,0067 |
| 2 | 0,0602 | 1,3054 | 0,0018 | 18 | 0,0615 | 1,3076 | 0,0033 |
| 3 | 0,0618 | 1,3081 | 0,0045 | 19 | 0,0609 | 1,3068 | 0,0040 |
| 4 | 0,0599 | 1,3042 | 0,0047 | 20 | 0,0596 | 1,3042 | 0,0024 |
| 5 | 0,0602 | 1,3053 | 0,0037 | 21 | 0,0608 | 1,3064 | 0,0020 |
| 6 | 0,0596 | 1,3043 | 0,0043 | 22 | 0,0601 | 1,3051 | 0,0044 |
| 7 | 0,0624 | 1,3093 | 0,0020 | 23 | 0,0617 | 1,3081 | 0,0039 |
| 8 | 0,0600 | 1,3050 | 0,0042 | 24 | 0,0598 | 1,3047 | 0,0026 |
| 9 | 0,0610 | 1,3068 | 0,0052 | 25 | 0,0602 | 1,3054 | 0,0036 |
| 10 | 0,0619 | 1,3085 | 0,0034 | 26 | 0,0613 | 1,3076 | 0,0036 |
| 11 | 0,0616 | 1,3078 | 0,0060 | 27 | 0,0633 | 1,3109 | 0,0049 |
| 12 | 0,0645 | 1,3131 | 0,0011 | 28 | 0,0618 | 1,3083 | 0,0031 |
| 13 | 0,0625 | 1,3094 | 0,0052 | 29 | 0,0608 | 1,3064 | 0,0036 |
| 14 | 0,0600 | 1,3050 | 0,0037 | 30 | 0,0614 | 1,3076 | 0,0038 |
| 15 | 0,0606 | 1,3060 | 0,0040 | 31 | 0,0601 | 1,3053 | 0,0031 |
| 16 | 0,0617 | 1,3081 | 0,0023 | 32 | 0,0605 | 1,3058 | 0,0009 |

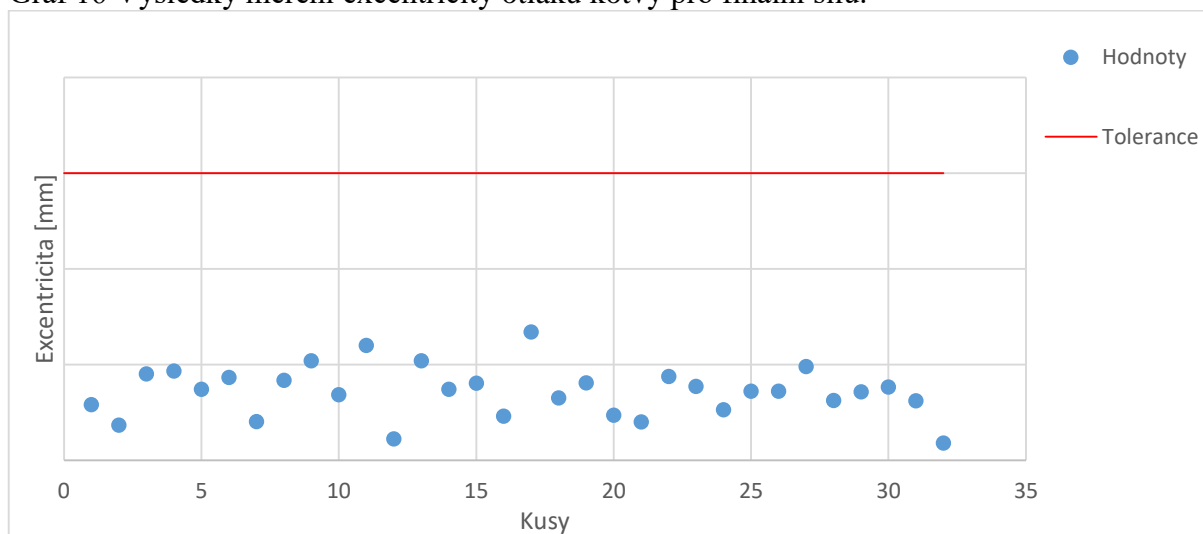
Graf 14 Výsledky měření hloubek otlaku kotvy pro finální sílu.



Graf 15 Výsledky měření průměru otlaku kotvy pro finální sílu.



Graf 16 Výsledky měření excentricity otlaku kotvy pro finální sílu.



3.2 Vyhodnocení upraveného nástroje [25]

Dle získaných výsledků z testů lisování otlaků u kotev pomocí nově upraveného nástroje a za působení finální síly 1,23 kN bylo zjištěno, že nový nástroj je zcela srovnatelný se současným nástrojem z hlediska dosažených hodnot průměru a excentricity. Pro jednu šarži materiálu je rozptyl hloubek nového nástroje totožný jako pro rozptyl hloubek pro původní nástroj pro jednu šarži materiálu, ale může se stát, že dodavatel dodá kotvy s limitní tvrdostí a to způsobí, že hloubka už nebude v toleranci viz test s limitními kotvami. Dodavatel může dodávat kotvy v celém tolerančním poli tvrdosti. Je nutné zajistit, aby proces vyhovoval celému rozptylu tvrdosti, které může dodavatel dodat a zamezit výrobě neshodných kusů pro zákazníky. Z tohoto důvodu proces lisování na sílu není vhodný. Je nezbytné udělat další testy. Je doporučeno udělat testy lisování na dráhu. Při lisování na dráhu ze zkušeností z jiných procesů (např. lisování pro generaci 3-20) se očekává snížení rozptylu hloubek limitních kusů až o 50 %.

4 ZÁVĚRY

Zadáním této práce bylo objasnit proces lisování kotvy pro součástku PCV. Navrhnout zjednodušení pro současný nástroj. Toto zjednodušení má přinést zmenšení rozptylu hloubek na otlaku v kotvě a snížit výrobní cenu nástroje. Poslední částí bylo analyzovat současný nástroj a nový nástroj.

PCV se nachází v produktu vyráběné ve firmě Bosch Diesel s.r.o. Jihlava v Common Rail systém.

Práce se zaměřila na analýzu současného lisovacího nástroje. Dále bylo cílem zjednodušit nástroj. Navrhl se nový nástroj. Odstraněním mechanického dorazu se nástroj zjednodušil. Dalším bodem byla analýza.

Analýza se soustředila na základní rozdíl (porovnání) mezi pertlovaným a lepeným typem. Výsledky jsou popsány v těchto bodech:

- Porovnání tlaku zkušebního bodu P1. Rozdíl je minimální, jak ve směrodatné odchylce, tak i v počtu neshodných kusů.
- Porovnání na hloubku otlaku je minimální.
 - Z těchto výsledku lze vyhodnotit to, že změna na nástroji je možná.
- Hledání vhodnější varianty pro lisování (lisování na dráhu nebo na sílu). Z výsledků testu se ukázalo, že vliv na hloubku je malý. Z tohoto důvodu a doporučení kolegů se vybrala metoda lisování na sílu.
- Dalším bodem byl návrh úpravy dosavadního nástroje. Pomocí tohoto upraveného nástroje se udělaly testy.
- Následovalo hledání optimální síly pro lisování a z grafu se získala rovnice pro následovný výpočet síly.
- Vzhledem k testu s kusy pro sériovou výrobu dodávané dodavatelem se udělala analýza pro nominální tvrdost 480 HV, kde byla stanovena finální síla o velikosti 1227,7 N. Z testů s touto silou byly všechny výsledky v tolerancích.
- Dalším bodem pro vyhodnocení upraveného nástroje bylo porovnání testů s limitními kotvami o tvrdosti 440 HV a 520 HV a kotvami ze sériové výroby. Testy ukázaly nevýhodu tohoto upraveného nástroje pro limitní kotvy. U těchto kotev nevycházely hodnoty hloubky vlisu. U tohoto typu kotvy vycházely mimo toleranční pole.
- Z tohoto důvodu lze prohlásit, že upravený nástroj není vhodný pro lisování na sílu, ale může být vhodný na lisování na dráhu. Proces lisování na dráhu se používá pro starší generaci PCV 3-20.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KULL, H., Ulrich ADLER, Joachim KAISER, Berthold GAUDER a Ralf ISENBURG. *Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem CommonRail*. 1. Praha: Robert Bosch, 1999. Elektronické řízení vznětových motorů. ISBN 80-902585-6-5. ARCELOR
2. Vstřikovací systém CommonRail. *Vstřikovací systém CommonRail* [online]. Ústí nad orlicí, 2018 [cit. 2020-01-4]. Dostupné z: https://www.skola-auto.cz/wp-content/uploads/2018/03/Vstrikovaci_system_CommonRail.pdf
3. High-pressureraillforcommon-railssystem. *Bosch mobility solutions* [online]. Německo: Robert Bosch, 2020 [cit. 2020-01-5]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/common-rail-system-piezo/high-pressure-rail/>
4. BARTÁK, Pavel. *Závislost funkčních výpadků na měřícím systému montážních linek DRV2*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické Brno, Fakulta strojního inženýrství.
5. Vznětový motor. *Wikipedia* [online]. Česká republika, 2020 [cit. 2020-01-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzn%C4%9Btov%C3%BD_motor
6. MOTEJL, Vladimír. *Vstřikovací zařízení zážehových motorů: učební text pro učební obor 23-68-H/001 (24-19-2) automechanik*. 3., rozš. vyd. České Budějovice: Kopp, 2001. ISBN 80-7232-141-2.
7. KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN isbn80-010-1003-1.
8. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN isbn978-80-214-3425-7.
9. TSCHÄTSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes, machines, tools*. Berlin: Springer, c2006. ISBN isbn35-403-3216-2.
10. SOBOTKA, František. [Možnosti lisování] [zvukový záznam]. 10.1.2020. Archiv autora.
11. SOBOTKA, František. PCV external imprint tool [email]. 21.1.2020 [cit.2020-2-5].
12. PINKAS, Josef. Vývoj přípravků pro PCV3-25BP [email]. 13.2.2020 [cit.2020-2-13].
13. PINKAS, Josef. Vývoj přípravků pro PCV3-25BP [email]. 13.2.2020 [cit.2020-2-13].
14. SOBOTKA, František. [Analýza] [zvukový záznam]. 19.6.2020. Archiv autora.
15. PINKAS, Josef. Externí orážení [email]. 2.3.2020 [cit.2020-3-6].
16. PINKAS, Josef. Externí orážení na dráhu či sílu bez „Fblok“ [email]. 3.1.2020 [cit.2020-2-13].
17. PINKAS, Josef. Externí orážení na dráhu či sílu bez „Fblok“ [email]. 7.1.2020 [cit.2020-2-13].
18. PINKAS, Josef. Programy pro externí orážení [email]. 11.3.2020 [cit.2020-3-18].
19. SOBOTKA, František. Úprava nástroje pro externí orážení [email]. 3.2.2020 [cit.2020-2-15].

20. SOBOTKA, František. [Test s limitními kusy] [zvukový záznam]. 28.2.2020. Archiv autora.
21. SOBOTKA, František. Available data sprint with hardness limit sample [email]. 24.4.2020 [cit.2020-5-1].
22. SOBOTKA, František. [Práce s limitními kusy] [zvukový záznam]. 11.2.2020. Archiv autora.
23. SOBOTKA, František. [Optimální síla] [zvukový záznam]. 18.2.2020. Archiv autora.
24. KABÁTEK, Michal. Fe:Tvrдост kotvy [email]. 19.2.2020 [cit.2020-2-25].
25. SOBOTKA, František. [Vyhodnocení testů] [zvukový záznam]. 16.3.2020. Archiv autora.
26. Firemní literatura firmy Bosch Diesel s.r.o.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Označení | Legenda | Jednotka |
|----------|------------------------------------|----------|
| PCV | Tlakový regulační ventil | [-] |
| P1 | Zkušební bod funkční zkoušky | [-] |
| RLS | Vzdálenost talířku kotvy od tělesa | [-] |
| x | Požadovaná síla | [-] |
| y | Jmenovitá hloubka otlaku | [-] |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Schéma Common Rail [26] | 9 |
| Obr. 2 Tlakový regulační ventil [3] | 9 |
| Obr. 3 Common Rail systém [26] | 10 |
| Obr. 4 Rozdělení vysokotlaké a nízkotlaké části PCV [6] | 11 |
| Obr. 5 Princip funkce PCV [26] | 11 |
| Obr. 6 Sestav tlakového regulačního ventilu 3-25 [26] | 12 |
| Obr. 7 Těleso [26] | 12 |
| Obr. 8 Kotva [26] | 12 |
| Obr. 9 Elektromagnetická cívka [26] | 12 |
| Obr. 10 Uzavírací víko [26] | 12 |
| Obr. 11 Elektrické kontakty[26] | 13 |
| Obr. 12 Tlační pružina [26] | 13 |
| Obr. 13 Těsnicí kroužek [26] | 13 |
| Obr. 14 Těsnicí kulička[26] | 13 |
| Obr. 15 Pojistný šroub [26] | 13 |
| Obr. 16 Převlečná šroub [26] | 13 |
| Obr. 17 Vymezovací podložka [26] | 13 |
| Obr. 18 Filtr [26] | 14 |
| Obr. 19 Tělo ventilu [26] | 14 |
| Obr. 20 Zástřík [26] | 14 |
| Obr. 21 Rozdíl mezi pertlovaným a lepeným typem [26] | 14 |
| Obr. 22 Otlak kotvy | 15 |
| Obr. 23 Externí lisování | 16 |
| Obr. 24 Detail externího lisování | 16 |
| Obr. 25 Interní lisování | 16 |
| Obr. 26 Upravený nástroj pro externí lisování | 22 |
| Obr. 27 Detail upraveného nástroje pro externí lisování | 22 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 Přehledová tabulka | 15 |
| Tab. 2 Směrodatná odchylka pro sériovou výrobu generací | 17 |
| Tab. 3 Jmenovité hodnoty tlaku pro pertlovaný a lepený typ..... | 17 |
| Tab. 4 Počet neshodných kusů pro pertovaný typ s tolerancemi lepeného typu | 18 |
| Tab. 5 Počet neshodných kusů pro lepený typ..... | 18 |
| Tab. 6 Jmenovité hodnoty pro otlak kotvy..... | 18 |
| Tab. 7 Porovnání hloubek jednotlivých pozicí mezi generacemi | 19 |
| Tab. 8 Hodnoty změřené při programu na sílu | 20 |
| Tab. 9 Hodnoty změřené při programu na dráhu..... | 20 |
| Tab. 10 Naměřené hloubky, průměry a excentricity pro určité síly | 22 |
| Tab. 11 Hodnoty tvrdostí sériových kusů | 23 |
| Tab. 12 Přehledová tabulka označení testovacích kusů na sílu | 24 |
| Tab. 13 Přehledová tabulka označení testovacích kusů na dráhu | 24 |
| Tab. 14 Test kotev ze sériové výroby s průměrnou tvrdostí 473 HV..... | 24 |
| Tab. 15 Test limitních kotev s tvrdostí 440 HV | 24 |
| Tab. 16 Test limitních kotev s tvrdostí 520 HV | 25 |
| Tab. 17 Výsledky měření s finální silou..... | 28 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf. 1 Toleranční pole při porovnání s pertlovaným tlakem | 17 |
| Graf. 2 Naměřená hloubka pro kusy generace 3-25 | 19 |
| Graf. 3 Naměřená hloubka pro kusy generace 3-25 BP | 19 |
| Graf. 4 Silové křivky při programu na dráhu..... | 21 |
| Graf. 5 Silové křivky při programu na sílu | 21 |
| Graf. 6 Naměřené hloubky pro dané hodnoty sil..... | 23 |
| Graf. 7 Závislost hloubky otlaku kotvy na tvrdosti | 25 |
| Graf. 8 Závislost průměru otlaku kotvy na tvrdosti..... | 25 |
| Graf. 9 Závislost excentricity otlaku kotvy na tvrdosti | 26 |
| Graf. 10 Závislost hloubky otlaku kotvy na síle | 26 |
| Graf. 11 Závislost průměru otlaku kotvy na síle | 26 |
| Graf. 12 Závislost excentricity otlaku kotvy na síle | 27 |
| Graf. 13 Závislost hloubky na síle při průměrných hodnotách hloubek..... | 27 |
| Graf. 14 Výsledky měření hloubek otlaku kotvy pro finální sílu. | 28 |
| Graf. 15 Výsledky měření průměru otlaku kotvy pro finální sílu. | 28 |
| Graf. 16 Výsledky měření excentricity otlaku kotvy pro finální sílu. | 29 |