

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Aplikace metod nedestruktivní
diagnostiky pro odhalení vad válců

Application of Methods for Non-
Destructive Diagnosis to Find out Defect
Rollers

Student:

David Šeděnka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Šeděnka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstruktivní a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: Aplikace metod nedestruktivní diagnostiky pro odhalení vad válců
Application of Methods for Non-Destructive Diagnosis to Find out
Defect of Rollers

Zásady pro vypracování:

Nedestruktivní diagnostika je důležitou oblastí technické diagnostiky, která má široké uplatnění při odhalování povrchových i podpovrchových necelistvostí a trhlin. V rámci diplomové práce se zabývejte možnostmi použití standardních, ale i nových nedestruktivních metod pro odhalení vzniku vad na válcích, případně na jiných konstrukcích. Analyzujte jejich možnosti, výhody i nevýhody metod. Pro možnosti nedestruktivní diagnostiky vyzkoušejte použití nové metody magnetické paměti kovů (MMM), případně další možnosti měření. Získané výsledky analyzujte a zhodnoťte vhodnost a možnosti použitých metod.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proved'te potřebná měření.
5. Proved'te konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

VĚCHET, M. a kol.: *Defektoskopie v otázkách a odpovědích* SNTL Praha 1989, 1. vydání, 323 s., ISBN 80-03-00100-5.

ČSN EN 15617 (051185) *Nedestruktivní zkoušení svarů*.

KOPEC, B., ŠMÍD, R.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí : Nauka o materiálu IV*. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 571 s. ISBN 978-80-7204-591-4.

KREIDL, M.: *Senzory neelektrických veličin: Technická diagnostika*. 1.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 406 s. ISBN 80-7300-158-6.

ULLMANN, J.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů: všeobecné znalosti*. 1.vyd. Ostrava: PTS Josef Solnař, 1995. 43 s.

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování

Děkuji panu Bc. Adamovi Walicovi za zapůjčení svářecího aparátu. Dále pak děkuji panu Pavlu Zuskému za čas strávený při měření válců a panu Ing. Janu Blatovi Ph.D. za cenné rady při vypracování této práce.

Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 19.5.2014


.....

podpis studenta

Anotace diplomové práce

ŠEDĚNKA D. Aplikace metod nedestruktivní diagnostiky pro odhalení vad válců: *diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 65 s. vedoucí diplomové práce Ing. Jan Blata, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá diagnostikou vnitřních vad válců v provozu Třineckých železáren a.s. a návrh a konstrukce rámu pro zkoumání změn magnetického pole materiálu v důsledku mechanického zatěžování. V rámci této práce byly provedeny měření a vyhodnocení získaných dat.

Annotation

Šeděnka D. Application of non-destructive diagnostics for the detection of defects cylinders: thesis. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 65 s leading thesis Ing. Jan Blata, Ph.D.

This thesis deals with the diagnosis of internal defects of cylinders in operation as TŽ a.s. and the design and construction of the frame for examining changes in the magnetic field of the material caused by mechanical loading. In this work, measurements were made and evaluation of the data obtained.

Prohlašuji že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon zejména § 35- využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60-školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská- Technická univerzita Ostrava (dále jen "VŠB-TUO") má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo- diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 19.5.2014



Podpis

David Šeděnka

Ukrajinská 1485/50

Ostrava-Poruba

708 00

Seznam použitých zkratk:

a.s.	akciová společnost
HCC	Hard cross country (Hrubostřední trať)
I, IPE	tvary profilů
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
TŽ	Třinecké železářny
f	frekvence (Hz)
MMM	„Metal magnetic memory“
Hp	Intenzita magnetického pole (A/m)
dHp/dx	Gradient magnetického pole (A/m/mm)
CO ₂	Oxid uhličitý
ČSN, DIN, ISO	Normy
φ'	Třecí úhel
ψ	Úhel stoupání závitu
M _u	Utahovací moment
M _{tz}	Moment tření na závitu
M _{tm}	Moment tření na talířku šroubu
f _m	součinitel tření
σ_t	Napětí v tahu (MPa)
SCZ	Stress Concentration Zones (Zóny koncentrací Napětí)

Obsah

Úvod.....	1
1. Nejvýznamnější zpracovatelé oceli v Moravskoslezském kraji.....	2
1.1. ArcelorMittal Ostrava a.s.	2
Závod 10 - Koksovna	2
Závod 12 - Vysoké pece.....	3
Závod 13 - Ocelárna.....	3
Závod 14-Válcovny.....	3
Závod Údržba.....	4
Závod 5 -Doprava.....	4
Závod ArcelorMittal Engineering Products Ostrava s.r.o.....	4
Závod ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.....	4
Závod ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s.	5
Významné milníky v historii ArcelorMittal a.s.	5
1.2. Vítkovické železářny a.s.	6
Významné milníky v historii Vítkovických železáren a.s.....	7
1.3. Třinecké železářny a.s.	8
Významné historické milníky Třineckých železáren a.s.....	11
2. Nedestruktivní technická diagnostika	14
2.1 Vizuální kontrola.....	14
2.2. Kapilární metody.....	16
2.3. Metoda magnetická prášková.....	17
2.4. Metoda vířivých proudů	18
2.5. Ultrazvukové metody	18
2.6. Prozařovací metoda-Rentgen	20
2.7. Metoda magnetické paměti kovu	21
2.7.1 Optimalizace rámu pro metodu MMM	30
3. Technická diagnostika a systémy údržby.....	32

3.1. Popis údržby v Třineckých železárnách-válcovně trub.....	33
4. Popis konkrétního problému	35
5 Magnetogramy válců.....	36
5.1. Válec sada 1 levý hnaný konec	36
5.2. Válec sada 1 levý volný konec	37
5.3. Válec sada 2 levý hnaný konec	38
5.4. Válec sada 2 pravý hnaný konec	39
5.5. Válec sada 2 pravý volný konec.....	40
5.6. Zhodnocení stavu válců.....	41
6. Analýza grafů z měření závislosti magnetického pole na zatížení.....	42
6.1. Čtvercová tyč bez zatížení.....	45
6.2. Čtvercová tyč zatížení 300 N v tahu	47
6.3. Čtvercová tyč zatížení 600 N v tahu	48
6.4. Čtvercová tyč zatížení 1000 N v tahu	50
6.5. Čtvercová tyč zatížení 2000 N v tahu	51
6.6. Čtvercová tyč zatížení 300 N v tlaku	52
6.7. Čtvercová tyč zatížení 600 N v tlaku	54
6.8. Čtvercová tyč zatížení 1000 N v tlaku	55
6.9. Čtvercová tyč zatížení 2000 N v tlaku	56
6.10. Čtvercová tyč zatížení 5000 N v tlaku	58
6.11. Zhodnocení.....	59
6.12. Kruhová trubka bez zatížení.....	59
6.13. Kruhová trubka zatížení 5760 N	61
6.14. Kruhová trubka zatížení 9600 N	62
6.15. Zhodnocení měření.....	63
7. Závěr.....	65
Seznam použité literatury	66
Seznam obrázků	68

Seznam příloh.....	72
--------------------	----

Úvod

Moravskoslezský kraj je v České republice znám pro svou dlouholetou tradici v těžbě kvalitního černého uhlí. To zde již bylo v velmi omezené míře využíváno již asi pře 30 000 lety. Pravý rozmach potřeby těžby uhlí přinesla v 18. století průmyslová revoluce. Na území dnešního Moravskoslezského kraje se již asi od počátku 18. století prováděly průzkumy a od poloviny 18. století se zde uhlí začíná těžit.

Spolu s rozmachem těžby uhlí se na území Moravskoslezského kraje začíná rozvíjet i hutnictví, které uhlí potřebuje jako jednu ze základních surovin. K nejvýznamnějším zpracovatelům železné rudy dnes zde patří Arcelor Mittal a.s. Vítkovické železářny a.s. a Třinecké železářny a.s. Jejich sortiment je i dnes velice široký a zahrnuje od výroby drátů, přes výrobu profilů až po kolejnice.

K nejvýznamnějšímu přínosu pro tento kraj rozhodně je nutné přičíst rozvoj dopravy a vytvoření nových pracovních míst. Vždyť jen Třinecké železářny v roce 2011 zaměstnávaly necelých 6 000 osob. Dále těmto firmám lze přičíst k dobru, že mnohé z nich mají svá odborná učiliště a vychovávají si zde potřebné lidi pro provoz celé firmy. Ty poté z větší části zaměstnají ve svých provozech. Samozřejmě je zde spousty dalších pozitiv z přínosů těchto firem.

Bohužel ale rozmach důlního a hutního průmyslu má svá negativa. K nejvýznamnějším patří negativní vliv provozů na životní prostředí. K největším problémům patří rozhodně oxidy uhlíku, oxidy síry a oxidy dusíku. Dalším problémem jsou zde odpady v kapalném a plynném stavu a změny v rázu krajiny spojené hlavně s důlní činností. K pozitivům lze ale rozhodně přičíst to, že firmy se snaží velkou většinu těchto vlivů eliminovat pomocí důkladné filtrace vypouštěných odpadů.

V této diplomové práci se zaměřím na provoz Třineckých železáren a.s. konkrétně na Válcovnu bezešvých trub v Ostravě-Vítkovicích. Budu se zaměřovat na diagnostiku vzniku trhlin ve válcích válcovacího stroje Manesmann pro děrování bezešvých trubek. K řešení tohoto problému využiji metod technické diagnostiky. Dále je mým úkolem provést optimalizaci konstrukce přípravku pro metodu magnetické paměti kovu.

1. Nejvýznamnější zpracovatelé oceli v Moravskoslezském kraji

1.1. ArcelorMittal Ostrava a.s.



Obr. č. 1 Arcelor Mittal (zdroj[4])

ArcelorMittal Ostrava a.s je jeden s největších zpracovatelů oceli v Moravskoslezském kraji. Ročně jejími závody projde asi 3 miliony tun oceli a zaměstnává společně se pobočnými firmami přes 7500 osob. Tato společnost patří do skupiny ArcelorMittal který prodává své výrobky asi do 40 zemí světa. ArcelorMittal Ostrava se skládá z 9 závodů. Jsou jimi:

Závod 10 - Koksovna

V tomto závodě se nacházejí dvě koksárenské baterie, ve kterých se ročně vyrobí asi 1,5 milionu tun koksu. Jako vedlejší produkt při výrobě koksu vznikají produkty jako koksárenský plyn, který se z větší části používá na vytápění koksárenských baterií. Dále zde vznikají látky jako například dehet, kapalná síra a tyto produkty odebírají externí firmy k dalšímu zpracování.

Závod 12 - Vysoké pece

Tento závod obsahuje 4 vysoké pece, ve kterých se ročně vyrobí přes 3 miliony tun surového železa určeného k dalšímu zpracování. Toto zpracování probíhá ze tří čtvrtin v závodě Ocelárna a asi jedna pětina se dodává do společnosti Evraz Vítkovice Steel a.s. Zbytek produkce je dále upravován (například zpevňován) a prodáván dalším zákazníkům jako například surové železo s daným chemickým složením. Vysokopecní struska vznikající jako druhotný produkt se z větší části zpracovává ve vlastní provozu Aglomerace a zbytek se lisuje do pelet. Koks potřebný k výrobě se dodává ze sousedního závodu Koksovna a externích zdrojů.

Závod 13 - Ocelárna

V tomto závodě se produkuje již podle názvu ocel. Ta se vyrábí ze surového železa dodávaného závode Vysoké pece. Ročně se tu zpracuje asi 3 miliony tun oceli. Ta se zpracovává v čtyřech tandemových pecích s takzvaným kyslíkovým pochodem. Roztavená ocel se upravuje na žádané parametry pro lití na pánvových pecích. Výstupem z tohoto závodu jsou odlité sochory, bramy či bramky.

Závod 14-Válcovny

Závod 14 se specializuje na výrobu válcovaných profilů určených pro konstrukce a to jak v České republice, tak i v zahraničí. Nacházejí se zde dvě profilové tratě jedna pásová trať a drátová trať. Profilové tratě reprezentují tratě:

- HCC válcovací trať- na této trati je možno vyrobít jednoduchá kruhové tyče ale i tvarové profily a profily zvláštních průřezů. Dále je zde možno vyrobít i ploché a betonářské oceli do šířky 130 až 170 mm.

- Středojemná válcovna- tato trať vyrábí hlavně profily standardních tvarů jako I, IPE do rozměru 140 mm a profily tvaru U do rozměru 120 mm. Dále je zde možné vyrobít výztuže do betonu v žebírkovém provedení a další speciální profily.

Na pásové trati společnost Arcelormittal a.s. pásy z konstrukčních ocelí a konstrukčních ocelí se zvýšenou pevností, konstrukčních ocelí pro hluboké tváření a tváření za studena a konstrukčních nízkolegovaných ocelí. Rozměry vyráběných pásů se pohybují 1,5-15 mm do tloušťky a 740-1550 mm do šířky.

Kontidráťová trať vyrábí ocelový drát a kruhové tyče menších průměrů do maximálního průměru 15 mm.

Závod Údržba

Tento závod se stará o údržbu strojních zařízení v majetku Arcelormittal a.s. Dále provádí údržbu na zařízeních partnerských firem a externím zákazníkům. Závod zajišťuje bezproblémový a bezpečný provoz veškerých strojů.

Závod 5 -Doprava

Tento závod zajišťuje přepravu veškerých materiálů v rámci areálu společnosti Arcelormittal a.s. a to jak v rámci vlastních provozů, tak i pro externí firmy sídlící v areálu firmy. Člení se na úsek silniční a úsek železniční dopravy. Pro účely přepravy materiálů používá a spravuje asi 200 kilometrů železničních tratí a asi 50 kilometrů silničních cest vedených v rámci celého areálu. Dále tento závod provádí veškerou údržbu na silničních i drážních vozidel, pravidelné technické prohlídky silničních vozidel, mytí vozidel a podobně.

Závod ArcelorMittal Engineering Products Ostrava s.r.o.

Tento závod má relativně velký rozsah svých nabízených služeb. Specializuje se zejména na sestavování ocelových konstrukcí, výrobu železničního dvojkolí, výrobu strojních dílů a zařízení. Dále tento závod má možnost udržovat, opravovat a montovat elektrické stroje a zařízení, udržovat stavby a budovy a to i koksárenské a vysoké pece. V oblasti strojírenství je tento závod také schopen provádět široké spektrum diagnostických úkonů a měření včetně nedestruktivních a inspekčních zkoušek.

Závod ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.

Jedná se o závod specializující se na výrobu širokého spektra energií určených zejména pro účely obchodu s externími subjekty ale i pro potřeby samotného podniku. Nachází se zde provoz průmyslové energetiky pro potřeby hutního provozu, vodní hospodářství, teplárenství, ale i například výroba technických plynů.

Závod ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s.

Ve výrobním programu tohoto závodu se nacházejí hlavně bezešvé trubky válcované na dvou válcovacích tratích Stiefel. Provedení válcovaných trubek je hladké, závitové nebo olejářské. Závod je od roku 1957 oprávněn opatřovat petrolejářské trubky monogramem API. Jako další produkt vyrábí tento závod z pásové oceli svařované trubky. Tyto trubky jsou svařovány šroubovicovým svarem. Jako povrchové protikorozní úpravy se používá černění, potáhnutí trubky třívrstvou polyethylenovou izolací nebo vláknito-cementovou izolací. Svařované trubky se kontrolují pomocí metod nedestruktivní technické diagnostiky.

Významné milníky v historii ArcelorMittal a.s.

- 1947-1948 - je rozhodnuto o výstavbě pobočného závodu Vítkovických železáren v Ostravě-Kunčicích

- 31.12.1951 - Se závod osamostatňuje a vzniká Nová Huť Klementa Gotwallda

- 1951-1958 - Počáteční etapa existence podniku. Celý podnik tvoří pět koksárenských baterií, dvě vysoké pece s příslušenstvím, čtyři siemens-martinské pece, pět hlubinných pecí, blokovna, válcovna trub, slévárna šedé litiny, část energetické a vodohospodářské sekce.

- 1958-1961 - Druhá etapa vývoje podniku ve které se hlavně rozšiřovaly kapacity pro produkci surovin potřebných pro chod celého komplexu. Byly jimi například provozy produkující koks, surové železo, a ocel. Dále se pak rozšiřovaly provozy s následným zpracováním produktů. V těchto letech se také vystavěl provoz na výrobu ráfků kol pro osobní a nákladní automobily a traktory. Rozšiřuje se zde také provoz na výrobu koksu a surové oceli a další.

-1967-1985 - V těchto letech pobíhá rozsáhlá modernizace na siemens-martinských a tandemových pecích. Byla provedena výstavba středojemné válcovny a investovaly se finanční prostředky k modernizaci dalších nezbytných provozů nutných k chodu podniku jako například kyslíkárny.

-1989 - V tomto roce došlo k přejmenování podniku z Nová huť Klementa Gottwalda na Nová Huť státní podnik. V technologii výroby došlo k zavádění kontilitů a postupnému opouštění technologie lití do ingotů.

-1993-1999 - V těchto letech se postupně přešlo na plynulé odlévání oceli což přispělo k úsporám na energiích. Dále zde byla postavena válcovna pro výrobu široké oceli a nahradila starší provozy.

-2003 - Nová Huť národní podnik byla koupena zahraničním zájemcem a přejmenována na ISPAT Nová Huť a.s.

-2004 - V tomto roce došlo k oddělení některých závodů do samostatných subjektů a k přejmenování na Mittal Steel Ostrava a.s.

-2006 - Došlo zde ke sloučení s Arcelorem a došlo k opětovnému přejmenování na dnešní ArcelorMittal Ostrava a.s.

-2007 - V tomto roce došlo k opětovnému připojení některých společností, které se oddělily v roce 2004.

1.2. Vítkovické železářny a.s.



Obr. č. 2 Vítkovické železářny (zdroj[5])

Vítkovické železárny jsou nejstarší provoz na území dnešního Moravskoslezského kraje zpracovávající surové železo. V minulosti se jednalo o celkový komplex zařízení od koksoven až po provozy zpracovávající ocel. V současné době jsou Vítkovické železárny v majetku několika firem, které provozují jednotlivé závody. Většina zařízení a majetku je ve vlastnictví společnosti Vítkovice a.s. a jejím dceřiným společnostem. Ocelárna a válcovna patří do společnosti Evraz Vítkovice Steel a.s. Válcovna bezešvých trubek je od roku 2005 v majetku Třineckých železáren a.s. V části areálu taktéž sídlí společnost Škoda Vagonka a.s. Na území Vítkovických železáren se dnes již nenachází funkční vysoká pec a koksovna. Ty musely být z ekonomických důvodů zavřeny a v dnešní době je z nich muzeum, které je vítanou atrakcí nejen pro obyvatele Ostravy. Surové železo dodává podniku firma ArcelorMittal a.s.

Významné milníky v historii Vítkovických železáren a.s.

- 1828 - Vychází rozhodnutí o založení nového železářského závodu na území dnešní Ostravy.

- 1830 - Dochází k zapálení první pudlovací pece na výrobu oceli. Surové železo bylo dováženo z Frýdlantu nad Ostravicí.

- 1835 - Pronajímatelem Vítkovických železáren se stává rakouský bankéř Rothschild. V roce 1943 je poté koupil.

- 1836 - Zapálena první vysoká pec.

- 1840 - Do provozu Vítkovických železáren se dostává parní pohon, který vytlačuje pohon vodní.

- 1850 - Vzniká strojírna a oddělení pro stavbu mostů a kotlů. Také se v tomto roce vyrábějí první železniční nákolky.

- 1856 - V tomto roce měly již železárny v provozu tři vysoké pece.

- 1873 - V tomto roce bylo prodáno 49% majetku Vítkovických železáren bratrům Guttmannům. Tento velice významný krok přispěl k rozvoji železáren, které začínají produkovat například pancéřové desky pro stavbu válečných lodí pro Rakousko-Uherskou armádu.

- 1906 - Zahajuje se produkce tlakových lahví.

- 1910 - Vznikají první ozubená kola.
 - 1922 - Vítkovické železárny byly plně elektrifikovány.
 - 1939-1945 - Závody byly arizovány a začleněny do majetku říšských závodů a výroba byla přeorientována pro potřeby německé armády. Těsně před válkou 29.srpna 1944 byly ale vybombardovány. Obnoveny pak byly až po válce.
 - 27. 10. 1945 - Dochází ke znárodnění železáren a vyplacení rodu Rothschildů.
 - 1966 - Zahájen provoz výroby propan-butanových lahví.
 - 1974 - Dodány kotle pro elektrárny Tušimice a Chvaletice.
 - 1978 - Vyrobeny parogenerátory a kompenzátory objemu pro jaderné elektrárny východního bloku.
 - 1998- Poslední odpich surového železa z vysoké pece a poté její odstavení.
- Poté již probíhá pouze rozprodání Vítkovických železáren do soukromých rukou a přeměně do současné podoby.

1.3. Třinecké železárny a.s.



Obr. č. 3 Třinecké železárny (zdroj[6])

Společnost Třinecké železářny a.s. je v dnešní době z velké většiny vlastněna společností Moravia Steel a.s. a je členěna na menší firmy, které spravují jednotlivé výrobní úseky. Jsou to:

- Energetika Třinec a.s.: tato společnost se stará o výrobu, úpravu, a distribuci energií, zejména elektrické energie, tepla a teplé vody, studené vody, stlačeného vzduchu. Dále pak tato společnost manipuluje s chemickými přípravky, které jsou klasifikovány jako výbušné, extrémně hořlavé, toxické, karcinogenní, mutagenní nebezpečné pro životní prostředí a podobně.

- Strojírny a stavby Třinec a.s.: Tato společnost se orientuje na výrobu strojně technologických celků jednoúčelových zařízení, strojích součástí a náhradních dílů, ocelových svařovaných konstrukcí včetně mostů, renovací hutních válců a agregátů a podobně.

- Slévárny Třinec a.s.: V tomto podniku vznikají výrobky dolévané jak z litiny tak i z oceli na odlitky. Postup výroby spočívá nejprve ve vytvoření 3D modelu v počítačovém programu, který se poté fyzicky vyrobí ze dřeva nebo kovu. Poté se podle tohoto modelu vytvoří forma a odlije se polotovar. Ten, pokud si to zákazník přeje, může být obroben přímo v závodě a nebo v některé z kooperujících firem. Dále je možné odlitky otestovat na vnitřní vady pomocí některé z metod nedestruktivní diagnostiky.

- Sochorová válcovna TŽ a.s.: Tento provoz sídlí nedaleko Kladna. Původním majitelem byla Poldi Kladno. Podnik se specializuje hlavně na výrobu kruhových tyčí průměru 70 až 300 mm, sochorů a bloků rozměrů 70x70 mm až 300x300 mm. Tyto tyče je možné vyrábět v široké škále jakostí materiálů od nelegovaných konstrukčních ocelí až po středně legované nástrojové a nerezavějící oceli. Kapacita výroby je asi 275 tisíc tun oceli ročně a plánuje se rozšíření na cca 300 tisíc tun za rok. Válcovací trať se skládá s krokové ohřívací pece, hlubinných pecí, blokoveny a tří stolic. Dále je zde zařízení pro ostřík okují, měření rozměrů výrobků, zařízení pro optickou defektoskopii a dělení materiálu. Chlazení vývalků je volné a nebo řízené.

- Řetězárna a.s.: Tento závod sídlí v obci Česká Ves nedaleko Jeseníku. V jeho výrobním programu se nacházejí řetězy a to zejména řetězy článkové s širokým spektrem užití (např. důlní provozy, automobilní řetězy, závěsné řetězy a podobně).

Celkem se ročně v této továrně vyrobí asi 12 500 tun řetězů a ty jsou prodávány jak do České republiky tak do zahraničí.

- Refrasil s.r.o.: Jedná se o podnik vyrábějící a zpracovávající žáruvzdorné materiály. Do výrobního sortimentu této firmy patří zejména šamotové a vysocehlinité tvárnice, izolační materiály, malty, tmely a podobně. Tyto materiály mají široké spektrum využití, zejména však v metalurgickém průmyslu, slévárnách, vápenkách, energetice a podobně.
- VÚHŽ a.s.: Tento podnik se specializuje na malosériovou hutní výrobu a výrobu měřicí regulační a automatizační techniky pro tento obor. Zejména zde patří elektromagnetické měřiče hladiny oceli v krystalizátoru kontilití, speciální profily pro výrobu závěsů pro automobilový průmysl, odstředivé a mlecí válce pro potravinářský průmysl, sběrací kroužky pro větrné elektrárny. Dále tato firma disponuje kapacitami pro vývoj nových materiálů, a technologií, akreditovanému zkušebnictví, poradenství a expertízám. Firma prodává své výrobky jak na českém trhu tak i v zahraničí

-Materiálový a metalurgický výzkum s.r.o.: Jedná se o výzkumnou organizaci s cílem poskytování inovačních a výzkumných služeb českému hutnictví pro udržení jeho konkurenceschopnosti vůči zahraničním společnostem. Zejména se tato organizace specializuje na výzkum výroby a tváření ocelí, výzkum následného zpracování ocelí, zkoumání creepových vlastností materiálu, chemické a fyzikální vlastnosti materiálů a podobně. Ústav velice blízce spolupracuje s firmami Evraz Vítkovice Steel a.s., Třinecké železářny a.s., Vítkovice a.s. a také s Vysokou školou Báňskou- Technickou univerzitou Ostrava.

- Šroubárna Kyjov s.r.o.: Tato společnost se sídlem v Kyjově se zabývá výrobou širokého spektra spojovacího materiálu. Ten nachází uplatnění zejména v hornictví, na železnicích, ve strojírenství a stavebnictví a podobně. Jako polotovary k výrobě se používají tyče nebo drát, který je před vlastním kováním zahřát ve středofrekvenčních pecích. Závity jsou vyráběny buď za studena pomocí řezání nebo válcování případně za tepla na speciálních linkách

- Hanácké železářny a pérovny a.s.: Tato firma sídlí v Prostějově od roku 1950. Společnost se specializuje na výrobu pružin pro železniční a automobilový průmysl. Do výrobního sortimentu této firmy patří pružiny vinuté, listové a parabolické, které se

používají jako hlavní vozové pružiny. Pružiny jsou vyráběny za tepla. K hlavním odběratelům patří Scania, Volvo, Iveco a podobně.

- Kovárna Viva a.s.: Společnost se specializuje na výrobu výkovků zápusťkovým kováním z ocelí legovaných, mikrolegovaných, uhlíkových i konstrukčních. Hmotnost výkovků je omezena hranicí 20 kilogramů. Dále je firma schopna výkovky chemicko-tepelně zpracovat obrábět a povrchově upravovat a to ať už barvou nebo galvanicky pokovit. Z výrobního sortimentu lze jako příklad uvést díly určené pro automobilový průmysl (převodovky, podvozkové díly) díly určené pro hydraulické okruhy a zemědělství.

- Metalurgia s.a.: Jedná se o společnost sídlící v polském Radomsku. Ve výrobním programu této firmy se nachází tažený drát a výrobky z něj, hlavně hřebíky.

- D&D Drótáru zrt.: Tato společnost sídlící v maďarském Miškolci zaměstnává asi 150 zaměstnanců a vyrábí se zde dráty a pramence pro předepjaté výztuže a ocelová vlákna pro použití ve stavebnictví.

- ŽDB Drátovna a.s.: Jedná se o podnik sídlící v Bohumíně a specializující se na výrobu drátů pro potřeby například výroby lan, kordů pneumatik a podobně. Materiál těchto drátů je ocel s nižším nebo vyšším obsahem uhlíku.

- Dalsev Design : Společnost se specializuje na konstrukci, údržbu, a opravy koksárenských baterií. Dále je tato firma schopna navrhnout a dodat veškeré obslužné prvky nutné pro bezproblémový provoz koksárenské baterie (například plnicí a výtlačné vozy, kalibrátory a třídíče a podobně).

Významné historické milníky Třineckých železáren a.s.

- 1836 - Začíná výstavba první dřevouhelné pece pro výrobu surového železa.

- 1. duben 1839 - První odpich surového železa z dřevouhelné pece.

- 1842 - Postavena slévárna.

- 1845 - Vystavěna smaltovna.

- 1871 - Vystavěna Košicko-Bohumínská dráha a spojení železáren s uhelnými nalezišti na Ostravsku a Rudnými nalezišti v Uhrách. Dále dráha umožnila export výrobků do vzdálenějších krajů.

- 1906- Železárny prodány do rukou Báňské a hutní společnosti.
- 20. léta 20. století - železárny významně modernizují a zvyšují objem produkce a elektrifikuje se válcovna. Z tohoto období rovněž pochází znak a ochranná známka Třineckých železáren "tři kladiva v kruhu".
- 1919 - Oblast Těšínska po "Sedmidenní válce" s Polskem připadá do územní správy Československa.
- 1920 - Sídlo Rakouské báňské a hutní společnosti přestěhováno z Vídně do Brna a přejmenováno na Báňskou a hutní společnost.
- 1930 - Báňská a hutní společnost přestěhována do Prahy
- 1938 - Podepsána Mnichovská dohoda a Těšínsko společně s Třineckými železárnami připadají do správy Polska.
- 1939 - Polské území je napadeno vojsky německého wehrmachtu a po porážce Polska přiřazeno k Německu.
- 1945 - konec druhé světové války a území Třinecka a Těšínska připadá Československu.
- 1946 - Československá vláda znárodňuje Třinecké železárny.
- 1958 - Polsko se definitivně vzdává nároku na území Těšínska a Třinecka.
- 80. léta 20. století - železárny zažívají vrchol v produkci svých výrobků. V tomto období jsou rovněž zaváděny nejnovější technologie do výroby jako například vybudování nové kyslíkové konvertorové ocelárny s blokovým a později sochorovým kontinuálním odléváním.
- 1989 - Změna politického zřízení Československé republiky přineslo postupnou privatizaci železáren.
- 1991 - Vytvořena akciová společnost Třinecké železárny a.s. jejíž hlavním akcionářem byl Fond národního majetku.
- 1994-1995 - Postupné odprodávání majetku Třineckých železáren a.s. do soukromých rukou .

- 1996 - Společnost Třinecké železářny kompletně prodána z rukou Fondu státního majetku do rukou soukromé společnosti Moravia Steel a.s.

2. Nedestruktivní technická diagnostika

Nedestruktivní technická diagnostika je účinný nástroj k zjišťování necelistvostí v materiálu a pomáhá k predikci životnosti zařízení a omezuje ztráty vzniklé neplánovaným odstavením stroje díky havárii. V neposlední řadě taktéž přispívá k bezpečnosti provozu stroje. Včasné odhalení závady pomůže nejen k omezení škod způsobených destrukcí poškozeného dílu ale taktéž chrání lidské zdraví. V zásadě můžeme technickou nedestruktivní diagnostiku rozdělit na diagnostiku povrchových vad a vad podpovrchových. Jednotlivé metody využívají pro detekci různé fyzikální principy jako například šíření zvuku v materiálu, útlum energie záření nebo magnetické vlastnosti materiálu. Z kontrol povrchových vad lze uvést například tyto metody:

2.1 Vizualní kontrola

Tato metoda využívá jednoho smyslu, kterým je vybaven každý člověk a to zraku. Zrak využíváme v konečném důsledku při vyhodnocení pomocí velké většiny metod, ale jen tato metoda používá pouze zraku. To ovšem do jisté míry omezuje použitelnost této metody. Toto omezení se týká velikosti zkoumané vady. Vzhledem k rozlišovací schopnosti lidského oka je limit v rozměru zkoumané vady asi 0,1 mm na délku a na šířku asi 0,01 mm. Tato metoda lze dále dělit na:

- Pozorování přímé (pouze lidským okem s možností podpoření lupou, mikroskopem a podobně)
- Pozorování nepřímé (s použitím endoskopu a podobně).

Přímého pozorování pouhým okem se většinou používá pro hrubé zhodnocení stavu povrchu zkoumaného materiálu. Použijeme-li ale lupy nebo mikroskopu, lze získat mnohem lepší a podrobnější informace o stavu součásti. Pro toto pozorování je nutné, aby pracovník měl svou pracovní plochu dostatečně osvětlen, a pokud možno zdravý zrak. Pro osvětlení je požadováno, aby intenzita světla byla alespoň 160 luxů. Nejčastěji se používá bílé světlo, umělé osvětlení a nebo ultrafialové světlo. Bílým světlem se rozumí přirozené světlo přicházející ze Slunce a je pro člověka asi nejpřirozenější. Důležité je taktéž pod jakým úhlem světlo dopadá a pod jakým úhlem pozorovatel pozoruje povrch zkoumané součásti. Pro správné vyhodnocení je nutné, aby světlo dopadalo na zkoumaný povrch pod úhlem asi 45-85° a pozorovatel pozoroval objekt pod úhlem alespoň 30°. Je taktéž vhodné aby pozorovatel měnil úhel pohledu na povrch součásti, z důvodu možnosti výskytu odlesků od povrchu

a zkuslení vad v součásti. Tvar a rozložení součásti nebo stroje často neumožňuje použití pouhého oka případně lupy a podobně. V tomto případě je nutné si dopomoci nějakým přístrojem. Těmto přístrojům se obecně říká endoskop. Tyto přístroje všeobecně pracují na principu přenosu optického signálu pomocí nějakého vedení na zobrazovací pole. Tento přenos může probíhat pomocí optického vlákna a nebo v poslední době častěji pomocí elektrických signálů přes kabely. Sběr obrazu je realizován pomocí optických čoček a nebo dnes častěji kamer. Endoskopy se dále dělí na Boroskopy a Fibroskopy. Boroskopy se dají poznat tak, že mají snímací a pozorovací optiku spojenou pevnou trubicí. To ale do jisté míry omezuje jejich použitelnost a tedy je pomalu vytlačují z trhu Fibroskopy.



Obr. č. 4 Boroskop (zdroj[7])

Fibroskopy mají tu výhodu, že optické prvky mají spojené ohebnou hadicí a mají tedy daleko širší užití v technické praxi. Dnes jsou tato zařízení díky rozmachu elektroniky vybavována kamerami a pozorovacími displeji a ve velkém procentu zařízení umí i pořizovat videozáznamy. Tyto záznamy si lze poté uložit v počítači a zpracovat později. V tomto případě lze tato zařízení nazvat videoskopem.



Obr. č. 5 Videoskop (zdroj[8])

2.2. Kapilární metody

Kapilární metody využívají k detekci a zobrazování povrchových vad kapilární vztlakovosti kapalin. Jedná většinou o jednoduché a levné zobrazovací metody. Princip těchto metod spočívá v očištění zkoumaného povrchu od mastnoty a nečistot, k tomuto je výhodné použít některých organických rozpouštědel (technický benzin a podobně). Poté je potřeba nanést kontrastní látku. Tu je nutné nechat asi 20 minut na zkoumaném povrchu aby měla dostatečný čas zaběhnout i do těch nejjemnějších nečistot povrchu. Pro urychlení zabíhání kapaliny je možné povrch ohřát a nebo použít vibrací. Dále je nutné odstranit přebytečný penetrant. To se děje pomocí emulgátorů nereagujících s kontrastní látkou případně organickými rozpouštědly nebo u menších součástí otření ubrouskem. Poté se provede osušení součásti například stlačeným vzduchem nebo za tepla. Dále je nutné nanést vývojku a provést vyhodnocení. Vyhodnocení může probíhat na denním světle, umělém světle, či pod ultrafialovým zářením. podle toho se tato metoda dělí na:

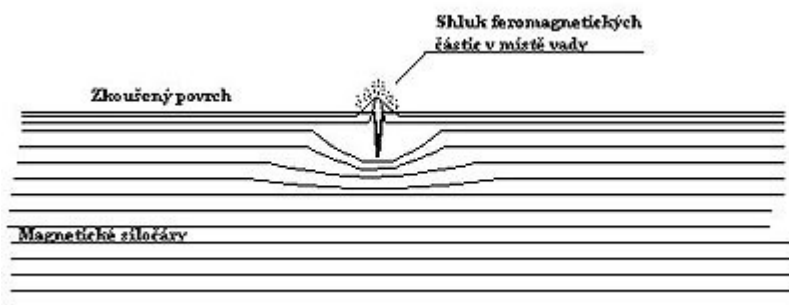
- metoda barevné indikace- vyhodnocení se provádí na denním či umělém světle z zářivek
- metoda fluorescenční- vyhodnocení se provádí pod ultrafialovým světlem za použití speciálních brýlí
- metoda dvouúčelová- kombinace předchozích metod



Obr. č. 6 Spreje pro kapilární metodu (zdroj[9])

2.3. Metoda magnetická prášková

Tato metoda pracuje na principu rozdílného magnetického pole v neporušeném materiálu a v místě vady. Tohoto lze využít jen u materiálů feromagnetických. Princip zkoumání povrchových vad pomocí této metody je ten, že materiál zmagnetujeme pomocí magnetu a poté na povrch aplikujeme kovový feromagnetický prášek. Ten se shlukne kolem vady v materiálu. Tento shluk je způsoben tím, že nad vadou v materiálu vznikne deformace magnetického pole a hrany vady budou působit jako magnetické póly. Tato deformace je nejvíce patrná u vad úzkých a podlouhlých (například trhliny) a méně patrná u vad přibližně kruhových. Tato metoda je schopna odhalit i vady, které jsou lehce pod povrchem, ale s rostoucí vzdáleností vady od povrch klesá schopnost této metody vadu zachytit.



Obr. č. 7 Princip práškové metody (zdroj[10])

2.4. Metoda vířivých proudů

Metoda vířivých proudů je metoda založená na principu elektromagnetické indukce. Měřicí přístroj se skládá z cívky napájené střídavým proudem. Tato cívka indukuje ve zkoumaném předmětu napětí, a protože tento obvod je uzavřeným proudovodičem vznikají ve zkoumaném předmětu cirkulární (vířivé) proudy. Tyto proudy kolem sebe indukují pole, které má opačnou orientaci než má pole budící. Výsledné pole je vektorový součet obou těchto polí a dává nám informace o zkoumaném materiálu. Nachází-li se v materiálu trhlina, dojde k deformaci tohoto pole díky obtékání vířivých proudů kolem trhliny. Z tohoto lze usoudit, že největší deformaci pole bude mít trhlina, která má normálovou orientaci vůči vířivým proudům a tudíž bude lépe odhalitelná. Frekvenční rozsah budícího proudu je 3 Hz až 120 MHz s tím, že nejpoužívanější rozsah je od 1 kHz do 5 MHz. Při volbě budící frekvence platí, že čím je použita vyšší frekvence tím bude možno diagnostikovat trhliny ve větší hloubce.



Obr. č. 8 Metoda vířivých proudů (zdroj[11])

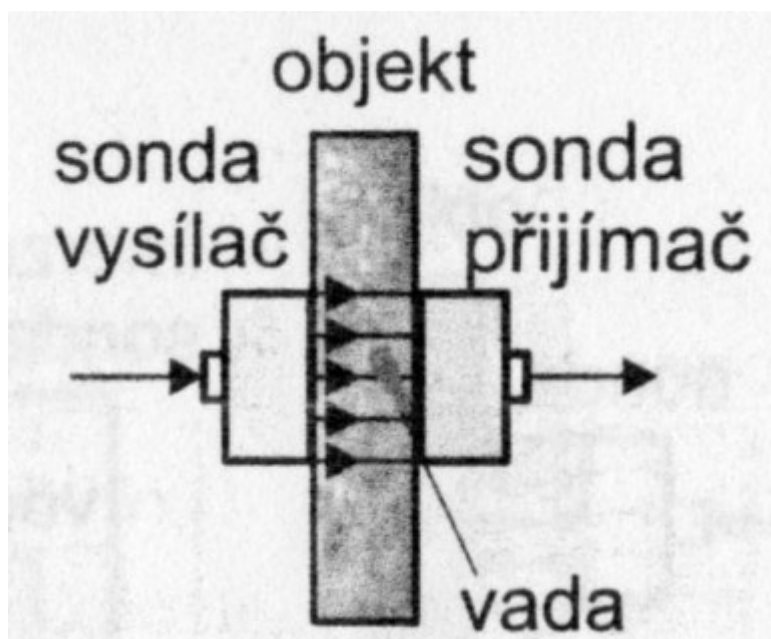
Tyto výše zmíněné metody mají jednu nevýhodu. Neumí odhalit trhliny pod povrchem a když ano, tak pouze v omezené hloubce. Proto existují metody pro odhalování vnitřních, skrytých vad s tím, že některé umí odhalit i vady povrchové.

2.5. Ultrazvukové metody

Ultrazvukové metody využívají k detekci vnitřních vad zvukového signálu. Zvukové signály můžeme dělit na zvukové signály pro člověka slyšitelné a neslyšitelné. Zvukové signály pro člověka slyšitelné jsou signály o frekvenci asi 20 Hz až 20 kHz. Zvukovým signálům pod hranicí 20 Hz se říká infrazvuk. Tento signál je pro účely technické

nedestruktivní diagnostiky méně zajímavý a pro lidský organizmus může být tento signál nepříjemný a může vyvolávat jisté obtíže. Naopak signál nad hranicí 20 kHz, kterému se říká ultrazvuk je už v technické praxi velice obstojně použitelný. V praxi ultrazvuková defektoskopie pracuje se signály o frekvenci 100 kHz do 50 MHz. Výjimečně je možné se setkat s přístroji pracující s frekvencí 200 MHz. Jako další hledisko dělení měření akustickými signály je vhodné zmínit dělení na měření aktivní a pasivní. Při měření aktivním snímáme signály vyvolané přímo měřeným objektem. Při pasivním měření vysíláme do zkoumané součásti zvukový signál a snímáme jeho odezvu. Všeobecně lze říci, že ultrazvuková defektoskopie pracuje na principu měření času, za který projde ultrazvukový signál předmětem. Pro měření vnitřních vad ultrazvukem je nutné zajistit dokonalý přenos ultrazvukového signálu ze sondy na povrch materiálu. K tomuto se povrch součásti potírá gelem. Výhodou ultrazvuku je, že lze měřit skoro jakýkoliv materiál ne jen feromagnetický nebo elektricky vodivý. Ultrazvukovou defektoskopií můžeme rozdělit na dva základní typy:

Metoda průchodová

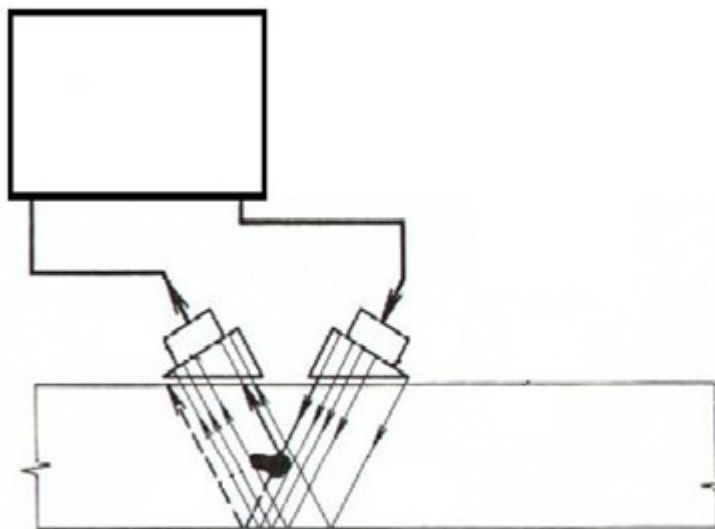


Obr. č. 9 Metoda průchodová (zdroj[3])

Tato metoda potřebuje k detekci dvě sondy. Jedna sonda vysílá ultrazvukový signál do materiálu a druhá jej přijímá. Vysílací sonda vyšle do materiálu ultrazvukový signál. Ten pokud je vše v pořádku projde přes materiál. V případě, že se v materiálu nachází vada, tak se od ní ultrazvukový signál odrazí a k přijímači nedorazí signál žádný a přístroj toto vyhodnotí jako vadu v materiálu. Tato metoda má už z podstaty měření jednu podstatnou

nevýhodu. Pro měření je potřeba mít přístup na protilehlé stěny součásti, což u některých součástí, jako například tlakových lahví může představovat problém.

Ultrazvuková metoda odrazová



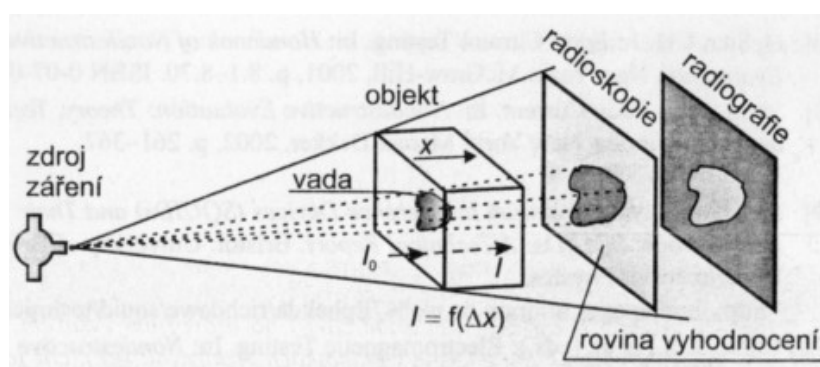
Obr. č. 10 metoda odrazová (zdroj[1])

Metoda pracuje pouze s jednou sondou, která je zároveň vysílač i přijímač ultrazvukového signálu. Princip metody je patrný z výše uvedeného obrázku. Sonda přiložená na zkoumanou součást vyše do materiálu ultrazvukový signál. Pokud je materiál bez vady odrazí se od protilehlé stěny a za určitý čas dorazí zpět do přijímače. Pokud se v materiálu nachází jakákoliv vada, tak se ultrazvukový signál neodrazí od protilehlé stěny, ale právě od této vady a dorazí zpět do sondy za kratší čas. Ultrazvukové měření se dá využít i na jiná měření. Například dá se tímto změřit tloušťka stěny tlakové lahve nebo tvarového parovodního potrubí. Pro toto měření potřebujeme znát rychlost šíření zvuku v daném materiálu. Ta se dá vyčíst z různých tabulek, případně si ji jde změřit na místě ze stejného materiálu, který hodláme měřit a známé tloušťky. Tuto hodnotu si pak uložíme a můžeme měřit. Měření probíhá obdobně jako u měření vnitřních vad materiálu.

2.6. Prozařovací metoda-Rentgen

Metoda pracuje na principu pronikání krátkovlnného záření materiálem. Záření vyslané do materiálu má určitou počáteční energii, kterou v průběhu průchodu ztrácí. U tohoto úbytku platí relativně jednoduchá přímá úměra s tím, že čím má materiál, kterým záření prochází vyšší hustotu, tím je vyšší úbytek energie tohoto záření. V praxi toto znamená, že pokud se v materiálu nachází trhлина a rentgenové záření touto trhlinou projde,

prakticky se nezeslabí. Naopak, pokud se v základním materiálu nachází vměstek o vyšší hustotě než je základní materiál, záření se zeslabí více. Toto záření po průchodu zkoumanou součástí je zachyceno na citlivý fotografický film. Platí, že čím intenzivnější záření dopadne na film, tím je daná oblast na filmu tmavší. Rentgenová metoda dokáže pronikat i relativně tlustými vrstvami materiálu. Bohužel má jednu podstatnou nevýhodu. Rentgenové záření je ve větší míře nebezpečné pro člověka. To znamená že s tímto zařízením může pracovat jen osoba dostatečně proškolená, s odpovídajícími pracovními pomůckami a dodržující základy bezpečnosti práce.



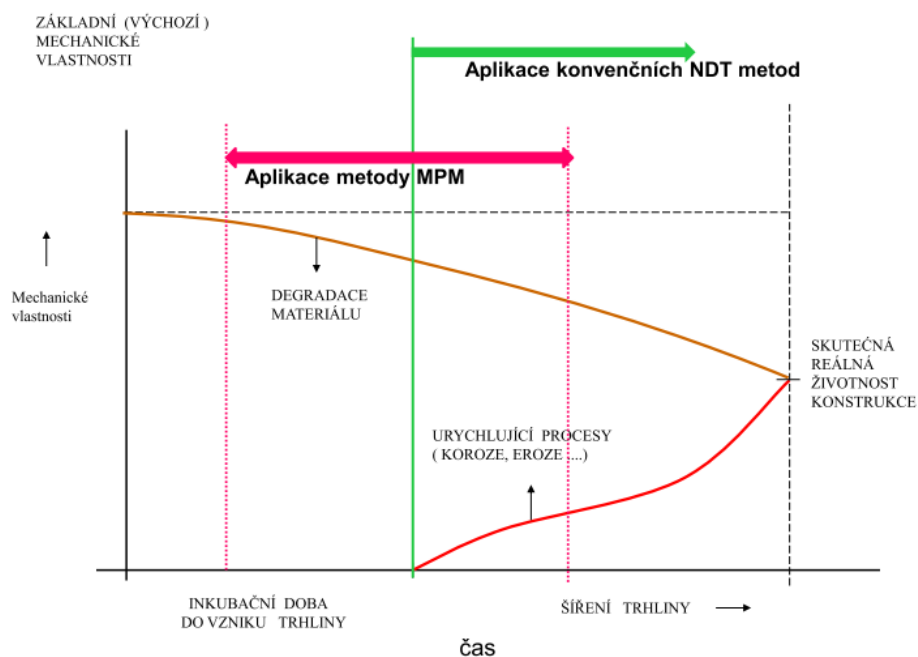
Obr. č. 11 Rentgen (zdroj[3])

2.7. Metoda magnetické paměti kovu

Metoda magnetické paměti kovu (MMM-Metal Magnetic Memory) je metoda zkoumající magnetické pole kolem feromagnetických materiálů. Teorii pro tuto metodu se zabýval profesor A.A.Dubov z Moskvy již asi v 80. let 20. století. Zde probíhá dodnes asi nejrozsáhlejší výzkum této metody. Největší rozmach zažívá metoda v posledních deseti letech.

Materiál, který je vyroben v magnetickém poli Země získává ihned po výrobě nějaké magnetické vlastnosti. Tyto vlastnosti si po dobu své životnosti ukládá a nějakým způsobem mění. Cílem metody magnetické paměti kovu je toto pole nějakým způsobem analyzovat. Z tohoto plyne již první výhoda této metody. Jedná se o metodu pasivní, to znamená, že pro diagnostiku není potřeba součást nějakým způsobem magnetizovat. Naopak, dodatečná magnetizace součástí může výsledky ovlivnit. Je tedy doporučeno, pokud se metoda magnetické paměti kovu používá v rámci nějaké série nedestruktivních zkoušek materiálu, provést zkoušku pomocí magnetické paměti kovu před, například zkouškou magnetickou práškovou. Obdobný problém může nastat pokud výrobek byl přepravován na elektromagnetických závěsech. Metoda má mnoho výhod. Jako jednu

z nejpodstatnějších je možno uvést schopnost této metody odhalit vznikající vadu v době, kdy je ještě konvenčními metodami technické nedestruktivní diagnostiky neodhalitelná. To umožňuje fakt, že přístroj neměří necelistvosti materiálu, ale právě magnetické pole kolem materiálu. Toto pole může různě deformovat i například dislokace.



Obr. č. 12 Použití MMM (zdroj[12])

K další podstatné výhodě patří fakt, že materiál nemusíme zbavovat ochranných vrstev (například barev) a měření se dá provést. Podobného faktu lze využít u měření potrubí zakopaných v zemi. Měřicí metoda totiž umožňuje provádět i inspekci potrubí, které je i metr pod úrovní země a zabalené do ochranných vrstev. U tohoto měření si je ale potřeba uvědomit, že tato potrubí mohou být v zemi i několik desítek let a za tu dobu se mohly nad tímto potrubím realizovat nelegální skládky odpadu. Ty mohly být zavezeny zeminou a zarůst vegetací. V případě, že by tyto odpadky obsahovaly kovový feromagnetický odpad, tak toto měření ovlivní. Naštěstí toto měření ovlivní tak, že zvednou úroveň magnetického pole, a to většinou výrazně. Toto zvýšení by mělo za každých okolností vést k provedení výkopu a vizuální kontroly, případně nasazení dalších metod nedestruktivní technické diagnostiky. Takže pokud se opravdu nacházela nad tímto potrubím nelegální skládka odpadu, tak maximálně byl tento výkop proveden zbytečně. V případě použití konvenčních metod nedestruktivní technické diagnostiky by bylo nutné toto potrubí vykopat a provést měření, což by vyšlo na nemalé finanční prostředky.

Měřicí sestava



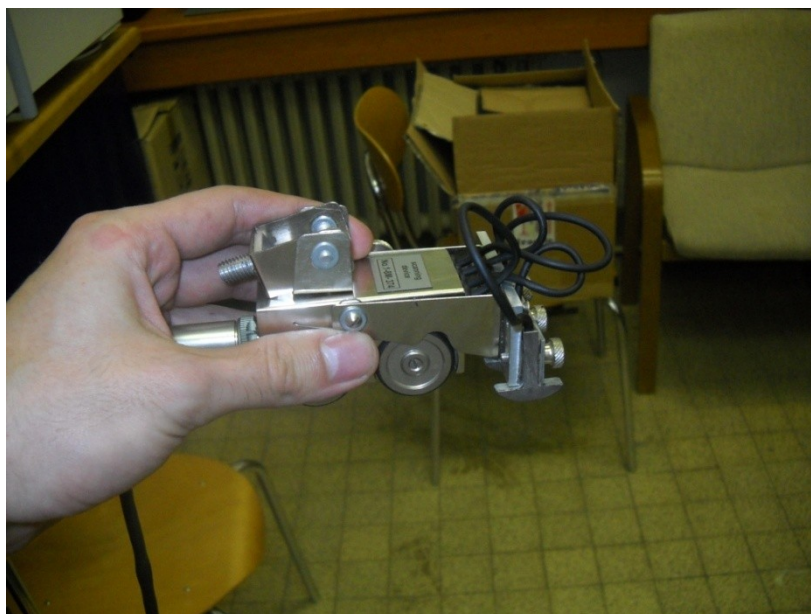
Obr. č. 13 Měřicí sestava (zdroj[12])

Měřicí sestava používaná pro diagnostiku vnitřních vad pomocí metody magnetické paměti kovu se skládá z měřicího přístroje, na obrázku označeného 1 a měřicího vozíčku, na obrázku označeného 2. Tyto dva členy jsou propojeny propojovacím kabelem označeným 3. V měřicím vozíčku 2 jsou umístěny měřicí sondy pro měření intenzity magnetického pole a kolečka, ve kterých je umístěn snímač pro měření ujeté vzdálenosti. Tato vzdálenost je nutná nejen k pozdější detekci místa, ve kterém je nějaká změna magnetického pole, ale také poskytuje měřicímu přístroji údaj, v jakém místě má případně sejmout a uložit data. Sondy pro měření intenzity magnetického pole mohou být dvouosé nebo tříosé. Sondy je nutné před měřením zkontrolovat zda správně fungují a případně kalibrovat. Důležitý poznatek je, že kalibrujeme celou sestavu nikoliv jen čidla, takže po kalibrování bude měření věrohodné pouze s těmi komponenty, se kterými jsme kalibraci provedli. Je-li nutné poté vyměnit jakýkoli člen z měřicího obvodu (a to platí i pro spojovací kabel) je nutné provést kalibraci znovu. Jak provést kalibraci popíší následně.

Kalibrace přístroje

Jak již bylo řečeno, kalibraci přístroje je nutné provést buď před prvním použitím nebo při změně komponent. Zda je nutné kalibraci provést si lze snadno ověřit v měřicím přístroji. Pro jednoduchost budu popisovat kalibraci dvouosého snímače, ale obdobně by se kalibroval snímač tříosý. Jako první je nutné si definovat osy, ve kterých bude nutné

snímač kalibrovat. Osu x si vezmeme jako osu rovnoběžnou s povrchem země a osu y kolmou k povrchu země. Nejprve budeme kalibrovat například osu x . To znamená, že v přístroji vybereme možnost kalibrace a zaškrtneme, že chceme kalibrovat pouze osu x . Poté je nutné ustavit vozíček tak, aby rovina dotyku koleček s povrchem byla rovnoběžná s rovinou země. Poté je možné na přístroji stisknout možnost kalibrovat. Tímto jsme kalibrovali kladné hodnoty osy x . Poté přetočíme vozíček o 180° a kalibrujeme záporné hodnoty osy. Jako pomůcku, jakým způsobem otočit vozíček je vhodné si zapamatovat, že vozíček vždy točíme tak, že jej uchopíme za zadní kolečka a otočíme. Před samotnou kalibrací je ještě nutné se přesvědčit, zda se v okolí nenacházejí feromagnetické předměty. Tyto předměty by mohly znehodnotit celou kalibraci. Obdobně kalibrujeme osu y . To znamená, že v přístroji zaškrtneme kalibraci y osy pro všechny snímače. Poté nasměrujeme vozíček tak, aby čidla směřovaly vzhůru, tedy do kladných hodnot y osy a stiskneme kalibrovat. Následně opět otočíme vozíček o 180° a kalibrujeme záporné hodnoty. Jak jsem již psal pro všechna tato otočení je výhodné použít zadní kolečka. Při kalibraci je vhodné co nejdůsledněji dbát na kolmost os, ve kterých kalibrujeme. Při nedodržení kolmosti je riziko nesprávné kalibrace a nutnosti postup opakovat. Pro kontrolu správnosti kalibrace je vhodné umístit vozíček opětovně do souřadného systému, ve kterém jsme jej kalibrovali a stisknout na přístroji možnost měření. Na displeji přístroje se objeví série hodnot a v případě, že jsme kalibrovali správně se budou příslušné hodnoty intenzity magnetického pole pohybovat vždy kolem 40 A/m . V případě chybné kalibrace se tyto hodnoty budou pohybovat ve stovkách a tisících a v tom případě je nutné provést kalibraci znovu.



Obr. č. 14 Kalibrace vodorovné osy kladné (zdroj[vlastní])



Obr. č. 15 Kalibrace vodorovné osy záporné (zdroj[vlastní])



Obr. č. 16 Kalibrace svislé osy kladné (zdroj[vlastní])

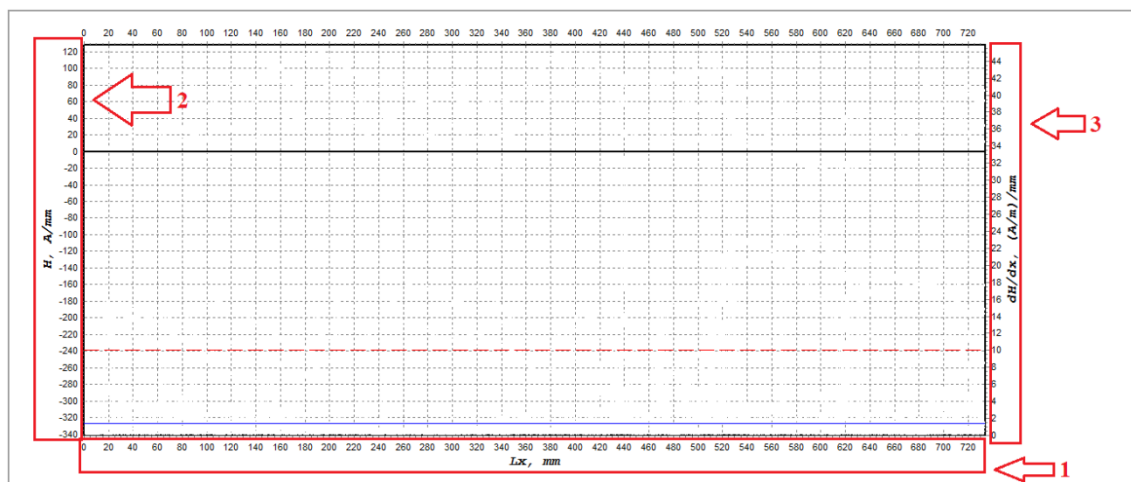


Obr. č. 17 Kalibrace svislé osy záporné (zdroj[vlastní])

Vyhodnocení měření

Vyhodnocení naměřených dat získané z měření pomocí metody magnetické paměti kovu není složité, ale vyžaduje jistou trpělivost. Jak získaná data interpretovat se pokusím v krátkosti vysvětlit. Veškeré grafy a nákresy, co budou v této stati uvedeny, pocházejí

z programu, který dodává k přístroji společnost Energodiagnostika. Nejprve je nutné si osvětlit co která osa v diagramu znamená.



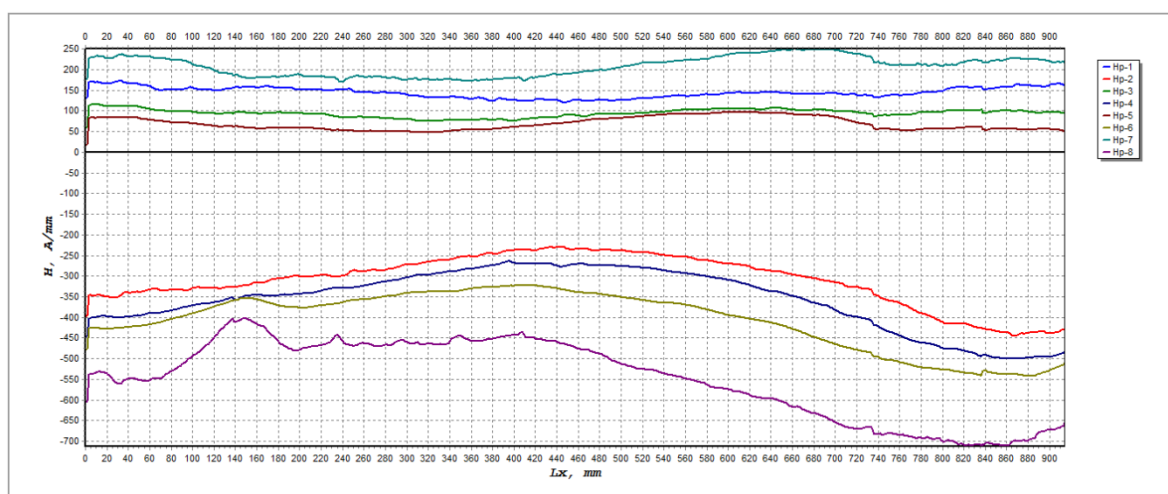
Obr. č. 18 Čistý magnetogram (zdroj[vlastní])

Toto je příklad grafu, který dostaneme z výše zmiňovaného programu. Data zde nejsou úmyslně zobrazena z důvodu lepší přehlednosti. Jak je možné si na grafu všimnout, nacházejí se na něm tři osy. První osa, vodorovná, označená číslicí 1 udává vzdálenost, ve které se měřené místo nachází. Tato vzdálenost se měří pomocí koleček na vozíku, jak jsem již dříve uvedl. Na levé straně grafu a označené číslicí 2 se nachází hodnota intenzity magnetického pole v daném místě materiálu. Normální hodnota pro naše zeměpisné podmínky je asi 40 A/m. Pokud se čára grafu pohybuje někde kolem této hodnoty je možné říci že s materiálem je vše v pořádku. Pokud tomu tak není je s materiálem něco v nepořádku a poté záleží na tvaru křivky grafu. Na ose na pravé straně označené na obrázku číslicí 3 se nachází gradient magnetického pole. Gradient v matematice vyjadřuje směr a velikost růstu či klesání pole. Zde tato veličina v zásadě označuje velikost dané vady. Zde jsou empiricky stanovené hodnoty 2 A/m/mm a 10 A/m/mm. Tyto hladiny jsou také označené v grafu modrou čarou a červenou čerchovanou čarou. Pohybují-li se hodnoty gradientu do 2 A/m/mm, bezpečně se jedná o materiál bez vad. Pohybují-li se hodnoty gradientu mezi 2 A/m/mm a 10 A/m/mm, mohou se v materiálu nacházet drobné vady. Při překročení hodnoty 10 A/m/mm lze relativně bezpečně říci, že v materiálu vada je. Samozřejmě tyto hodnoty nelze slepě brát za dogma a vyřazovat součásti při překročení hranice 10 A/m/mm z provozu. Vždy je potřeba uvážit, kde je součást umístěna a jak je namáhána a podle toho si upravit hranice. V materiálu se samozřejmě může objevit celá

škála různých poruch. Pro představu, jak se některé z nich projevují v grafu, zde uvedu pár příkladů.

Povrchová koroze

Povrchová koroze plošná je velice častý jev na feromagnetických materiálech. Pro diagnostiku povrchové koroze přirozeně stačí pouhé lidské oko. Bohužel tento jev výrazně znepřehledňuje magnetogramy a komplikuje diagnostiku dalších vad, které se mohou v materiálu nacházet. Povrchová koroze plošná se projevuje v magnetogramu tak, že se zvedne úroveň intenzity magnetického pole materiálu z 40 A/m, ale čáry intenzity zůstanou přibližně rovnoběžné s vodorovnou osou grafu.

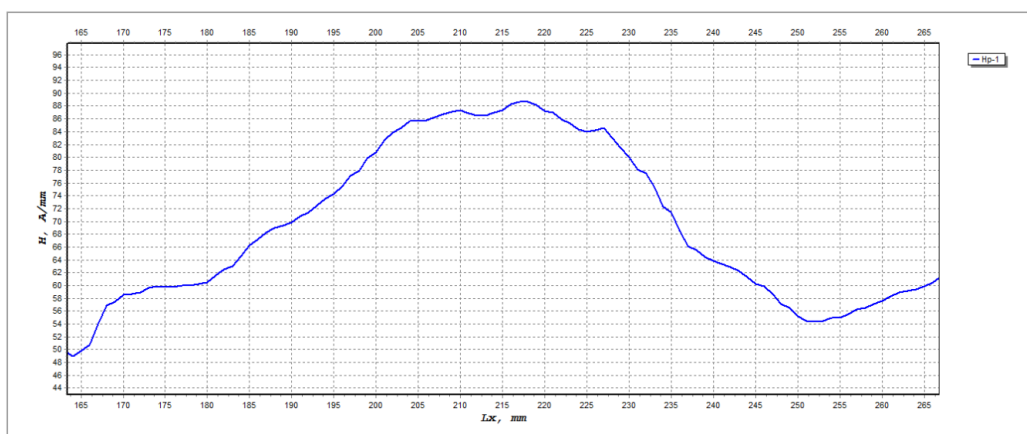


Obr. č. 19 Koroze (zdroj[vlastní])

Takto nějak může vypadat magnetogram zkorodované součásti povrchovou plošnou korozí. V případě, že by se na součásti nacházela i koroze důlková, tak by tento diagram vypadal jinak.

Drobné vady v homogenitě materiálu

Jak jsem se již dříve zmínil, metoda magnetické paměti kovu je schopna odhalit i vady, které se ještě nerozvinuly do trhliny. Tyto vady jsou běžnými konvenčními metodami nedestruktivní technické diagnostiky, jako například ultrazvukem, nezjistitelné. Záleží ovšem na posouzení každého člověka, zda tyto vady jsou nebezpečné pro provoz dané součásti. Samozřejmě je možné to vzít z opačné stránky. Tím, že známe místo poruchy a tím, že lze předpokládat, že se tato vada bude dále rozvíjet, můžeme se na toto místo periodicky vracet a vadu sledovat, samozřejmě je-li to nutné. Těmito vadami je možné chápat vady typu dislokace a podobně.

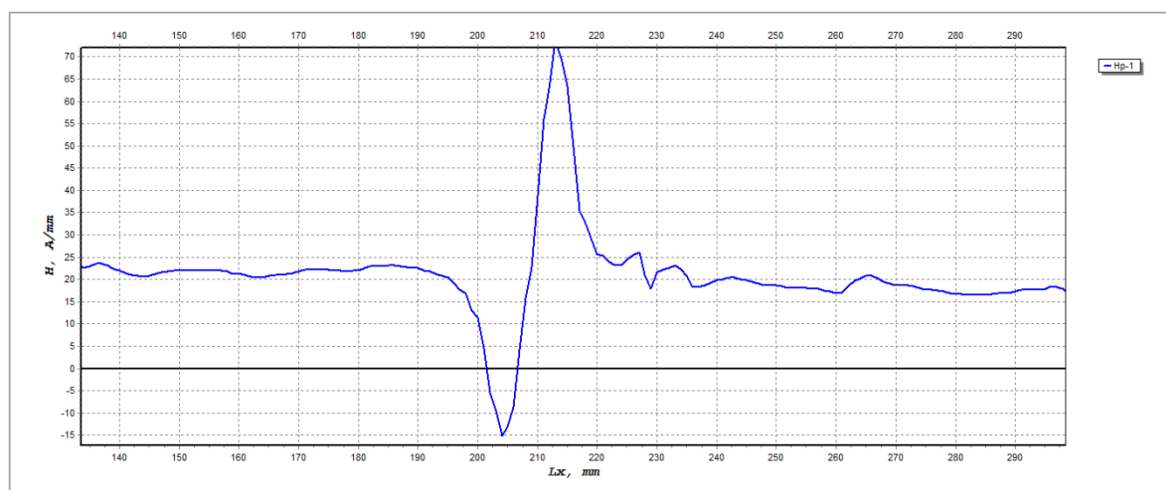


Obr. č.20 Drobná vada (zdroj[vlastní])

Takto nějak by mohlo vypadat znázornění podobné vady do grafu. Je možné si všimnout, že úroveň magnetizace se zvedá z původní hodnoty těch asi 40 A/m na úroveň asi 90 A/m a poté se vrací do přibližně původní hladiny. Důležité je na tom to, že vady tohoto typu mají graf kopcovitého charakteru.

Hrubé vady materiálu.

Těmito vadami se rozumí vady již rozvinuté do podoby trhliny praskliny a podobně. Každá vada je ve své podstatě koncentrátor napětí. Všechny tyto koncentrátory nějakým způsobem ovlivňují magnetické pole kolem materiálu. Nejvýrazněji toto pole ovlivňují trhliny štíhlé a podlouhlé a právě tyto hrubé vady jsou pro bezpečnost provozu každé součásti nejhorší.



Obr. č. 21 Hrubá vada (zdroj[vlastní])

Toto je typický příklad, jak na magnetogramu vypadá trhlina. Jak je patrné, tak čára intenzity magnetického pole protne hladinu 0 A/m, a to jsou místa označovaná jako zóny koncentrace napětí. (anglicky Stress Concentration Zones-SCZ). V těchto místech je

možné očekávat, že gradient vyskočí do vyšších hodnot. V zásadě vždy, když čára přejde nulovou hladinu, je nutné mít se na pozoru a v tomto místě očekávat vadu. V těchto místech bude vždy gradient vykazovat vyšší hodnoty. Zkoumat trhliny můžeme pouze na součástech v kuse. V případě destrukce součásti již žádné měření provést nelze, jelikož každá z roztržených částí ihned po destrukci získá své vlastní magnetické pole.

Mezi drobná negativa této metody bych uvedl nemožnost jejího použití na jiných materiálech než feromagnetických a nebo materiálech paramagnetických s tím, že při vnitřní změně těchto materiálů vznikne materiál feromagnetický. Další drobná nevýhoda je, že prozatím, je-li mi známo, není možné převést intenzitu magnetického pole a gradientu magnetického pole na jednotky napětí, což by výrazně zjednodušilo a zpřesnilo diagnostiku vad. Toto je již v řešení některých výzkumných ústavů a doufejme, že se tohoto brzy dočkáme.

2.7.1 Optimalizace rámu pro metodu MMM

Rám vznikl pro potřebu zkoumání magnetického pole kolem materiálu, který je jistým způsobem zatěžován. Myšlenka, podle které bylo postupováno při návrhu bylo, že se vytvoří rám a součást v něm bude namáhána pomocí šroubu. Prvotní rám, který byl nakreslen a postaven měl pár funkčních nedokonalostí, které bylo třeba vyřešit. Rám měl sloužit k tomu, aby se do něj upnuly součásti (většinou polotovary z ocelových tyčí) a ty byly natahovány, stlačovány případně ohýbány. Nejprve bylo třeba vyřešit, jakým způsobem bude součást do rámu upínána. Vzhledem k tomu, že jsem měl k dispozici pouze základní ruční elektrické nářadí (stojanová vrtačka, úhlová bruska, svařovací agregát s ochranným plynem CO₂ a podobně) musel jsem konstrukci navrhnout tak, aby byla vyrobitelná i na těchto relativně omezených zdrojích. Proto jsem čelisti navrhnul tak, aby připomínaly svěrky na dvou závitových tyčích. Tyto svěrky jsou po vložení součásti utaheny maticemi a přidržují ji za pomoci tření. Pro představu o zatížení součásti se mělo použít čidlo měření síly od firmy Ahlborn a k tomu příslušný přístroj. K tomuto čidlu bylo nutné vyrobit misky pro upnutí do měřicího rámu, a to jak pro měření tlakových napětí, tak i pro měření tahových napětí. Později bylo k tomuto přístroji přikoupeno čidlo, které jde našroubovat přímo do měřicí aparatury a odpadla proto nutnost použití těchto misek. Toto čidlo má pouze jednu nevýhodu, a to, že je pouze pro poloviční zatížení, zato není potřeba měnit misky při přechodu měření tahových a tlakových napětí. Další problém tkvěl v nízké výšce přípravku. Toto by vadilo zejména při měření ohybových napětí. Nízká výška by způsobila, že při rozměrnějších součástech by nešel

dovnitř našroubovat šroub vyvolávající přítlak. Toto jsem vyřešil prodloužením rámu pomocí stejných U-profilů, z jakých byl vyroben základní rám. Poté jsem již rám sestavil a opatřil nástřikem základové barvy. Grafy z měření a jejich vyhodnocení budou následovat později.



Obr. č. 22 Výroba rámu (zdroj[vlastní])



Obr. č. 23 Sestavování rámu (zdroj[vlastní])

3. Technická diagnostika a systémy údržby

Údržba po poruše

Jedná se o nejstarší systém údržby. Tento systém má pouze jednu výhodu. Je ze všech používaných systémů nejméně náročný na finanční prostředky nutné k pořízení drahých diagnostických přístrojů. Při aplikaci této metody se nic nediagnostikuje a opravuje se až v době, kdy se stroj porouchá. Tato relativní výhoda se stává při hlubším zamyšlení u drtivé většiny strojů a zařízení nevýhodou. Vezmeme-li v úvahu cenu některých zařízení, tak poté jsou již náklady na pořízení diagnostických přístrojů mizivé. Další nevýhoda z tohoto plynoucí je, že není zde reálná představa o technickém stavu provozovaného stroje, tudíž není možné naplánovat případnou odstávku, nehledě na to, že při poruše stroje může dojít k újmám na zdraví osob a případnému zničení navazujících strojních komponent. Od tohoto systému údržby se dnes již prakticky upouští a v moderní době se snad používá u strojů podružné důležitosti a nízké pořizovací ceny (jako například ruční vrtačka a podobně).

Preventivní údržba

Jedná se o dnes asi nejpoužívanější systém údržby opětovně s nulovými náklady na pořízení diagnostických přístrojů. Obdobně jako u předchozí metody, není třeba diagnostikovat žádné veličiny. Údržba a opravy takto spravovaných strojů probíhají v přesně daných intervalech (například počet ujetých kilometrů, počet odpracovaných motohodin a podobně). Tyto intervaly se stanovují empiricky při výrobě stroje. Zde samozřejmě vyvstává otázka, jak přesně vystihují tyto intervaly vytížení daného stroje. Velice hravě se může stát, že díl ještě nevyčerpal svou životnost a je přesto vyměněn, nebo naopak byl natolik silně zatěžován, že již měl být vyměněn dříve. Tato metoda nerespektuje provozní podmínky stroje a bere v úvahu pouze průměrované hodnoty stanovené výrobcem. Na druhou stranu je potřeba uznat, že u mnohých dílů je jejich cena natolik nízká, že by se finančně neoplatilo pořizovat drahá diagnostická vybavení nebo si najímat specializované firmy.

Prediktivní údržba

Tento systém údržby vyžaduje nasazení prostředků technické diagnostiky. Tyto prostředky se nasazují v režimu on-line nebo off-line. Nutnost pořizovat relativně drahé diagnostické přístroje mnohé odradí. Je potřeba si uvědomit a chápat tento fakt z dlouhodobějšího hlediska. Pořízením těchto přístrojů a vhodnou aplikací do provozu

docílíme toho, že budeme mít reálnou představu o technickém stavu sledovaného stroje. Tento fakt umožní nejen sledovat jeho vývoj, ale také například vhodně a s dostatečným předstihem naplánovat případnou odstávku stroje, nakoupit případně si nechat vyrobit potřebné díly nutné k výměně. To umožní zmenšit skladovací zásoby náhradních dílů a snížit náklady na potřebné prostory. Vhodné nasazení prediktivní údržby do provozu sníží riziko havárií stroje, a tím i neplánovaných odstávek.

Proaktivní údržba

Proaktivní údržba pracuje na základech údržby prediktivní s tím, že je aplikována do stroje již v době jeho výroby. Tento fakt zavádění diagnostiky do provozu zlevňuje, neboť je levnější si koupit stroj již s diagnostickým vybavením zabudovaným, než jej posléze složitě dodělávat.

3.1. Popis údržby v Třineckých železárnách-válcovně trub

Údržba v Třineckých železárnách válcovně trub probíhá pomocí preventivních prohlídek. V rámci těchto prohlídek jsou například vyměňovány sady válců a tyto válce repasovány.

Plánovaná údržba

Dekádní prohlídka- Provádí se po desetidenní činnosti stroje. Při této prohlídce se namažou všechna místa připojená na centrální mazací systém a provede se vizuální kontrola stroje.

Prohlídka po kampani- Tato prohlídka probíhá vždy po dvacetidenní činnosti stroje. Po této době dojde k odstavení stroje a je provedena výměna sady válců, které se poté repasují. Tato repase probíhá z důvodu, že válce po dvaceti dnech činnosti jsou již natolik opotřebovány, že není možné splňovat výrobní tolerance. Při repasi se provádí osoustružení pracovní plochy válce a nalisování nové, kontrola stavu ložisek a jejich případná výměna a případné zabandážování čepů válce a podobně

Neplánovaná údržba

Havárie- Tato údržba nastává po destrukci některé části děrovacího stroje. Situace může nastat například právě prasknutím válce.

Provozní údržba- Jedná se o ojedinělý stav, který nastává v době, kdy již linka není schopna vyrábět výrobky v dané toleranci. Například toto může nastat předčasným opotřebením válců.

4. Popis konkrétního problému

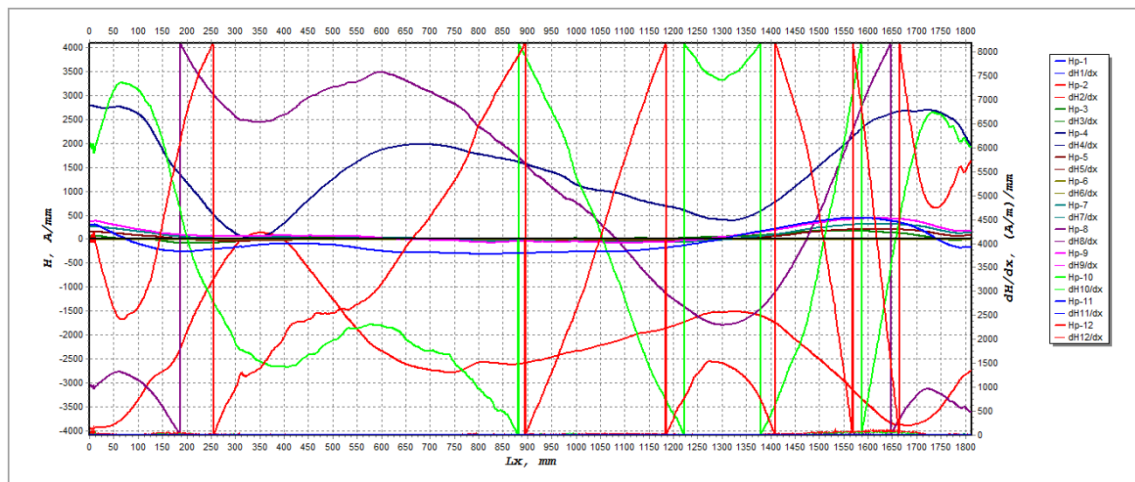
Na stroji pro výrobu bezešvých trubek jménem Velký Mannesmann docházelo k tvorbě trhlin ve válcích, které se postupem doby šířily do takové míry, až tyto válce nevydržely přenášené zatížení a praskly. Jedním z úkolů řešených v této diplomové práci bylo nasadit prostředky technické nedestruktivní diagnostiky pro odhalení těchto prasklin a případně takto poškozené válce vyřadit z provozu. K řešení tohoto problému byl použit přístroj pro měření intenzity magnetického pole Til 5 od společnosti Energodiagnostika. Drobným zadrhelem pro toto měření se stal rozměr vlastních válců. Vzhledem k tomu, že se jedná o válce s relativně velkým průměrem čepů, tak bude problematické naměřené hodnoty s něčím porovnat, neboť podobnou masu materiálu předtím, pokud je mi známo, nikdo neměřil. K dispozici jsem měl informaci, že válce nesly v okamžiku destrukce veškeré zatížení asi na 150 mm svého průřezu, z čehož jsem nakonec vyšel.



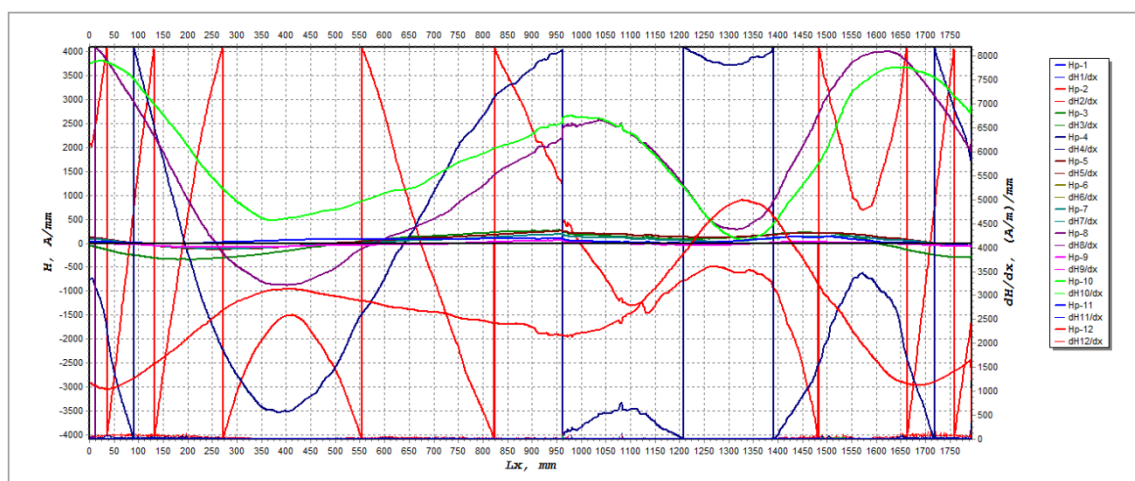
Obr. č. 24 Válec po lomu (zdroj[13])

5 Magnetogramy válců

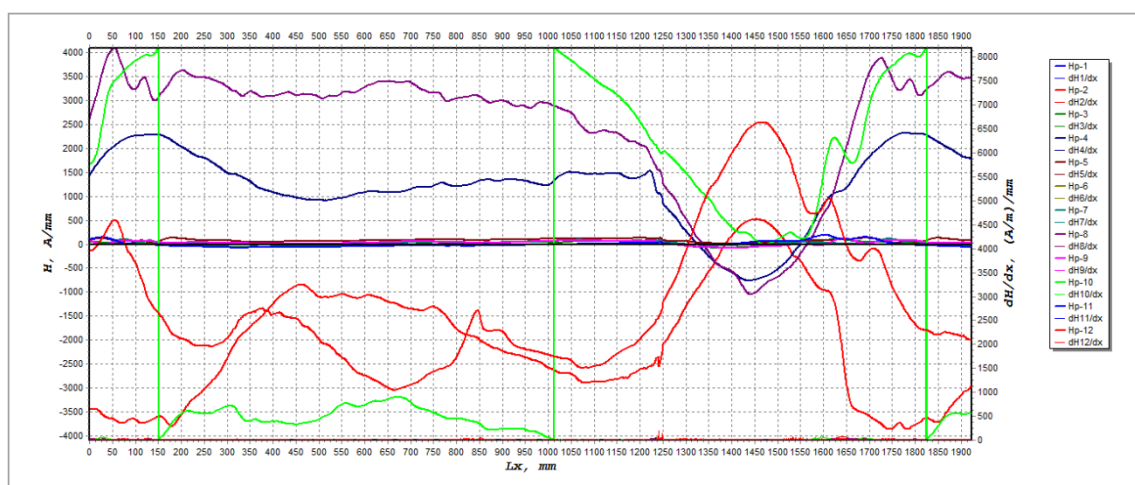
5.1. Válec sada 1 levý hnaný konec



Obr. č. 24 Úsek 1 (zdroj[vlastní])

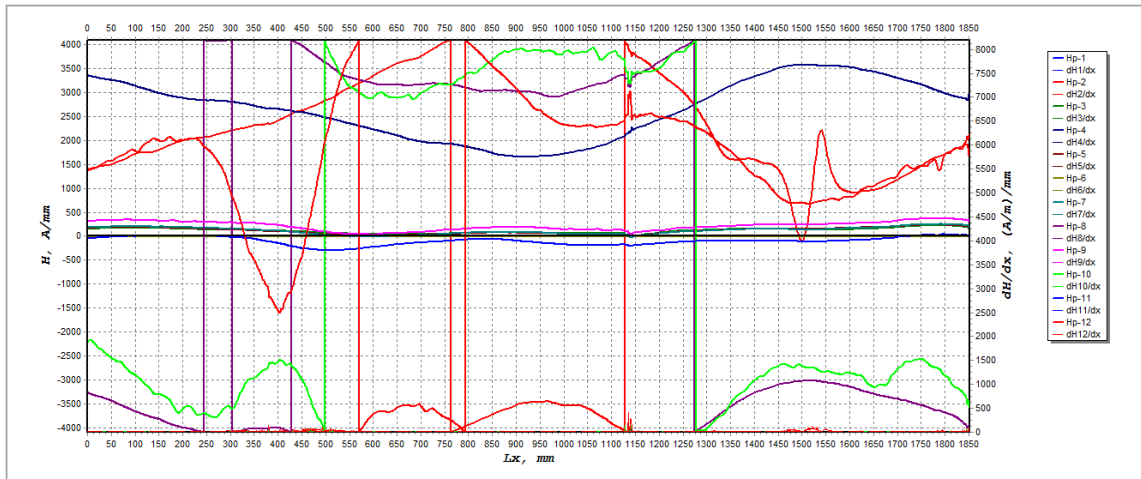


Obr. č. 25 Úsek 2 (zdroj[vlastní])

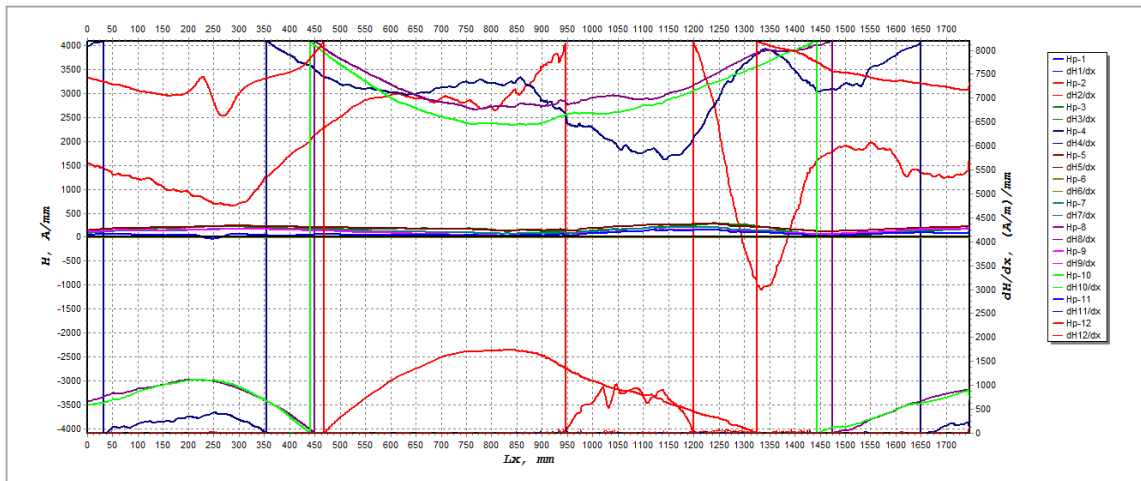


Obr. č. 26 Úsek 3 (zdroj[vlastní])

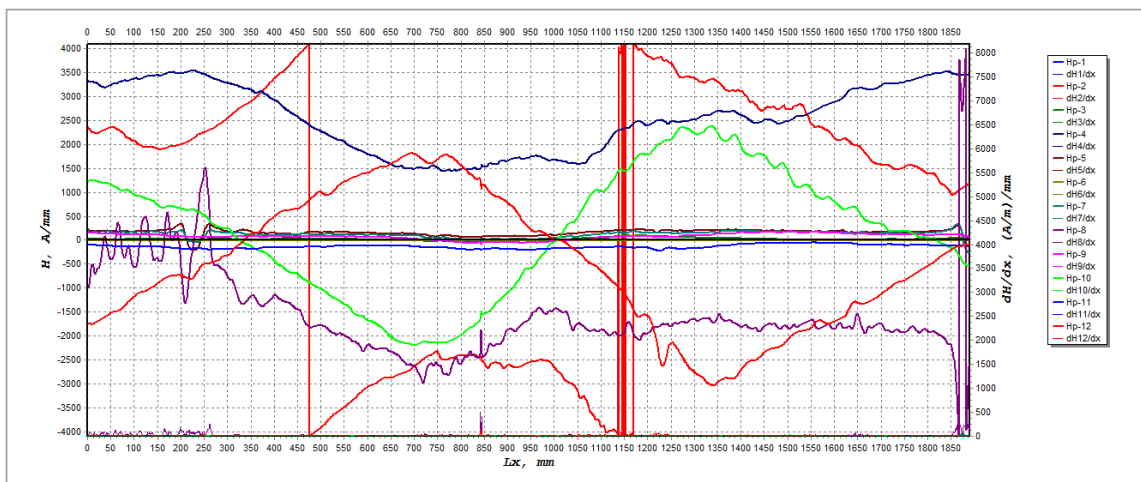
5.2. Válec sada 1 levý volný konec



Obr. č. 27 Úsek 1 (zdroj[vlastní])

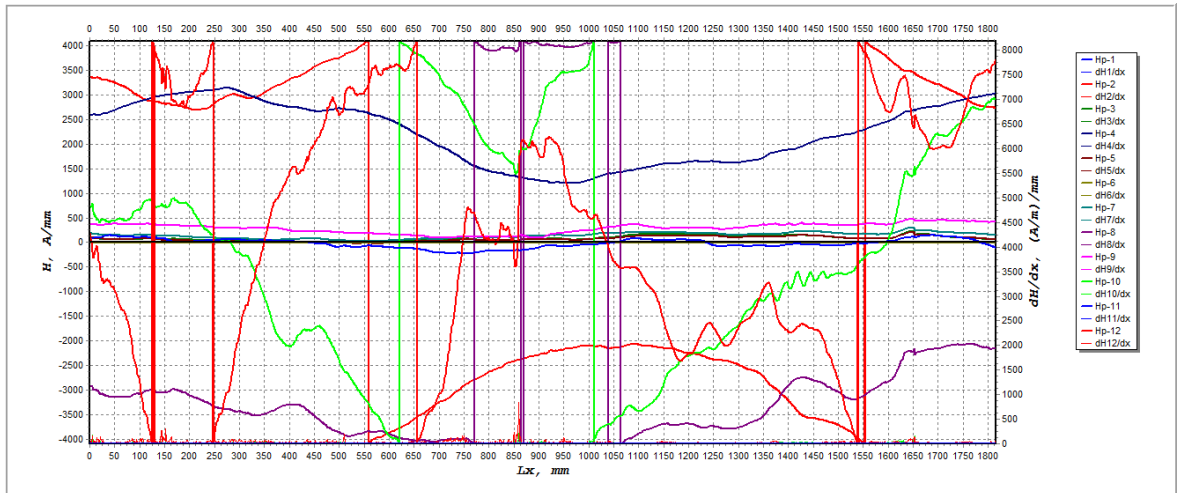


Obr. č. 28 Úsek 2 (zdroj[vlastní])

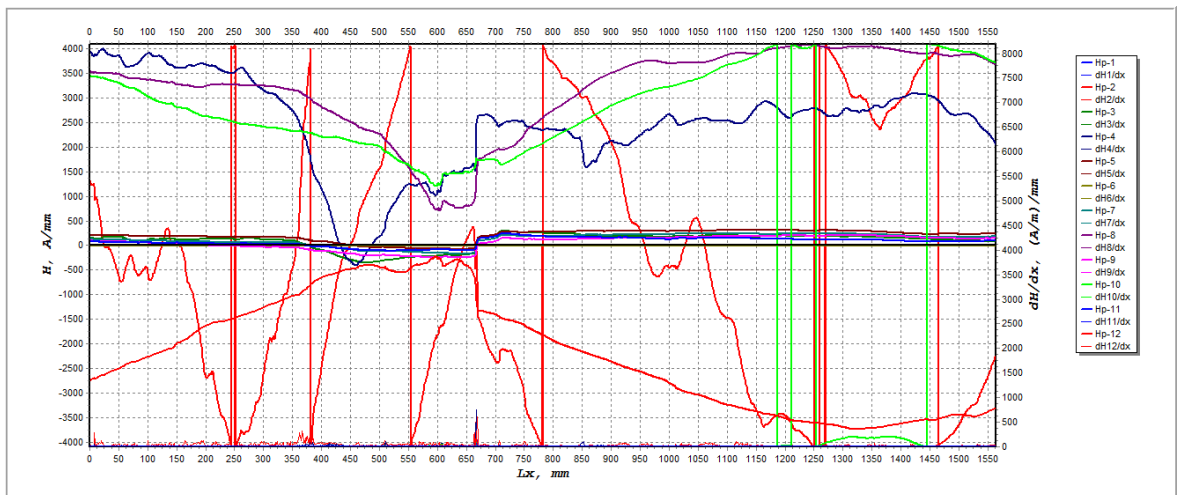


Obr. č. 29 Úsek 3 (zdroj[vlastní])

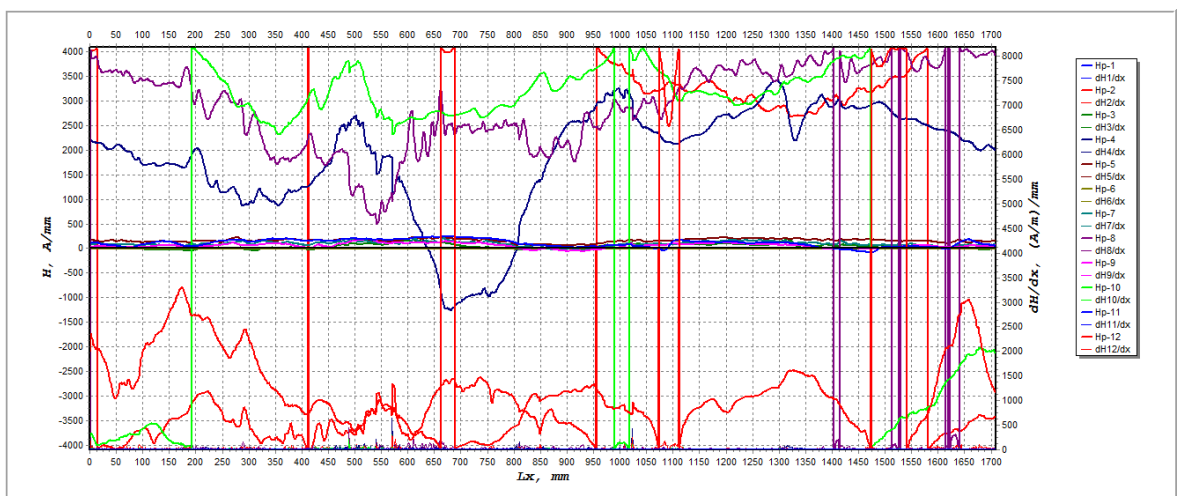
5.3. Válec sada 2 levý hnaný konec



Obr. č. 30 Úsek 1 (zdroj[vlastní])

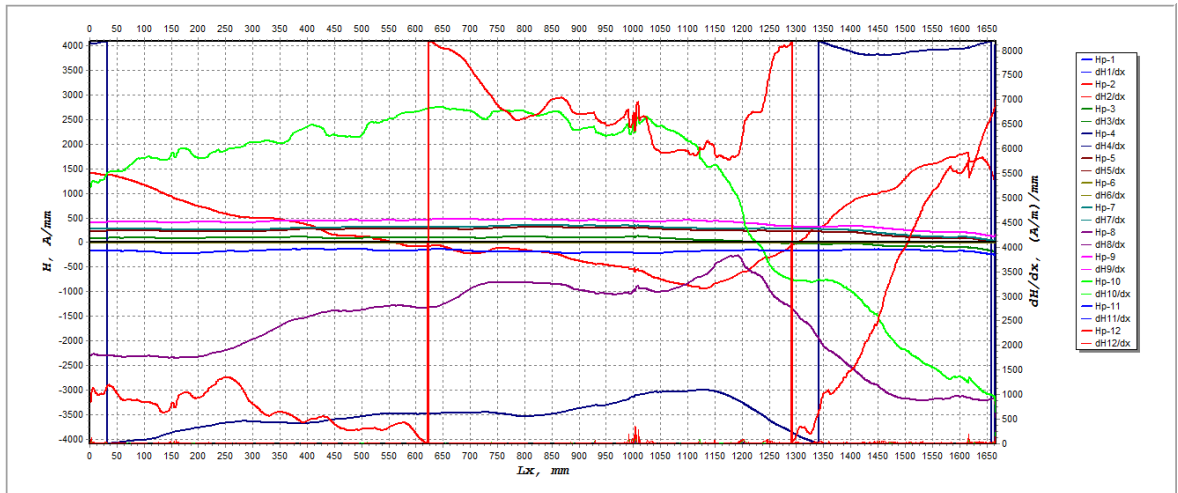


Obr. č. 31 Úsek 2 (zdroj[vlastní])

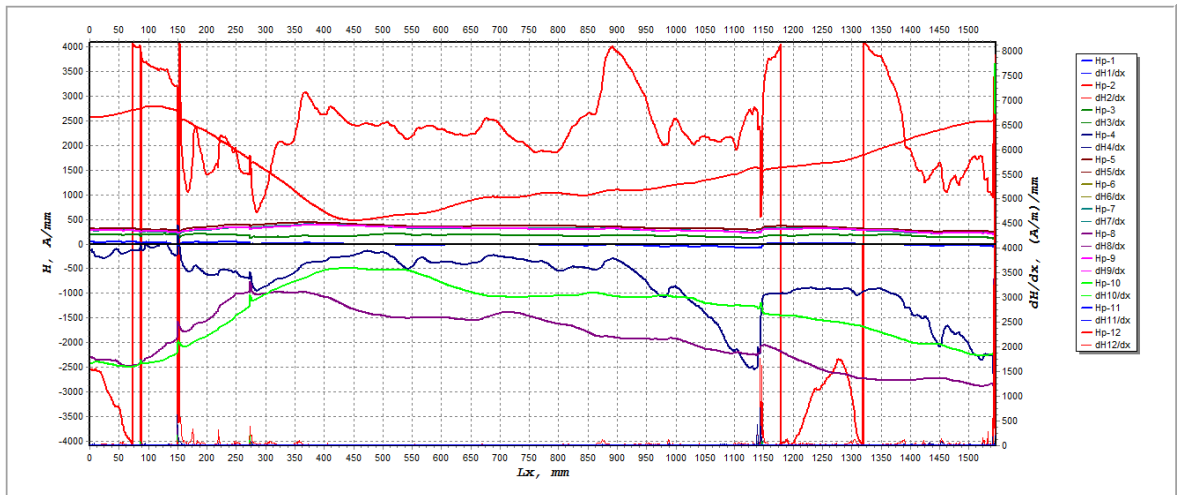


Obr. č. 33 Úsek 3 (zdroj[vlastní])

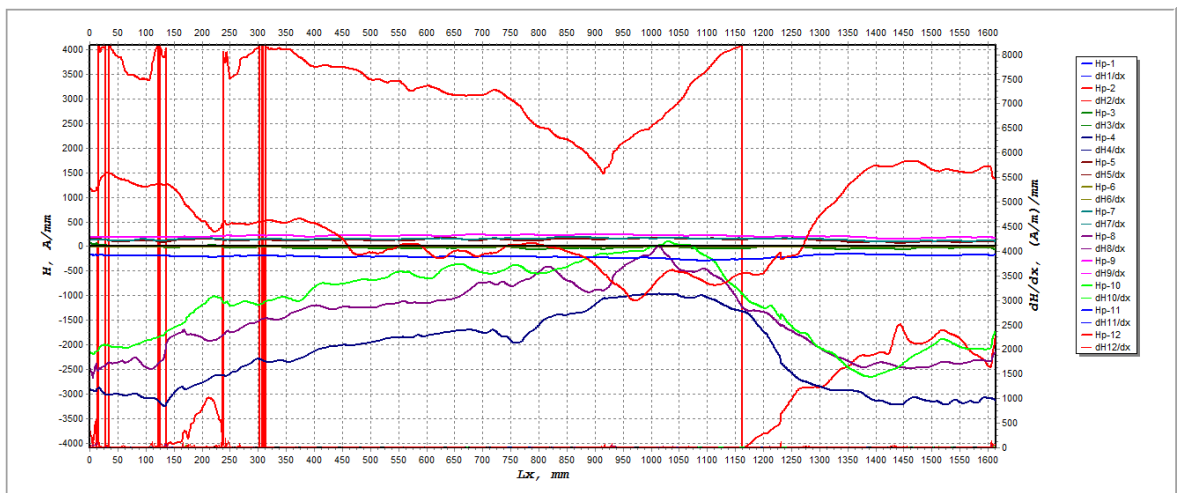
5.4. Válec sada 2 pravý hnaný konec



Obr. č. 34 Úsek 1 (zdroj[vlastní])

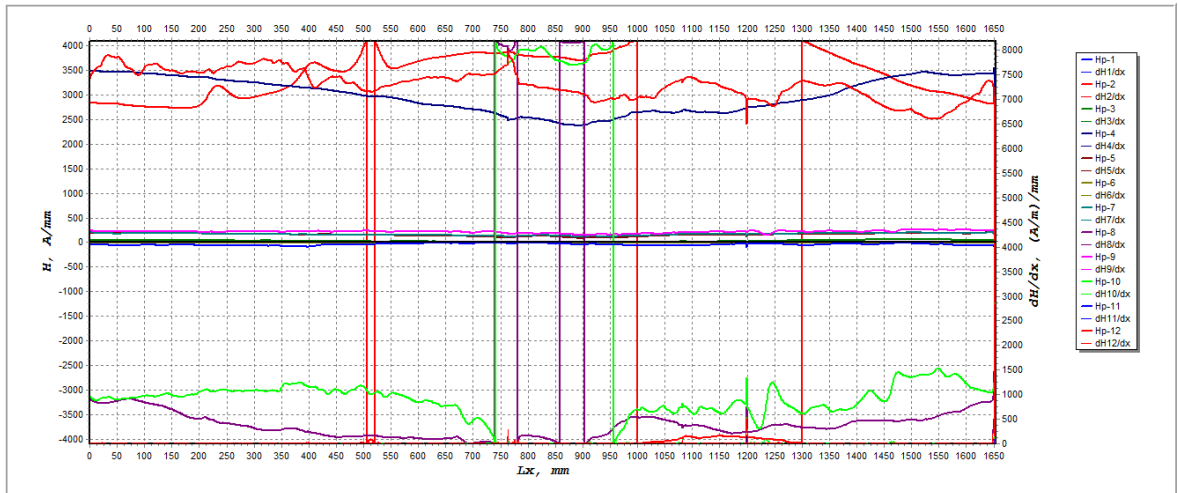


Obr. č. 35 Úsek 2 (zdroj[vlastní])

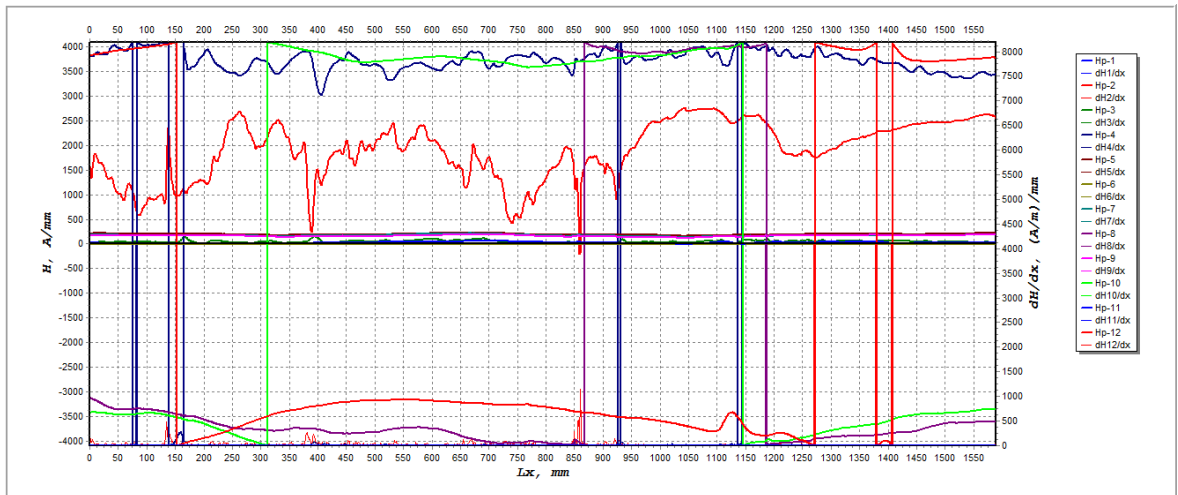


Obr. č. 36 Úsek 3 (zdroj[vlastní])

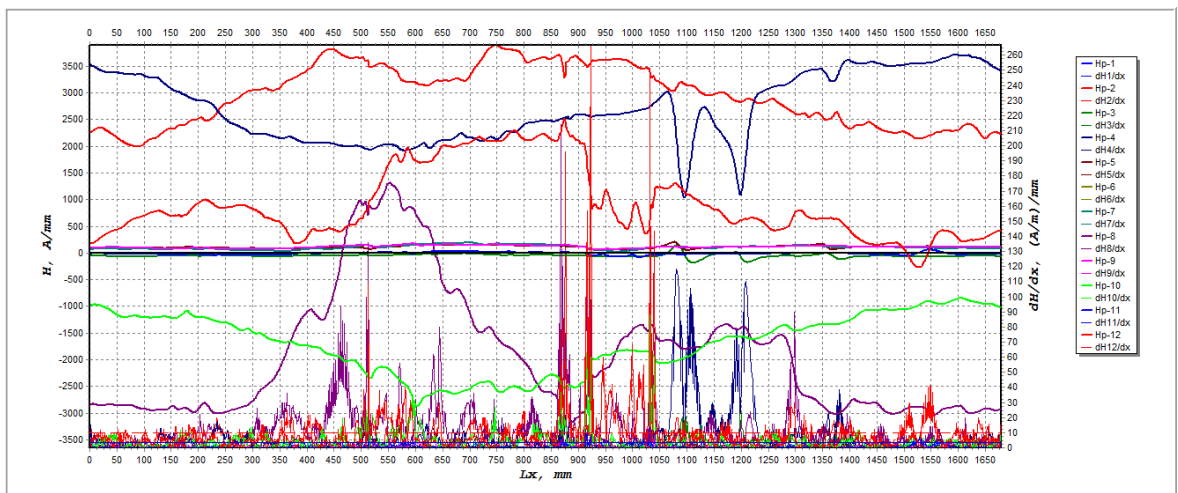
5.5. Válec sada 2 pravý volný konec



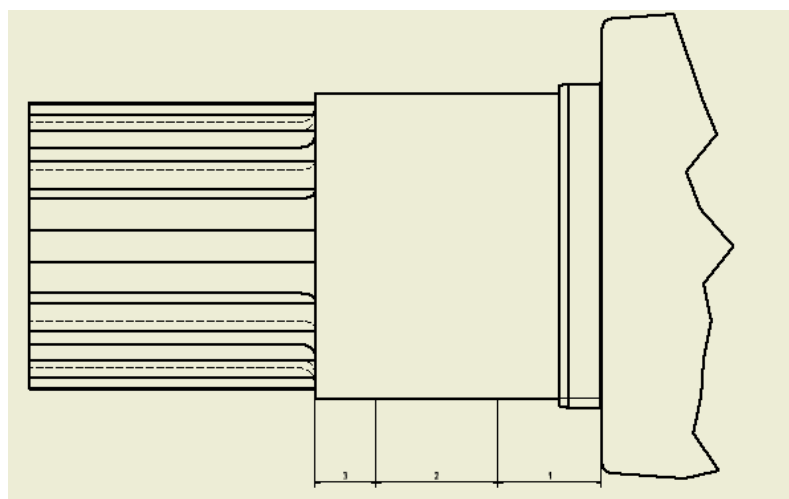
Obr. č. 37 Úsek 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 38 Úsek 2 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 39 Úsek 3 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 40 Schéma měření (zdroj[vlastní])

5.6. Zhodnocení stavu válců

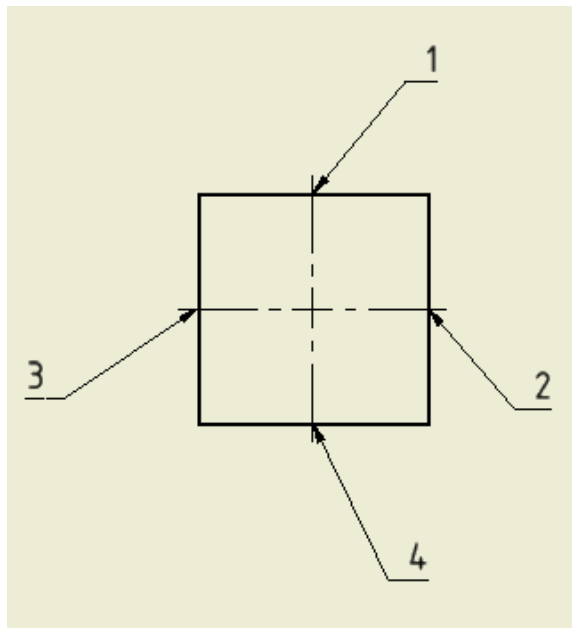
Na výše uvedených magnetogramech je vidět, že všechny válce obsahují jisté zóny koncentrace napětí, které ukazují na trhliny v materiálu. Vzhledem k tomu, že čepy válců mají značný průměr a válce před destrukcí nesly zatížení asi na 150 milimetrech svého průřezu, ponechal bych tyto válce v provozu. Doporučoval bych tyto válce sledovat a při razantním zhoršení stavu válce vyřadit.

6. Analýza grafů z měření závislosti magnetického pole na zatížení

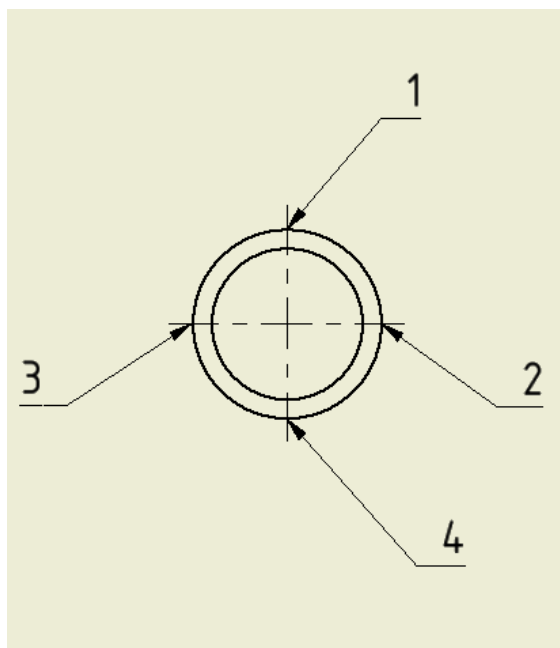
Měření byla prováděna na dvou tyčích. První tyč byla plná čtvercového průřezu o straně 30 milimetrů značená TYČ ČTVERCOVÁ 30 ČSN 42 5520.20 materiálu 11 343. Druhá tyč byla trubka o průměru 20 milimetrů a tloušťky stěny 2 milimetry značená TR Φ 20 x 2 ČSN 42 5715.01 materiálu 11 353. Měření probíhalo na dříve zhotoveném přípravku a to tím způsobem, že polotovar byl upnut mezi čelisti a natahován nebo stlačován. Po dosažení dané hladiny zatížení bylo změřeno magnetické pole kolem materiálu. Toto měření probíhalo tak, že na přístroji bylo nastaveno aby měřil v časové oblasti a poté čidlem, kterým se pohybovalo pokud možno konstantní rychlostí, sejmula data. Bohužel pro měření trubky jsem neměl k dispozici čidlo pro měření síly. Proto jsem použil momentový klíč, na který jsem nastavil nejprve hodnotu 42 Nm a poté 70 Nm. Z těchto hodnot a z údajů z výkresové dokumentace si poté dopočítám zatěžující sílu. Tento výpočet má bohužel pouze do jisté míry informativní charakter, z důvodu, že při jeho výpočtu je nutné volit řadu součinitelů a ty mají docela široké rozpětí. Výpočet provedu pouze pro jednu hodnotu a druhou již poté uvedu pouze do tabulky. Tato hodnota byla počítána pomocí stejných vzorců. Dále poté provedu výpočet napětí od zatěžující síly v jednotlivých tyčích.



Obr. č. 41 Měření na rámu (zdroj[vlastní])



Obr. č. 42 Schéma měření na čtvercové tyči (zdroj[vlastní])



Obr. č. 43 Schéma měření na trubce (zdroj[vlastní])

Výpočet osové síly

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,3}{\cos \frac{30}{2}}$$

$$\varphi' = 17,25^\circ$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{2}{\pi \cdot 19}$$

$$\psi = 2^\circ$$

$$M_U = M_{TZ} + M_{TM}$$

$$M_U = F_O \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} + F_O \cdot f_m \cdot \frac{d_m}{2}$$

$$M_U = F_O \cdot \left[\tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} + f_m \cdot \frac{d_m}{2} \right]$$

$$F_O = \frac{M_u}{\tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} + f_m \cdot \frac{d_m}{2}}$$

$$F_O = \frac{42}{\tan(2 + 17,25) \cdot \frac{19 \cdot 10^{-3}}{2} + 0,3 \cdot \frac{26,5 \cdot 10^{-3}}{2}}$$

$$F_O = 5760N$$

Výpočet napětí od zatěžující síly v tyčích

Tento výpočet provedu pouze pro trubku zatíženou 5760 N. U ostatních hodnot je výpočet obdobný.

$$\sigma_t = \frac{F}{S}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$\sigma_t = \frac{5760}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4} - \frac{\pi \cdot 16^2}{4}}$$

$$\sigma_t = 51MPa$$

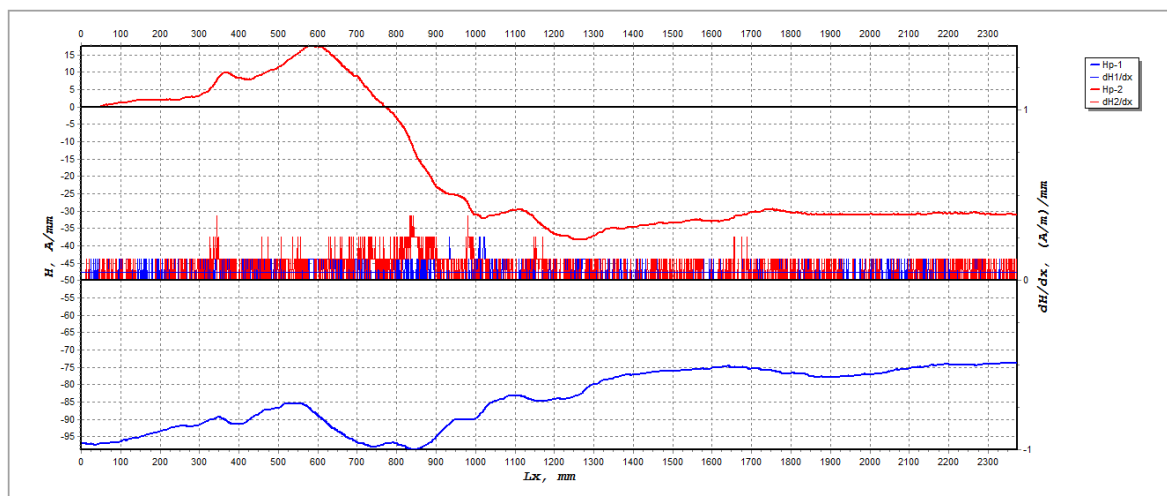
Tabulka vypočtených zatěžujících sil a napětí pro kruhovou trubku

Zatěžující moment [Nm]	Zatěžující síla [N]	Napětí [MPa]
42	5760	51
70	9600	85

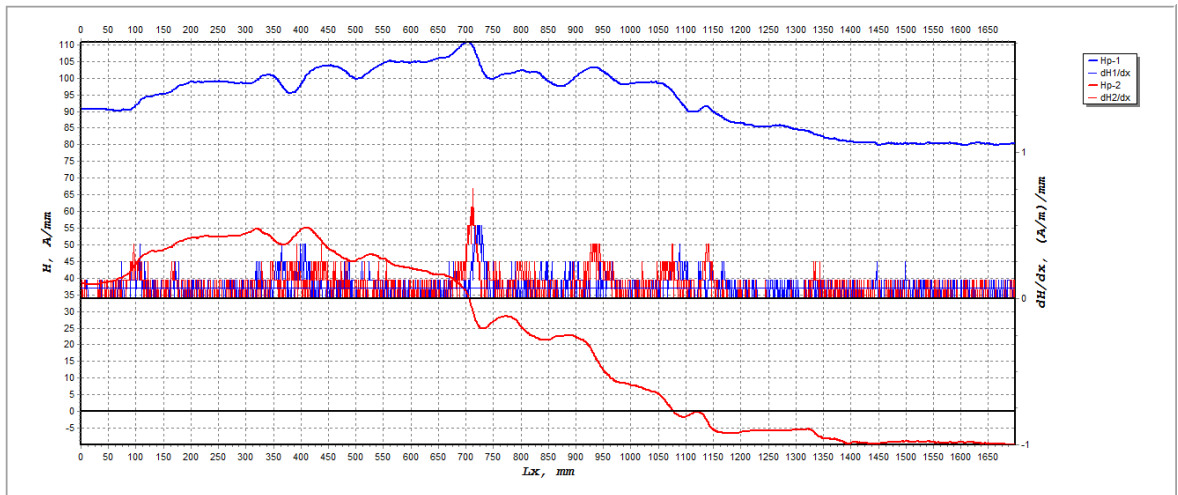
Tabulka zatěžujících sil a vypočtených napětí pro čtvercovou tyč

Zatěžující síla [N]	Napětí [MPa]
300	0,33
600	0,66
1000	1,11
2000	2,22
5000	5,55

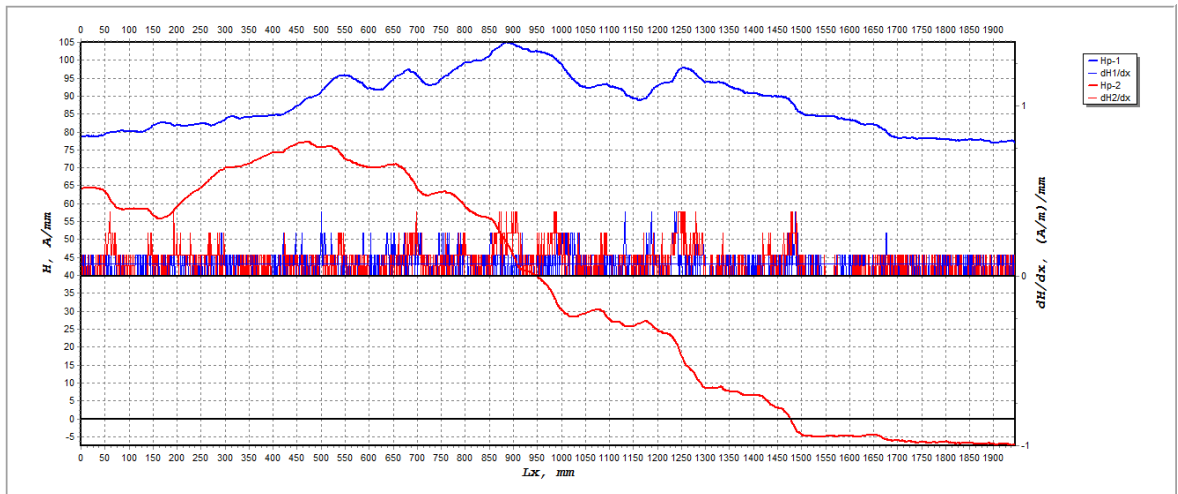
6.1. Čtvercová tyč bez zatížení.



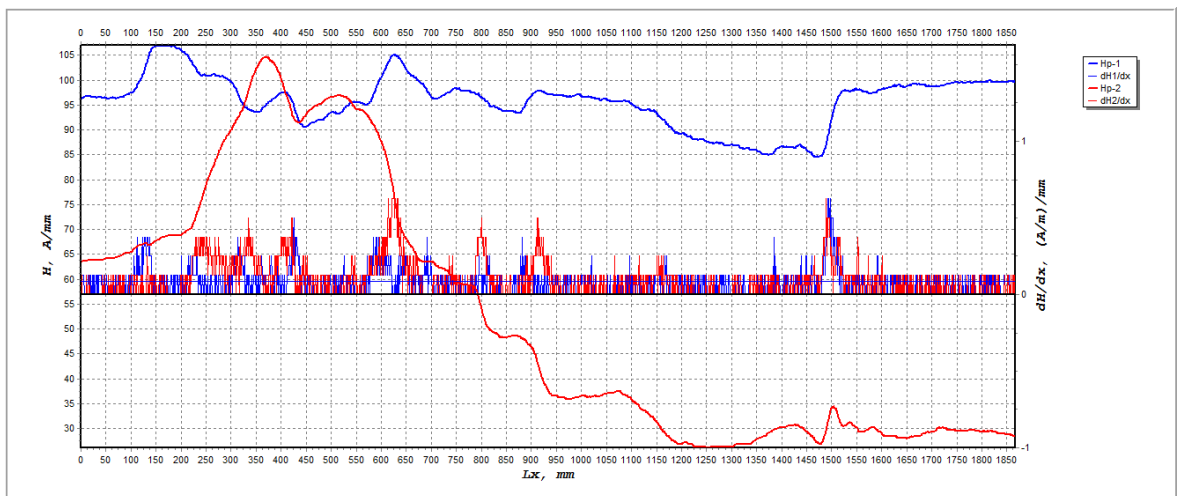
Obr. č. 44 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 45 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

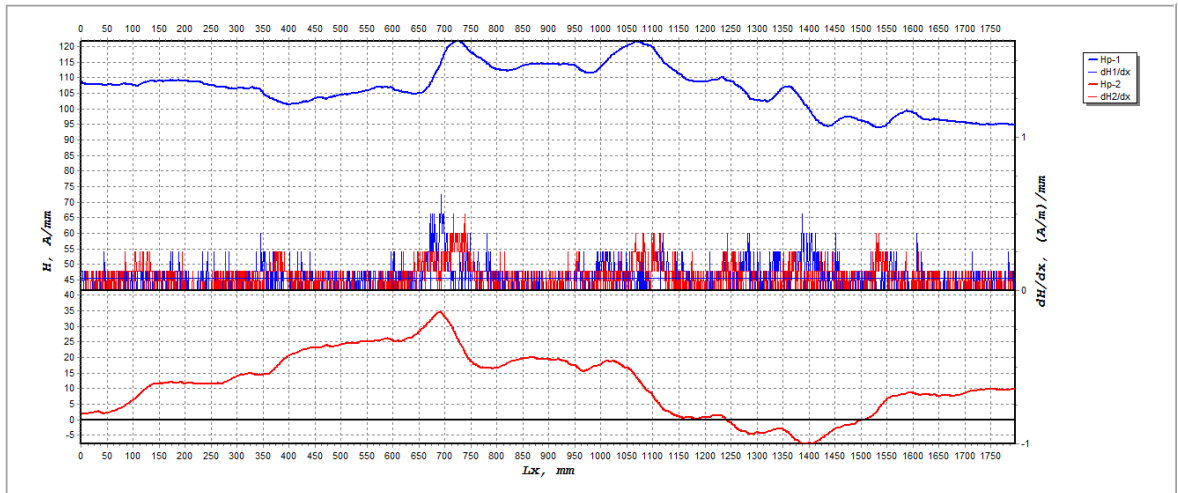


Obr. č. 46 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

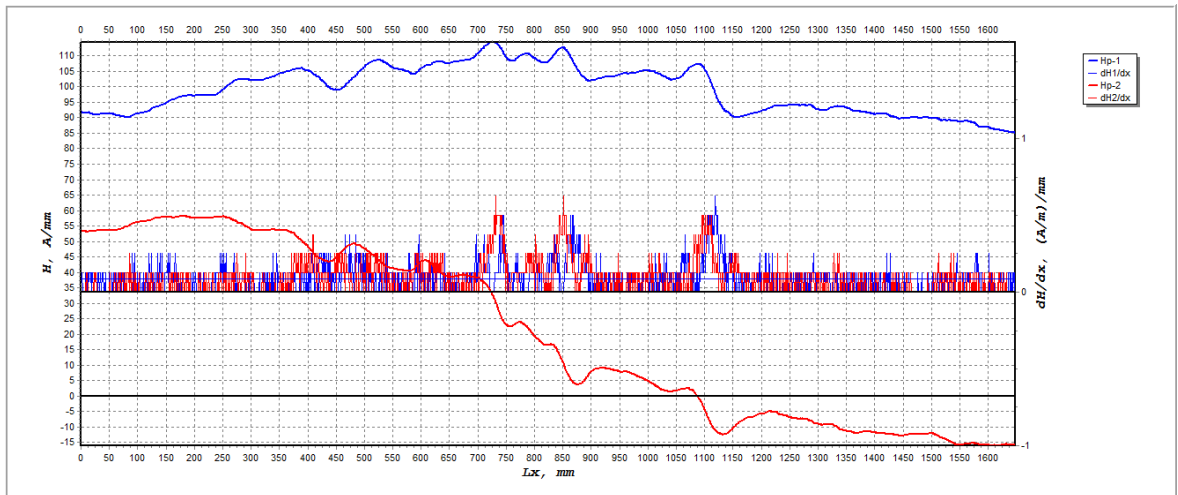


Obr. č. 47 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

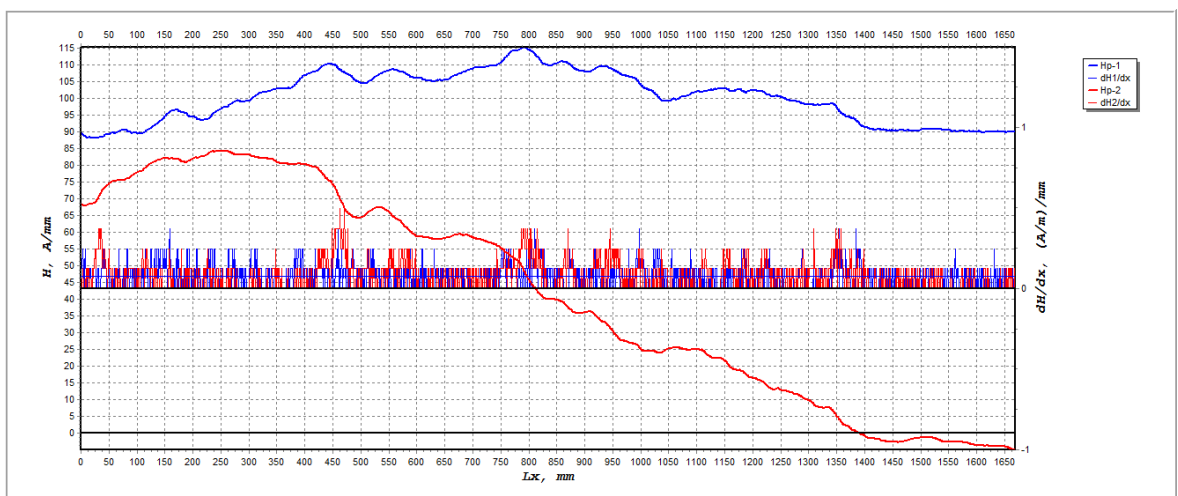
6.2. Čtvercová tyč zatížení 300 N v tahu



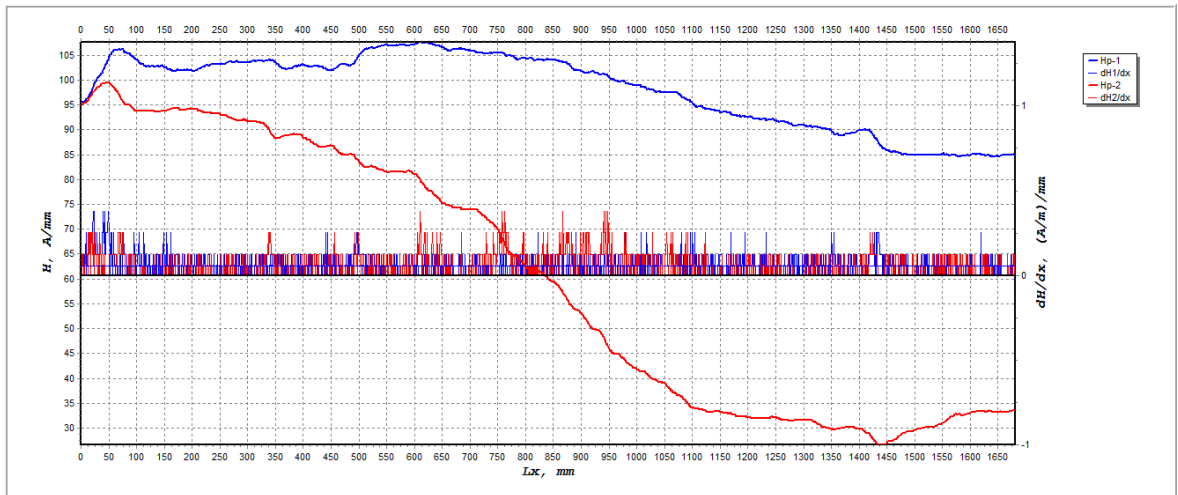
Obr. č. 48 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 49 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

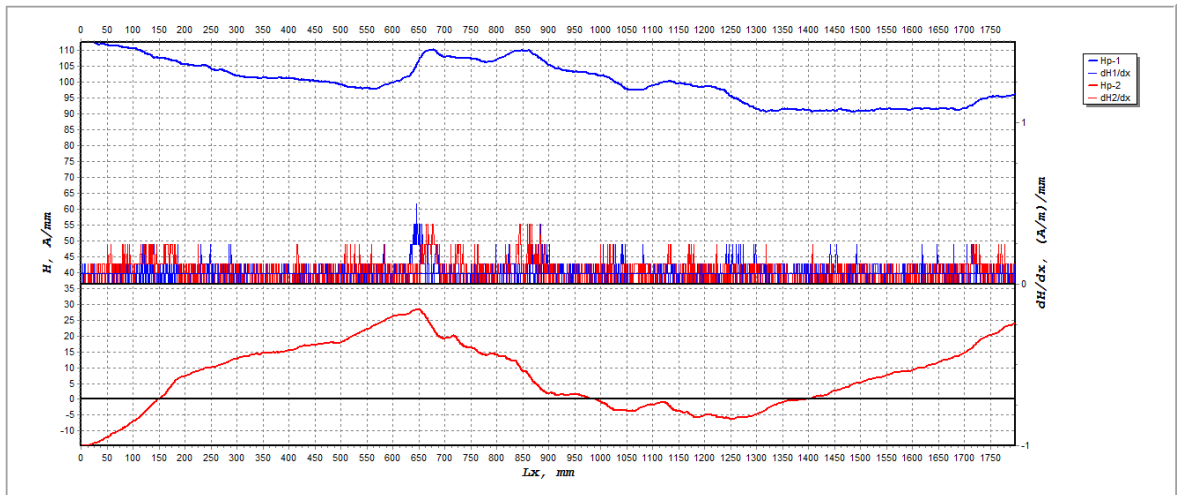


Obr. č. 50 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

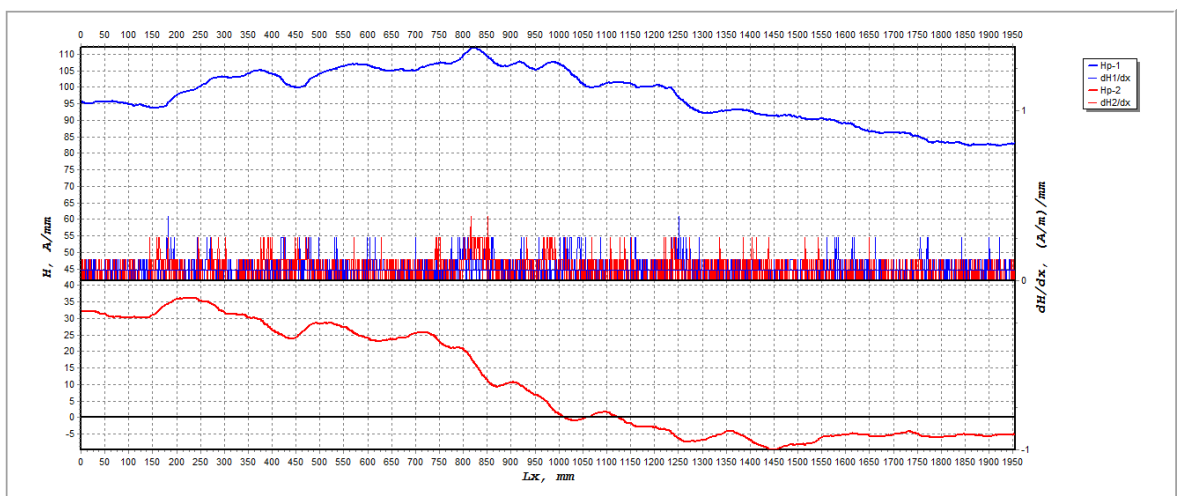


Obr. č. 51 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

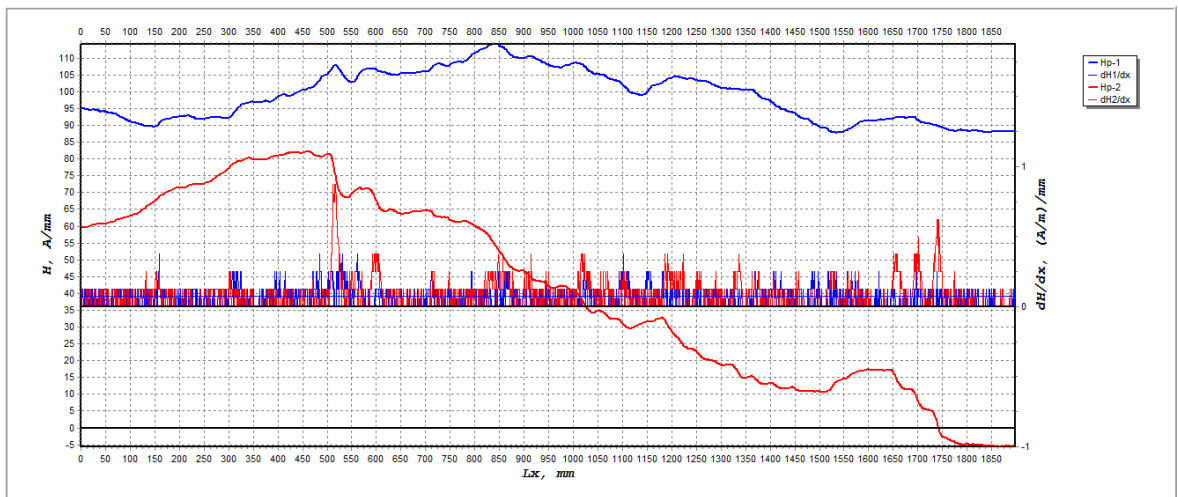
6.3. Čtvercová tyč zatíženi 600 N v tahu



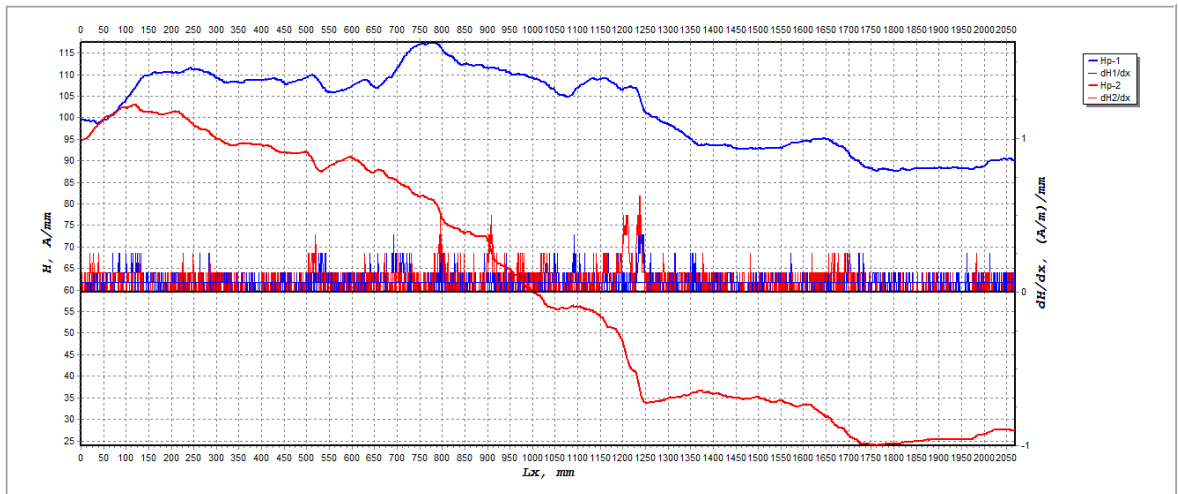
Obr. č. 52 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 53 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

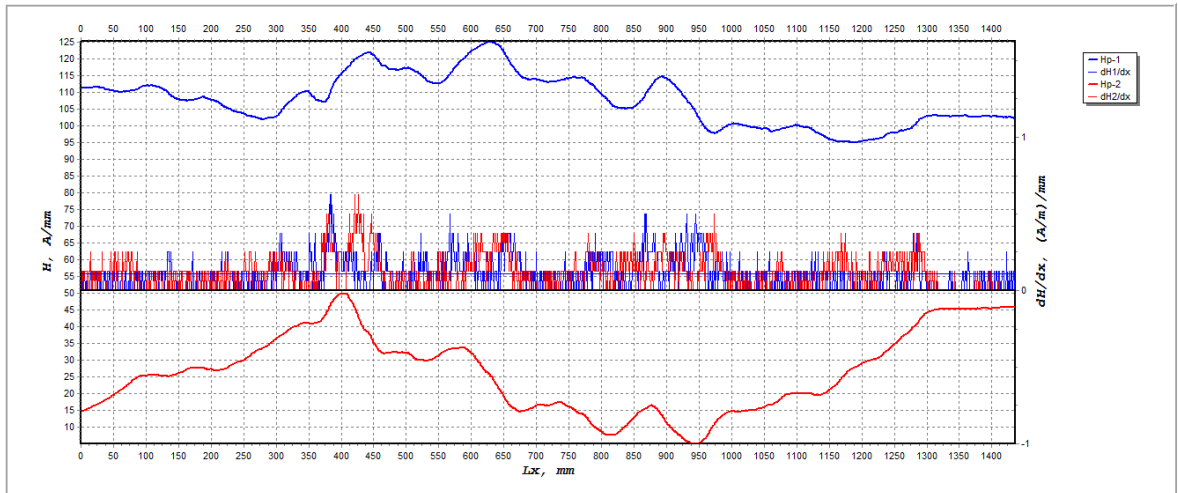


Obr. č. 54 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

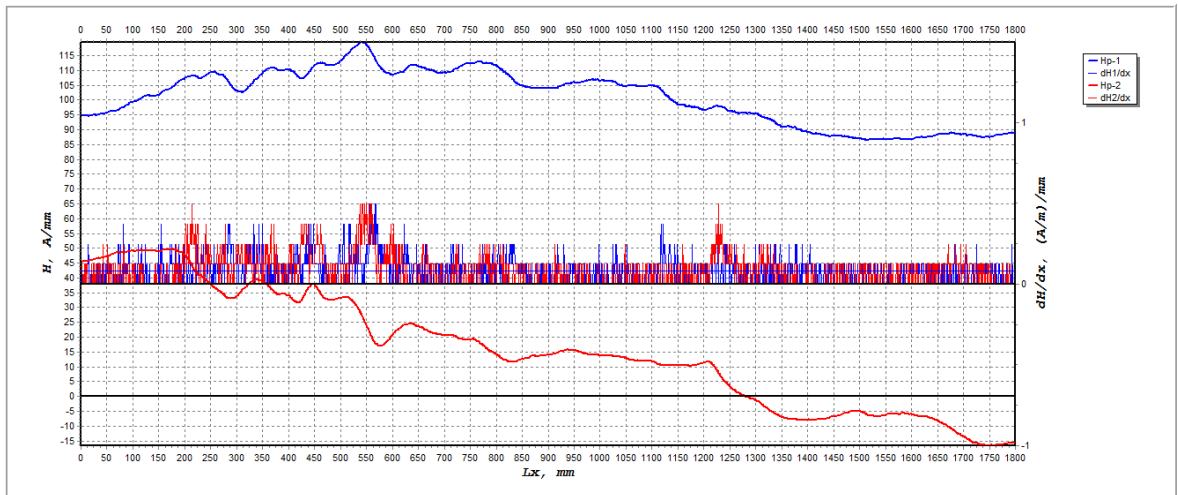


Obr. č. 55 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

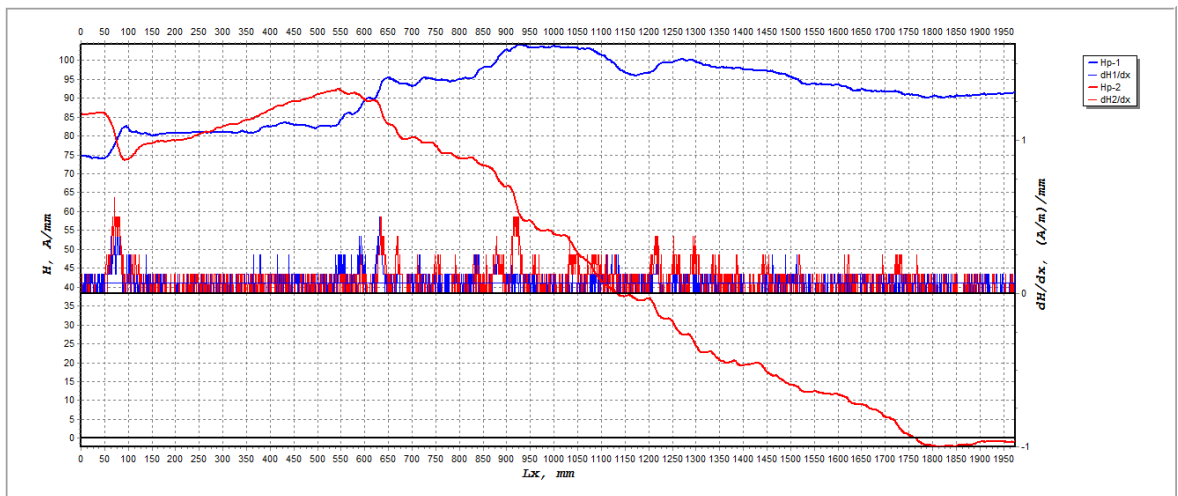
6.4. Čtvercová tyč zatížení 1000 N v tahu



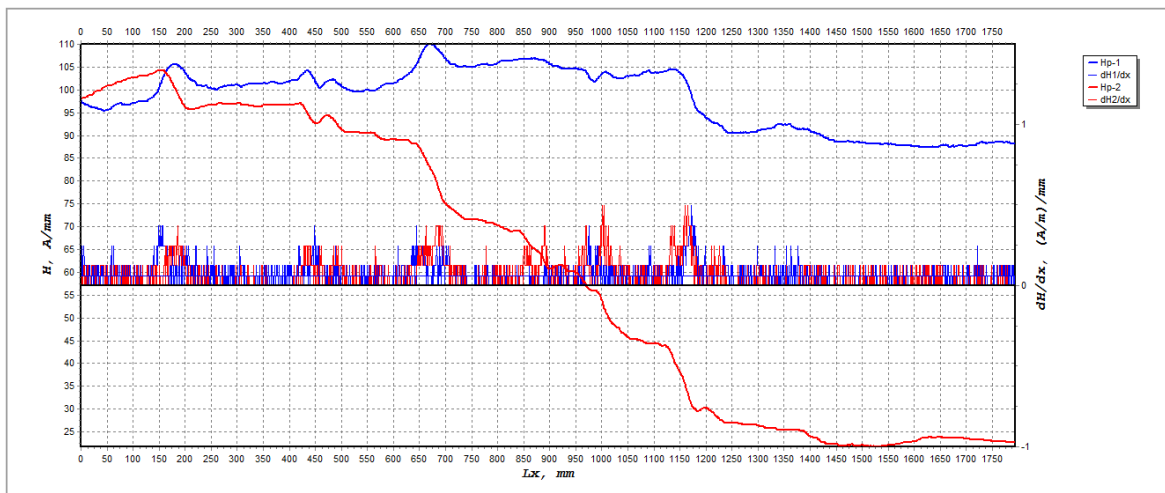
Obr. č. 56 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 57 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

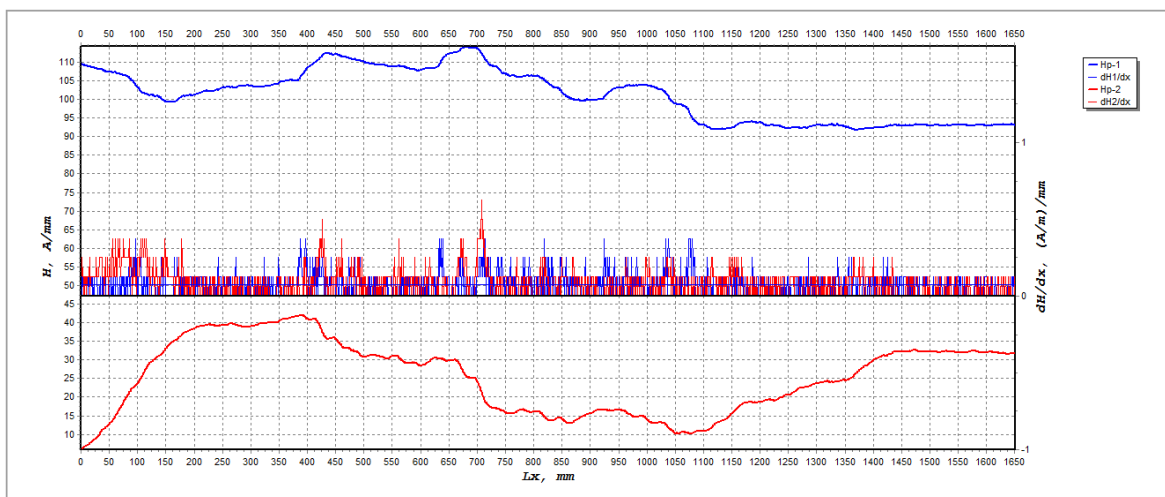


Obr. č. 58 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

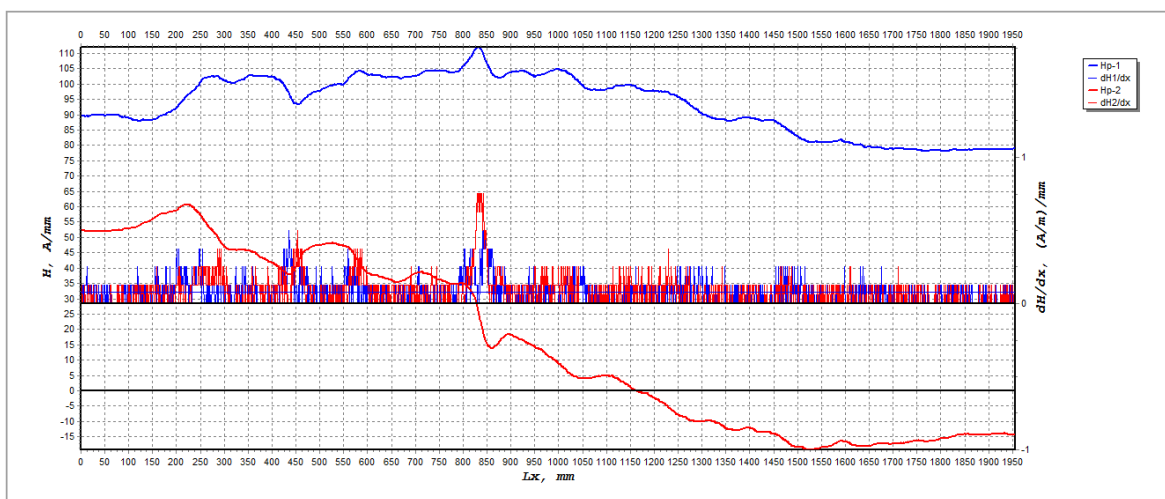


Obr. č. 59 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

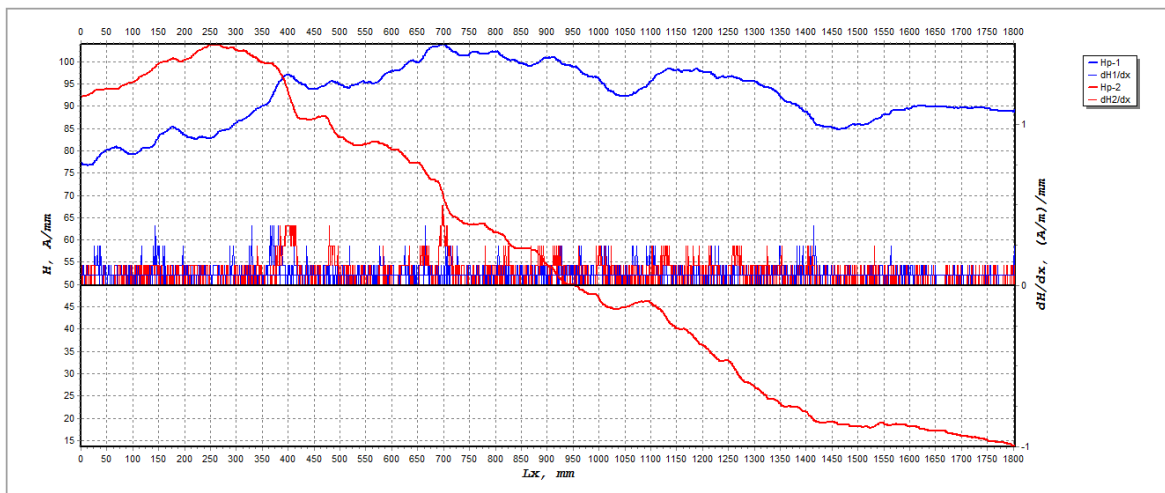
6.5. Čtvercová tyč zatíženi 2000 N v tahu



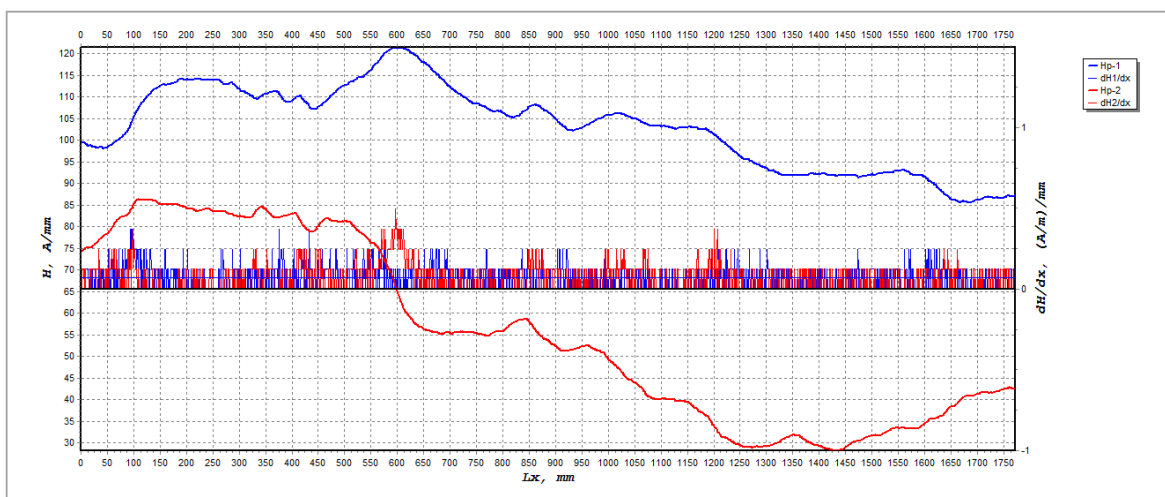
Obr. č. 60 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 61 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

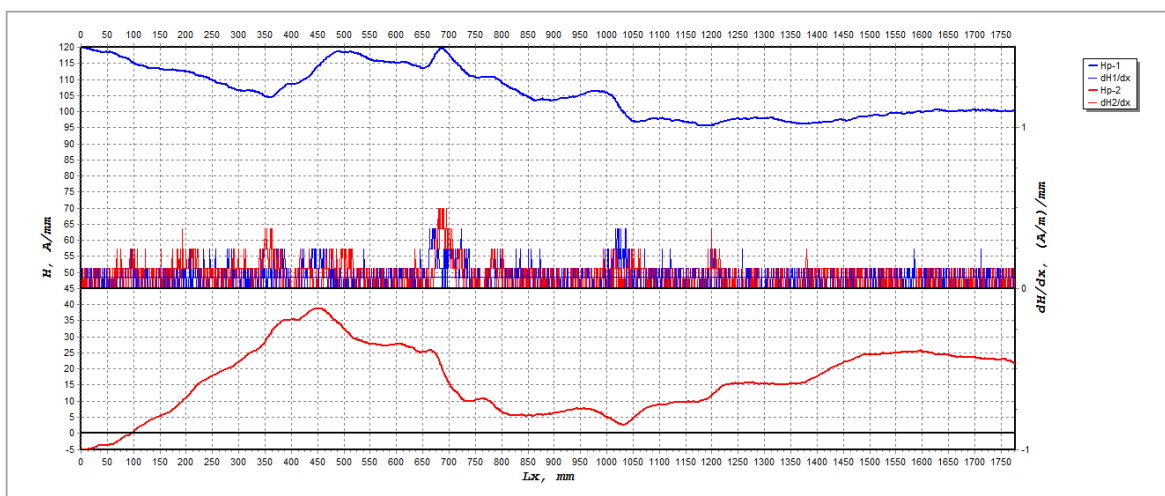


Obr. č. 62 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

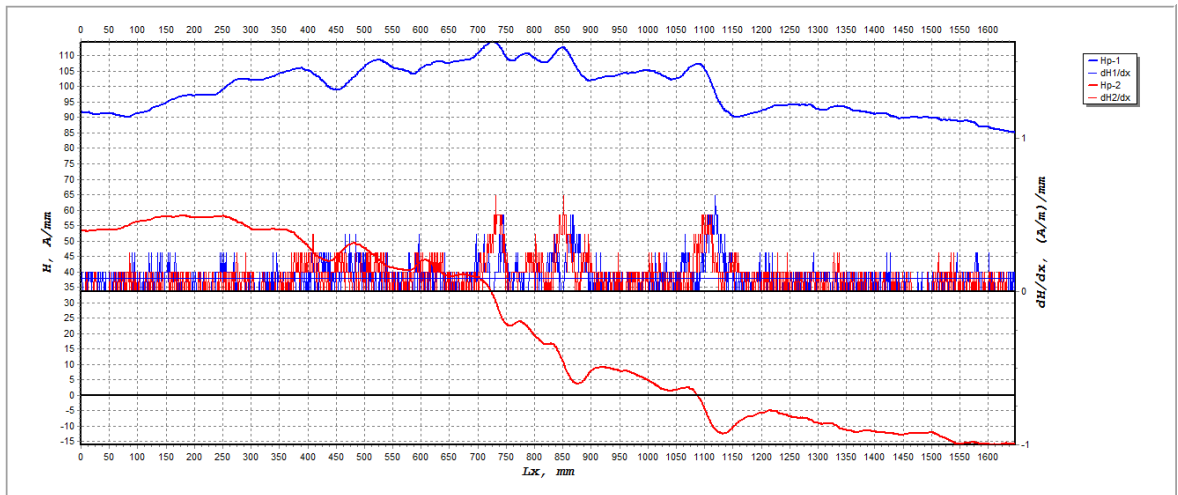


Obr. č. 63 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

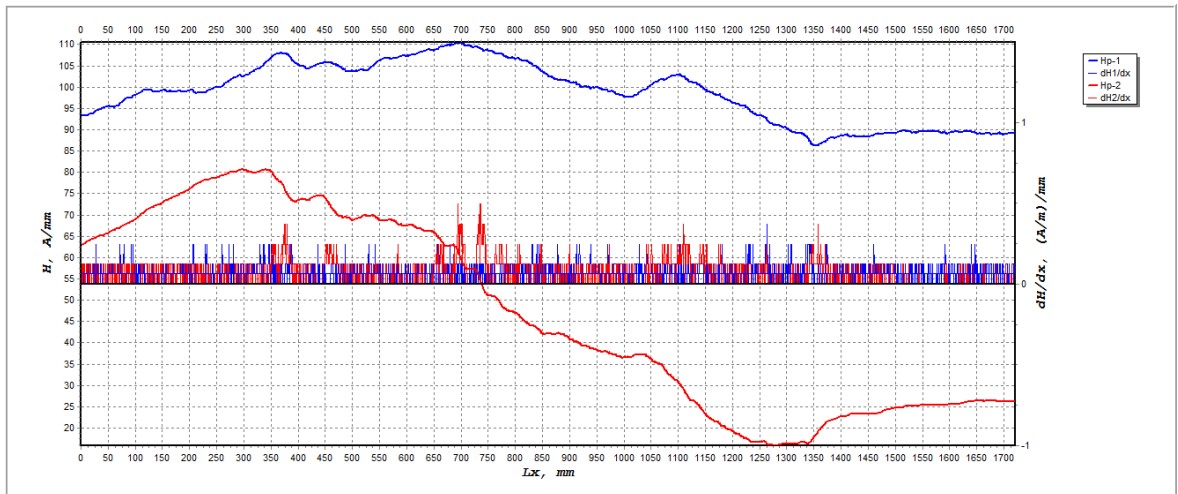
6.6. Čtvercová tyč zatíženi 300 N v tlaku



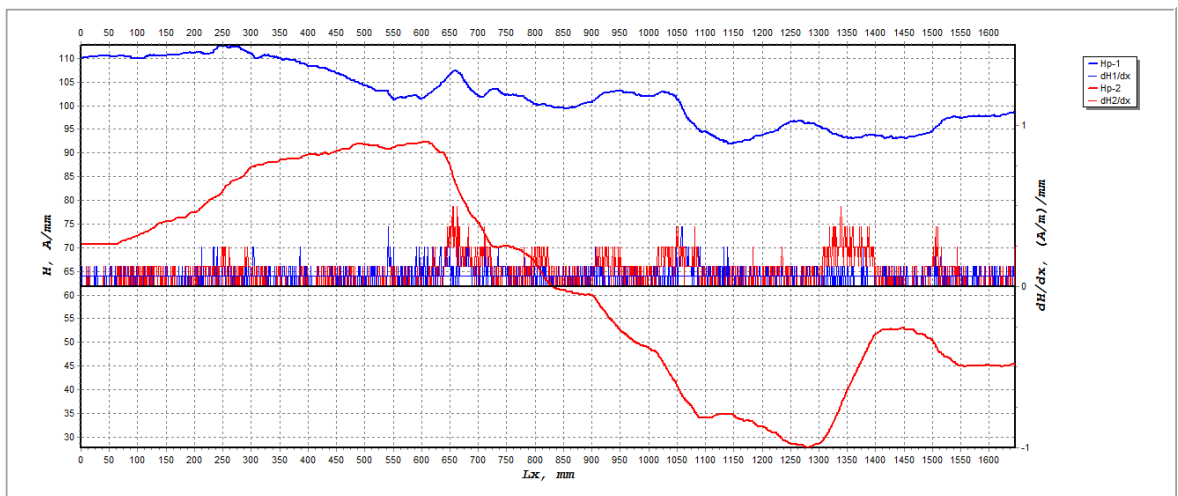
Obr. č. 64 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 65 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

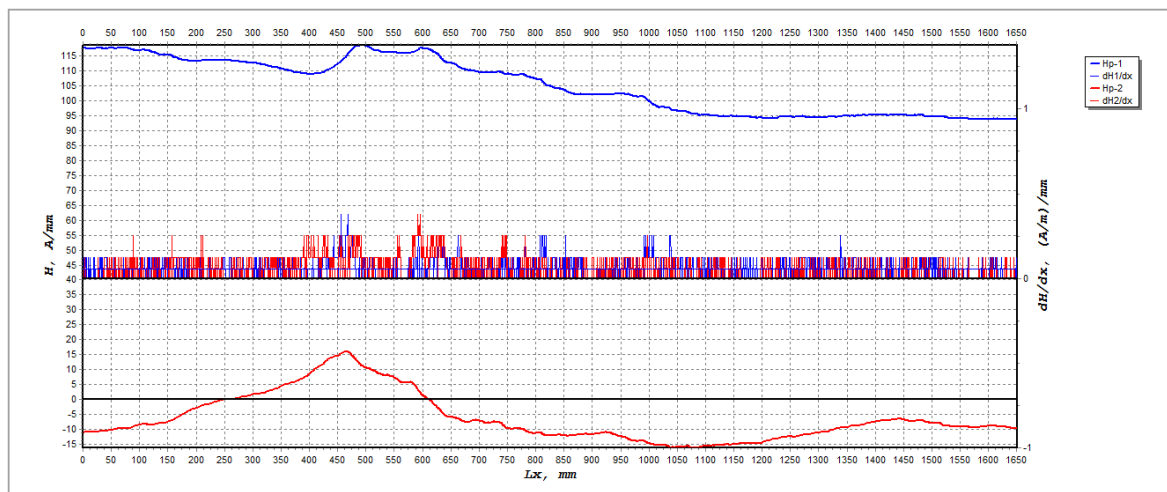


Obr. č. 66 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

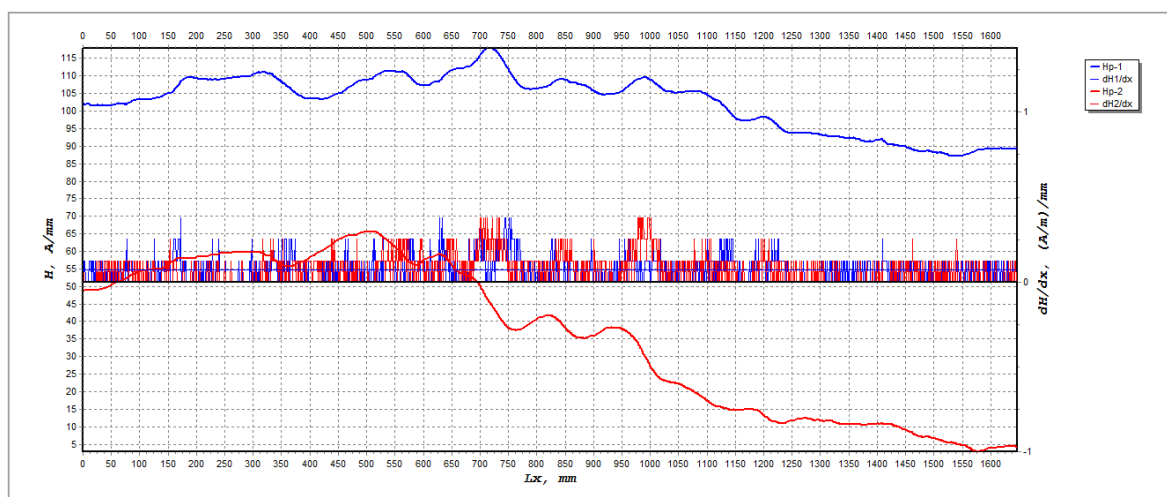


Obr. č. 67 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

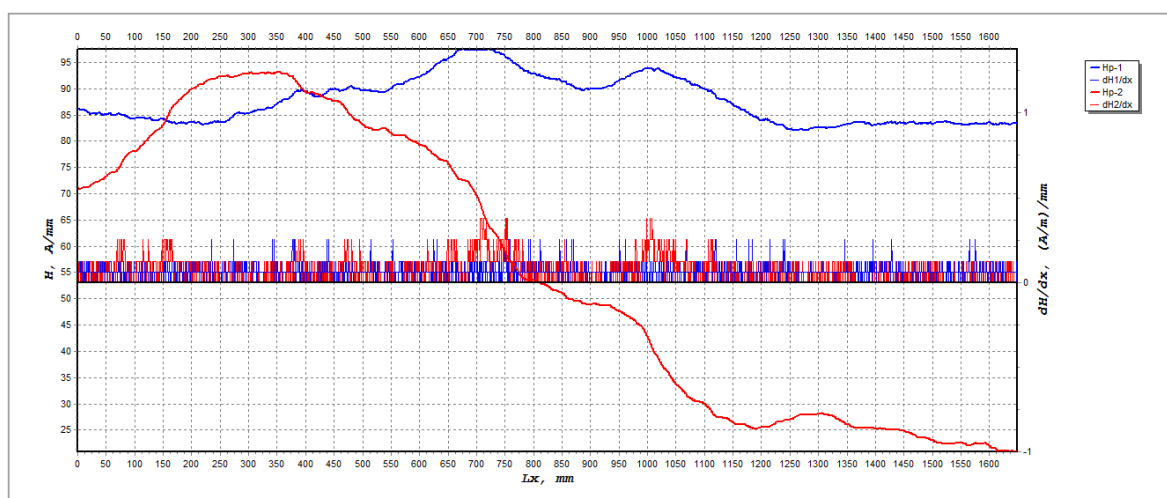
6.7. Čtvercová tyč zatížení 600 N v tlaku



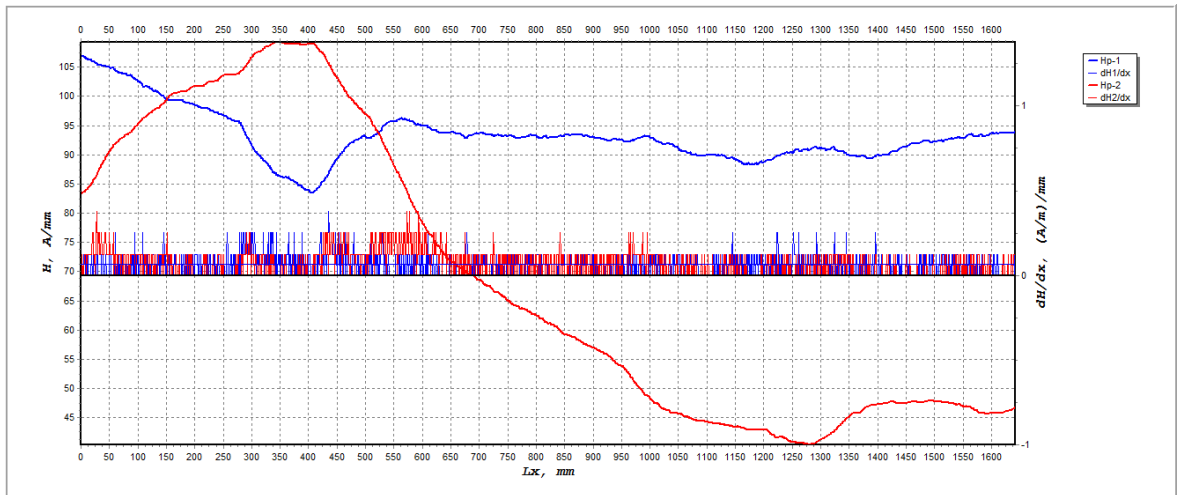
Obr. č. 68 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 69 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

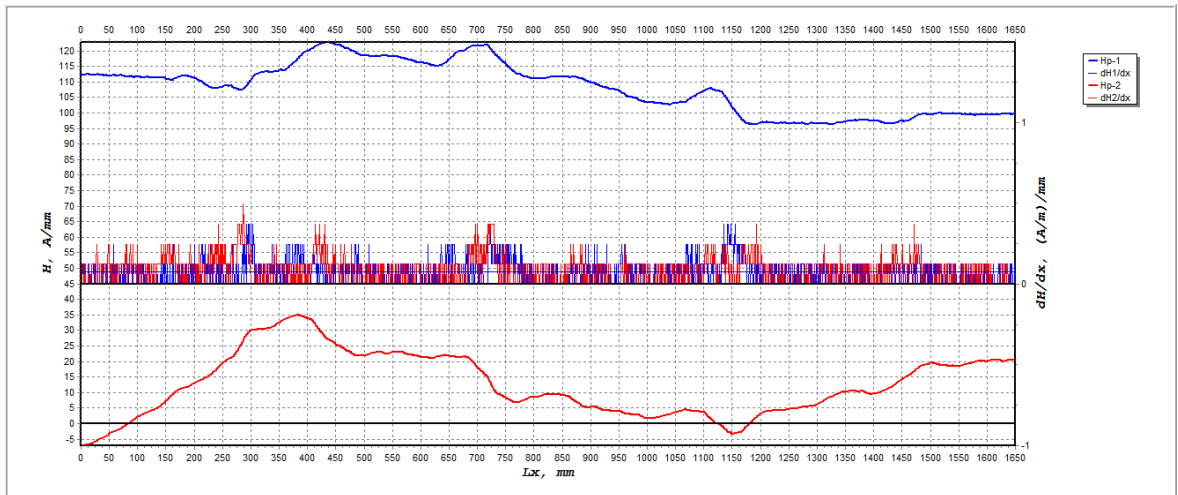


Obr. č. 70 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

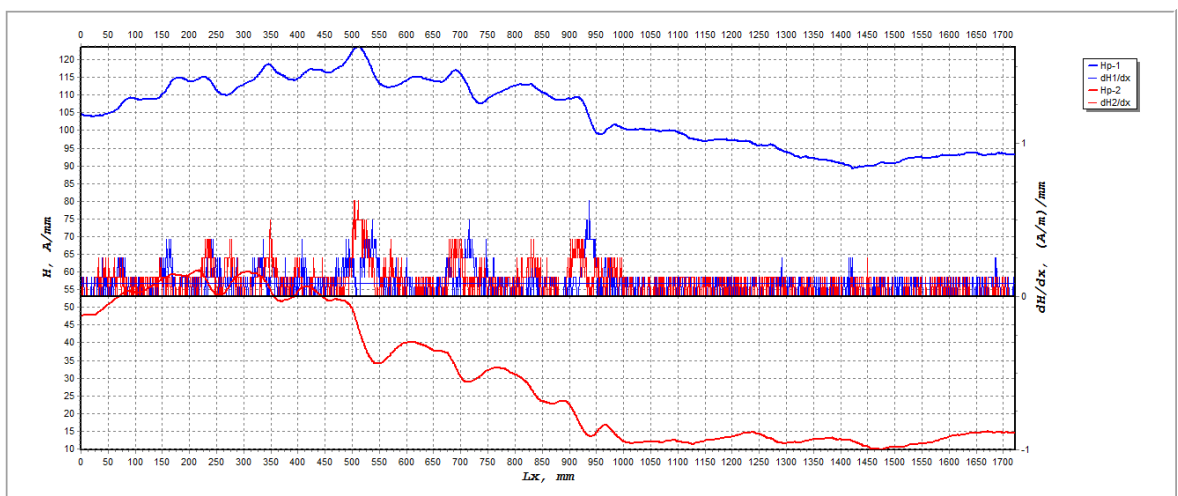


Obr. č. 71 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

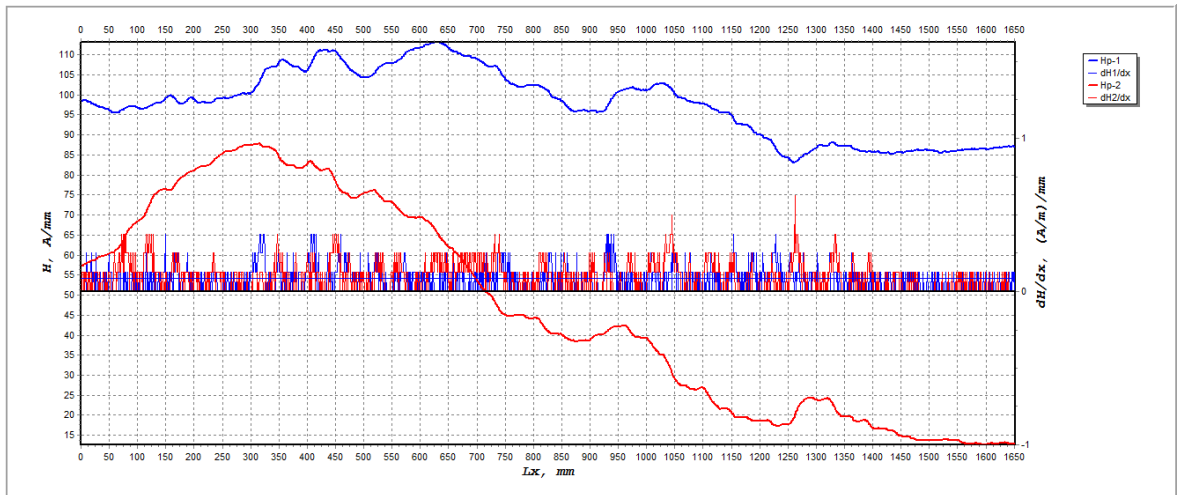
6.8. Čtvercová tyč zatíženi 1000 N v tlaku



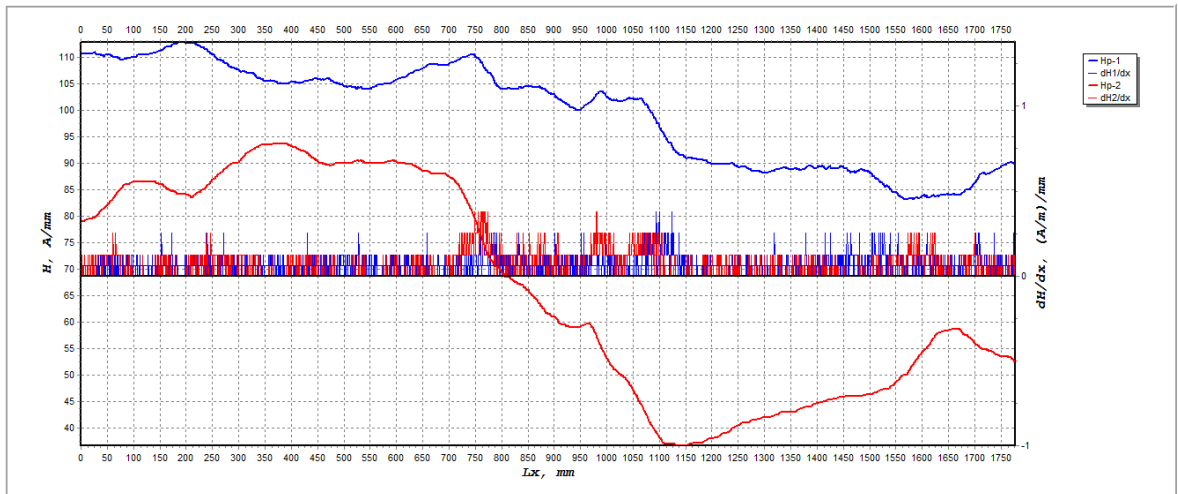
Obr. č. 72 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 73 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

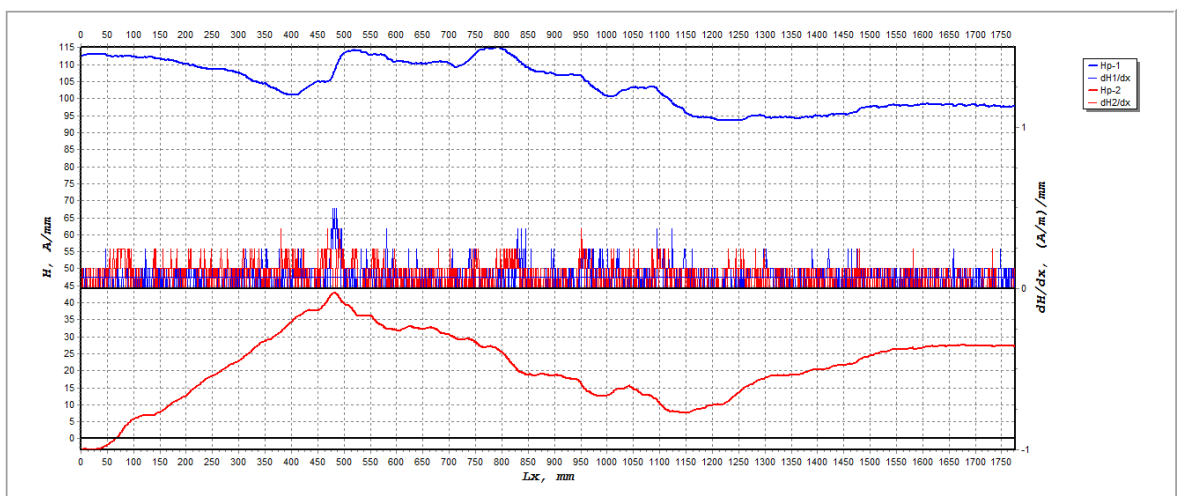


Obr. č. 74 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

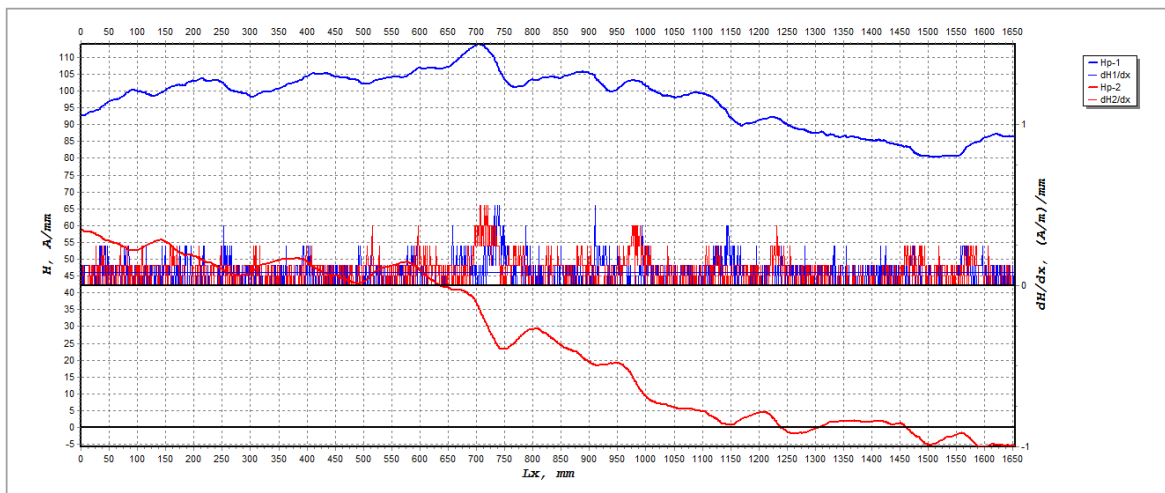


Obr. č. 74 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

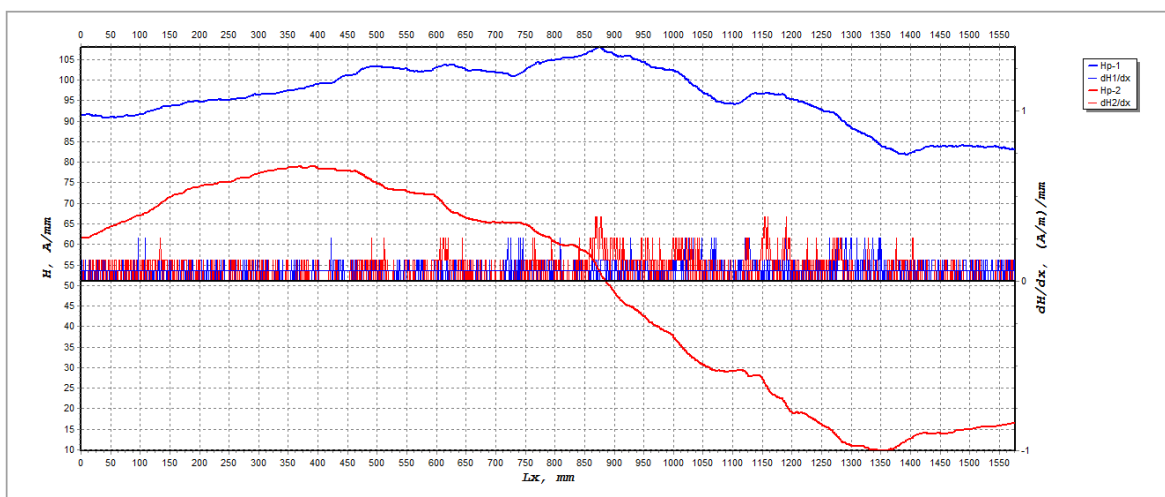
6.9. Čtvercová tyč zatíženi 2000 N v tlaku



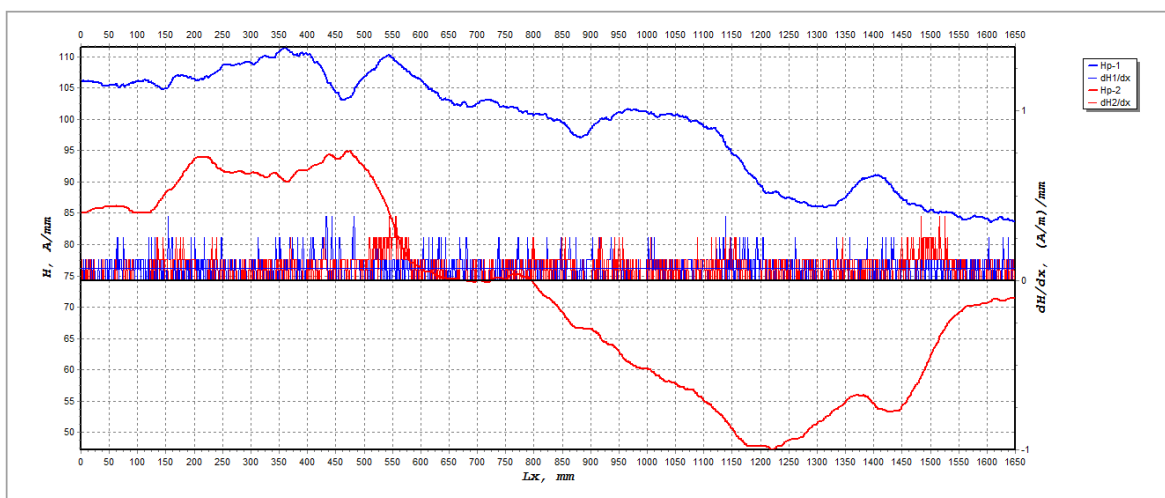
Obr. č. 75 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 76 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

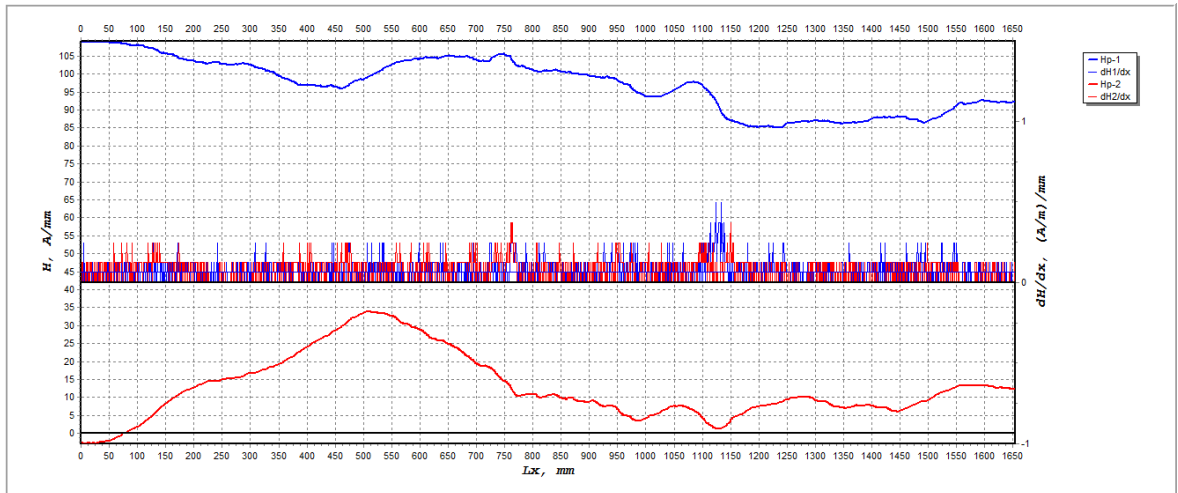


Obr. č. 77 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

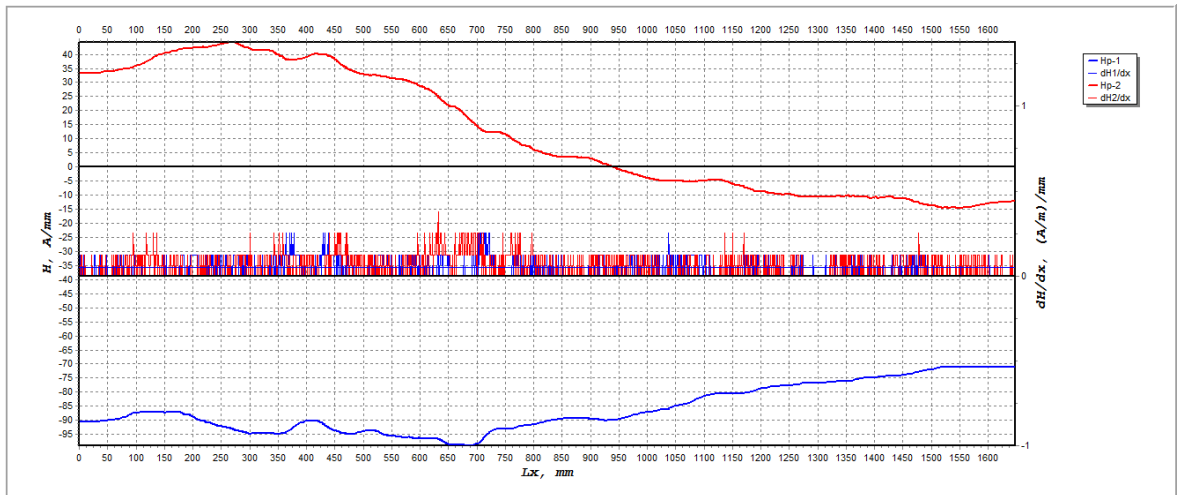


Obr. č. 78 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

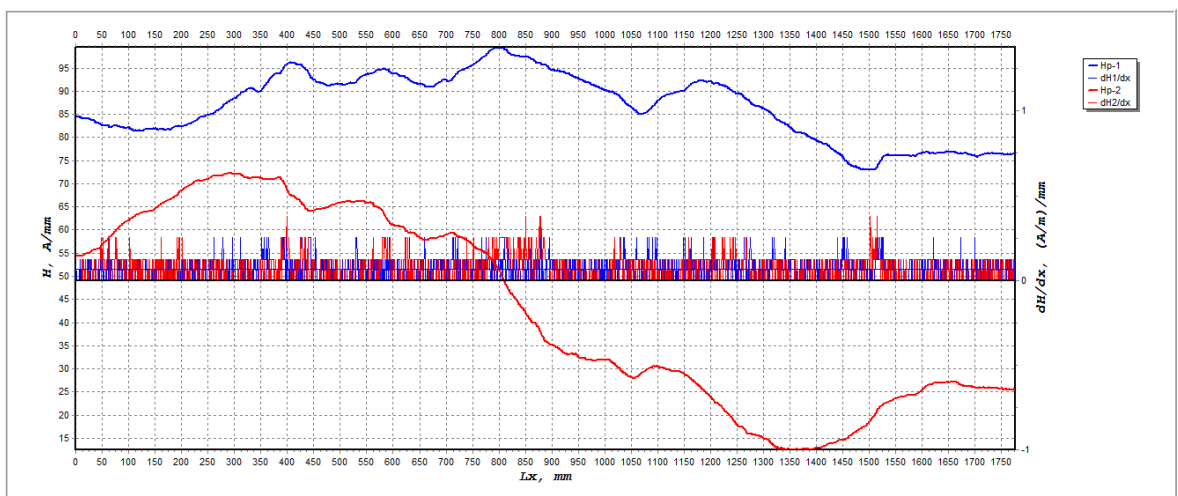
6.10. Čtvercová tyč zatíženi 5000 N v tlaku



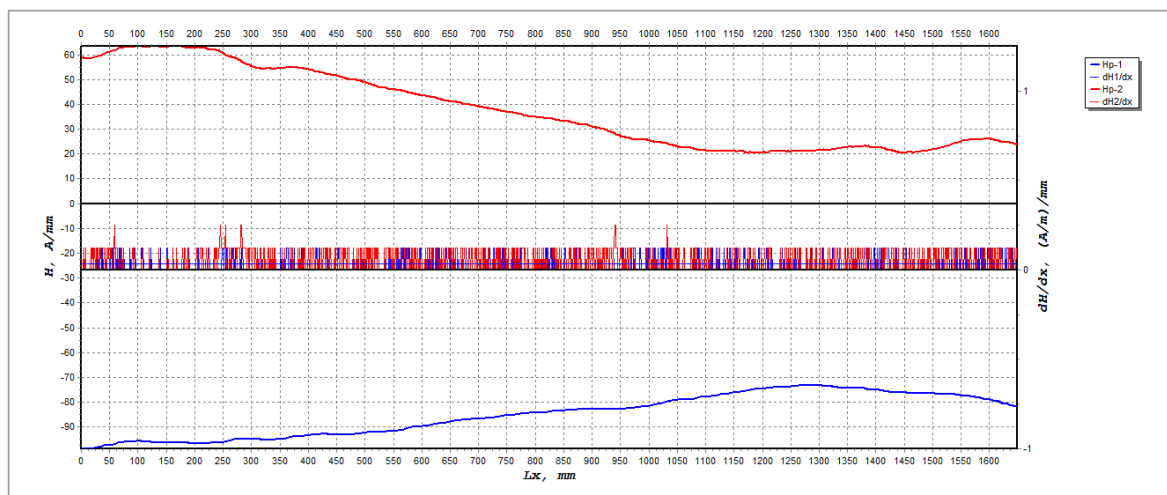
Obr. č. 79 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 80 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 81 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

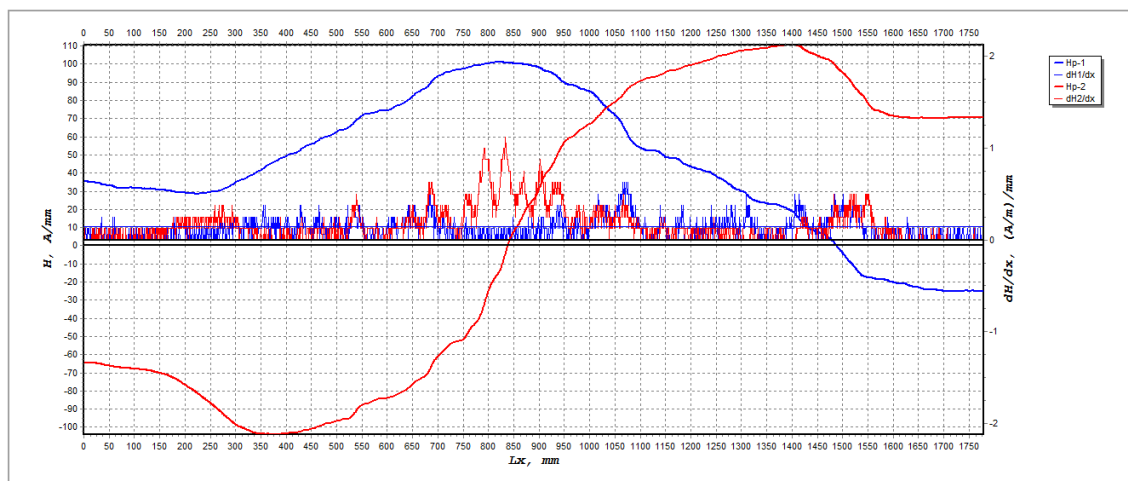


Obr. č. 82 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

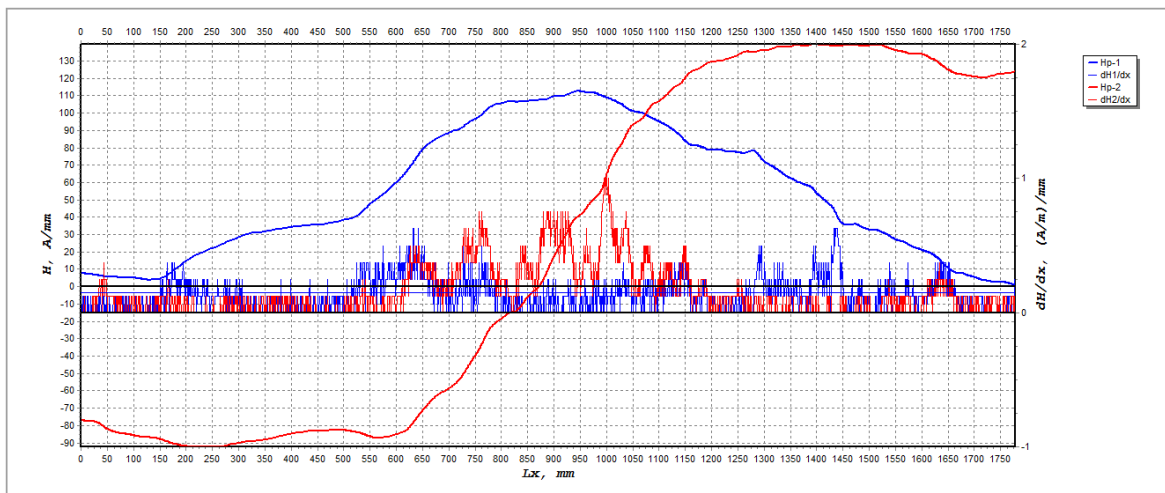
6.11. Zhodnocení

Předcházející magnetogramy jsou grafy závislosti intenzity magnetického pole v závislosti na zatížení. Bohužel tyto grafy neposkytují přesvědčivý důkaz o tom, jakým způsobem se toto magnetické pole mění. Důvodů může být mnoho. Jedním z hlavních bude rozhodně to, že materiál byl málo zatěžován na svůj průřez, to znamená, že v něm bylo nízké napětí. Dalším problémem podle mého mínění bylo to, že povrch materiálu byl zbaven povrchové koroze broušením a to tak, že stopa po obráběcím nástroji byla rovnoběžná se zatěžující silou. Je docela dobře možné, že kdyby nedošlo k odstranění těchto vad (tudíž zón koncentrace napětí) a nebo broušení bylo provedeno ve směru kolmém, výsledek by byl jiný. Proto bylo rozhodnuto o provedení ještě jednoho měření na trubce s menšími rozměry, ve které bude možné vyvolat vyšší napětí.

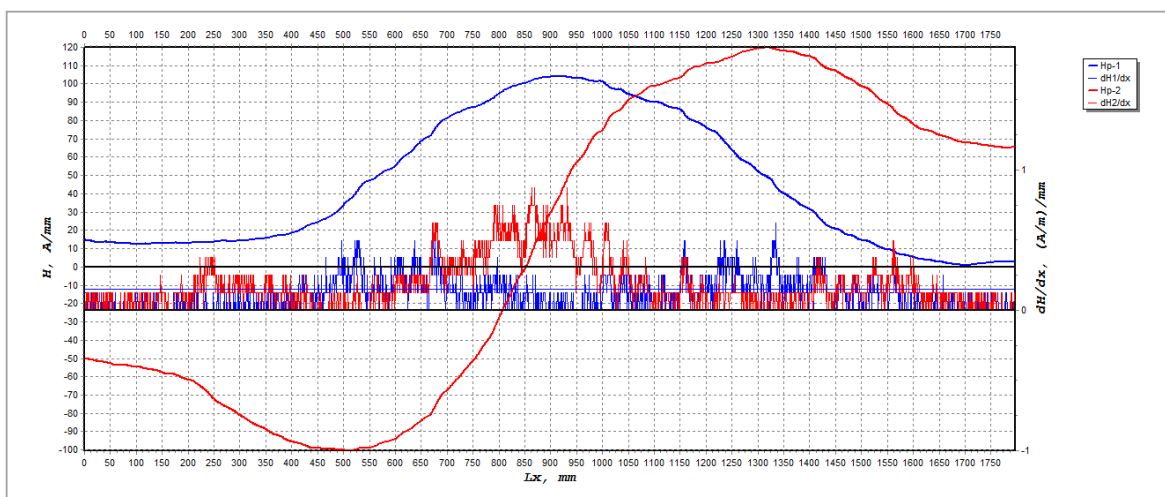
6.12. Kruhová trubka bez zatížení



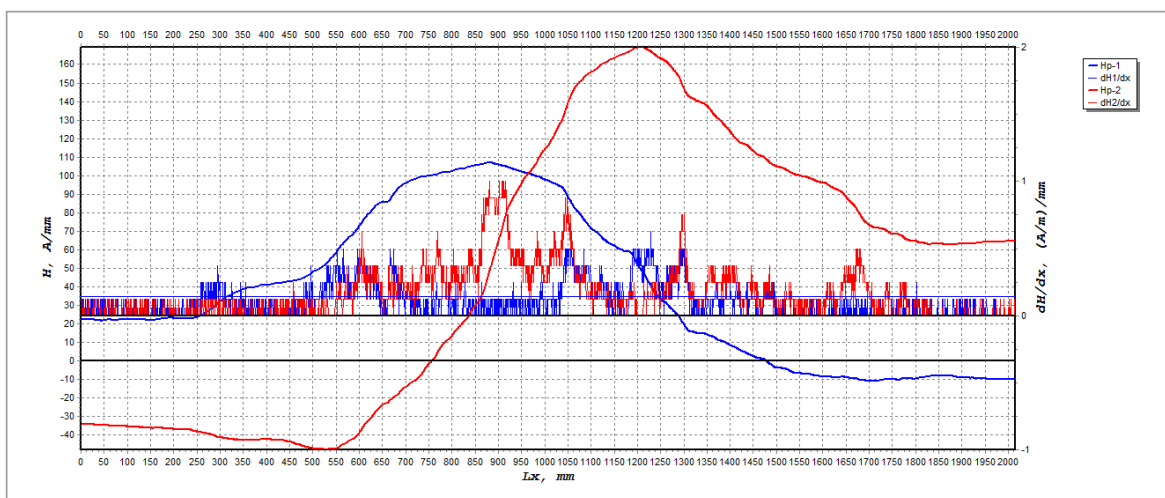
Obr. č. 83 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 84 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

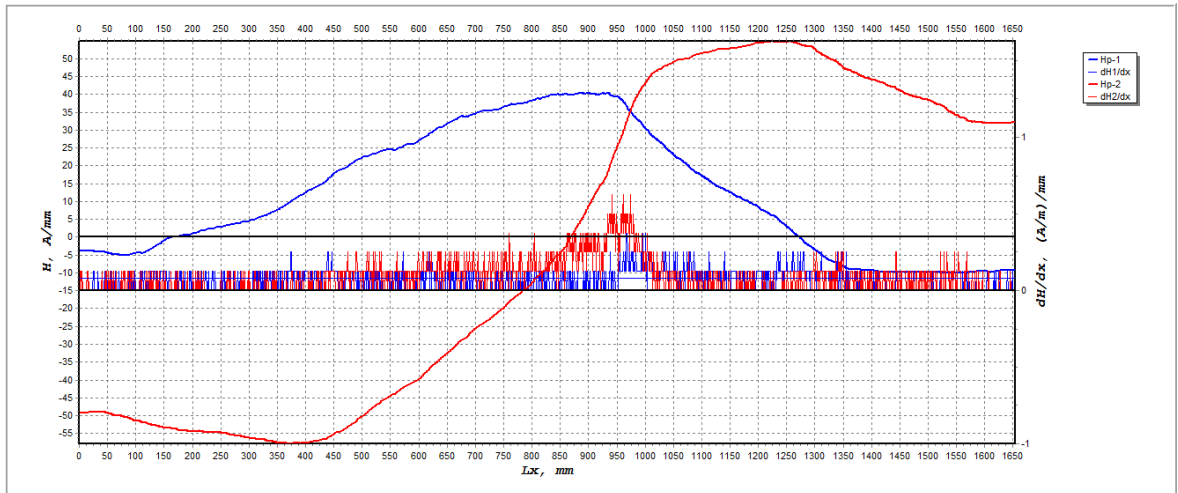


Obr. č. 85 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

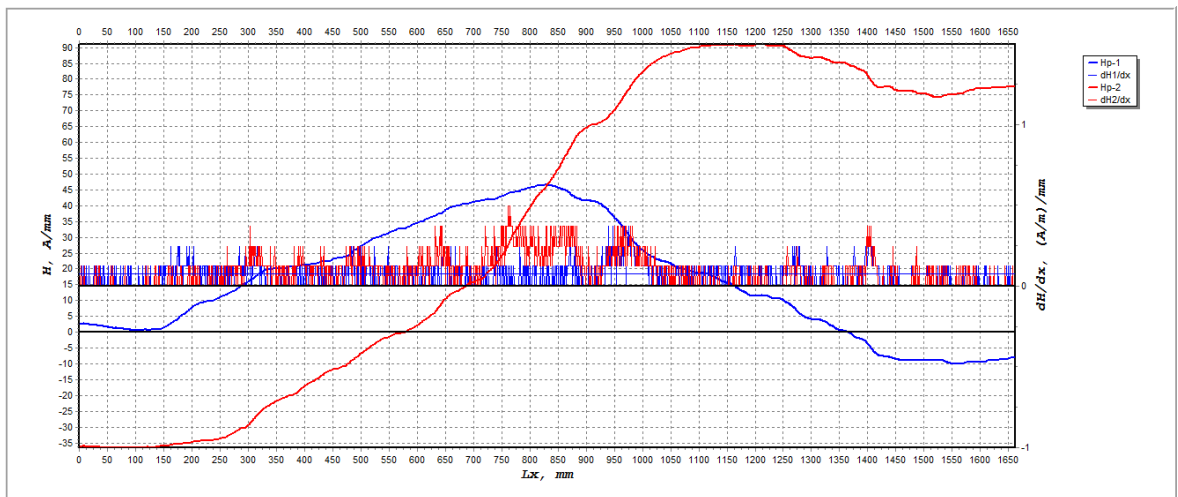


Obr. č. 86 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

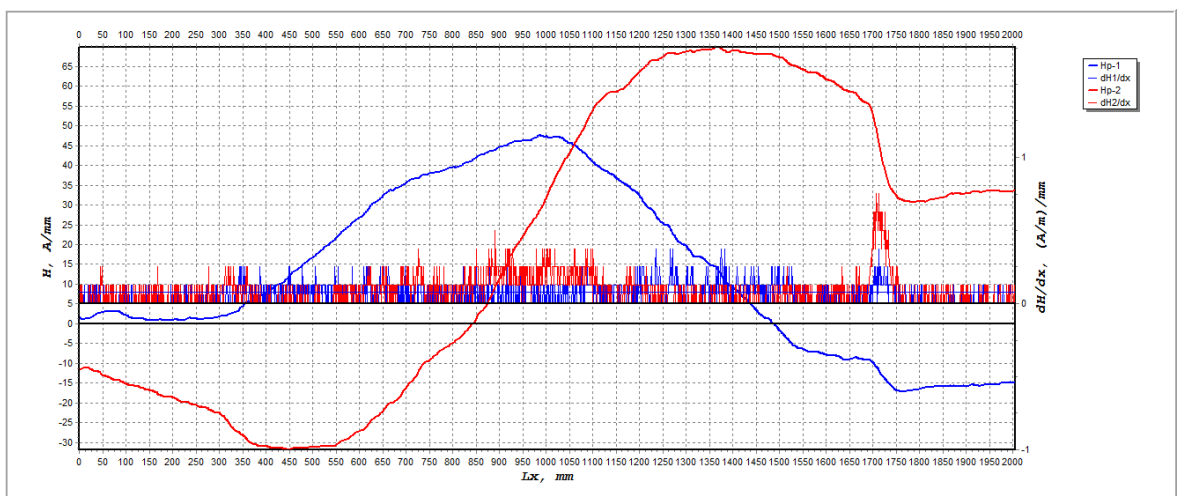
6.13. Kruhová trubka zatížení 5760 N



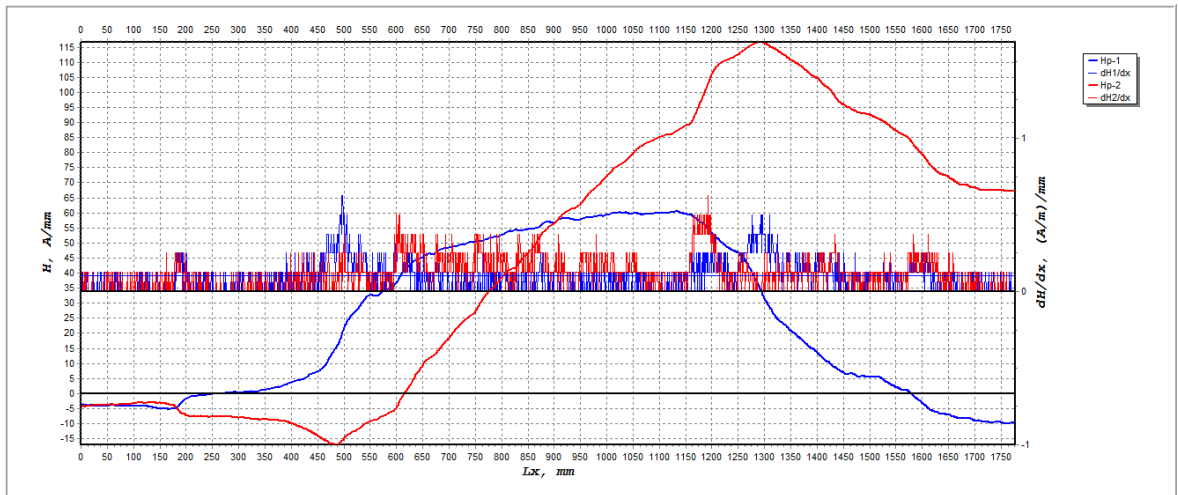
Obr. č. 87 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 88 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])

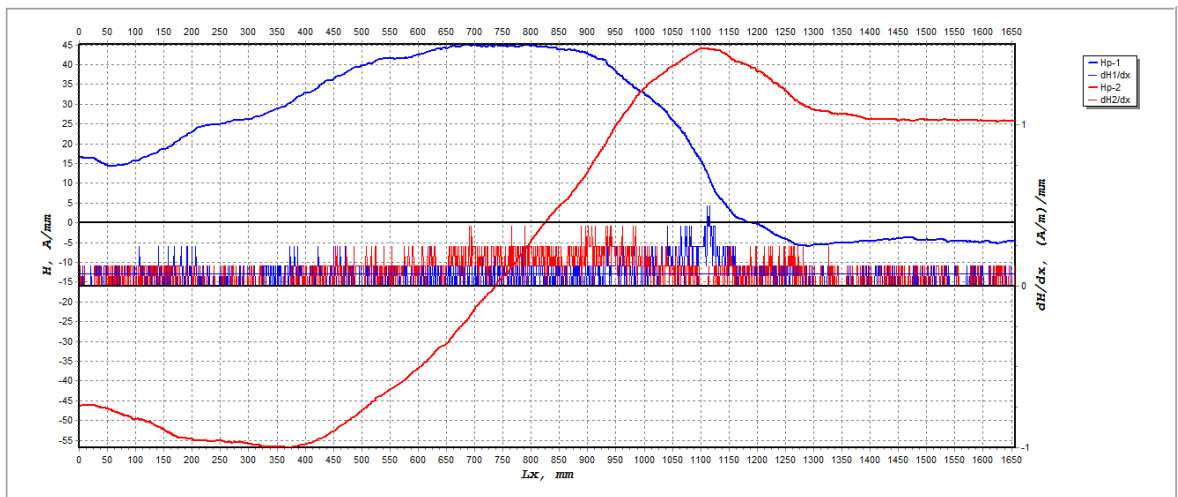


Obr. č. 89 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])

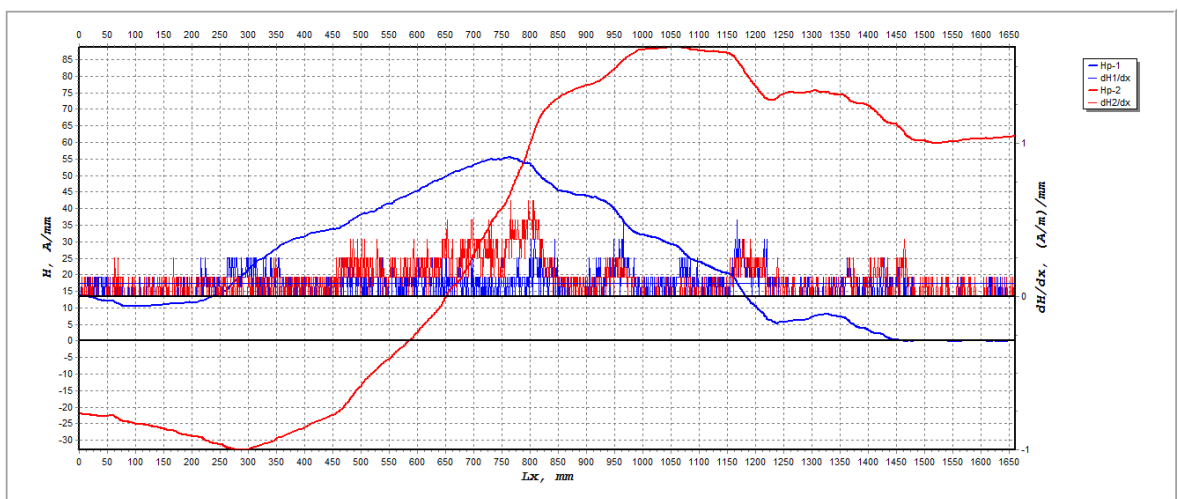


Obr. č. 90 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

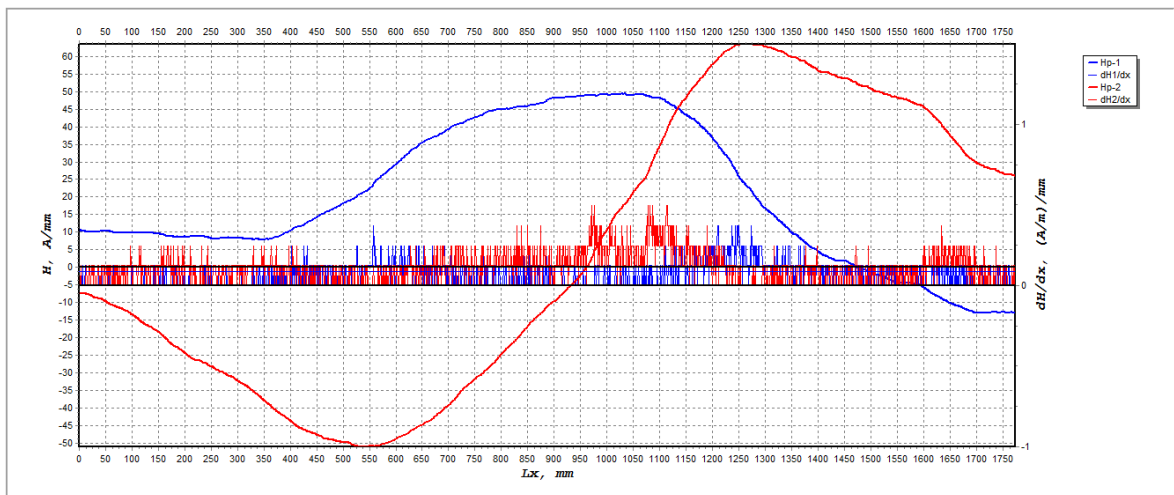
6.14. Kruhová trubka zatížení 9600 N



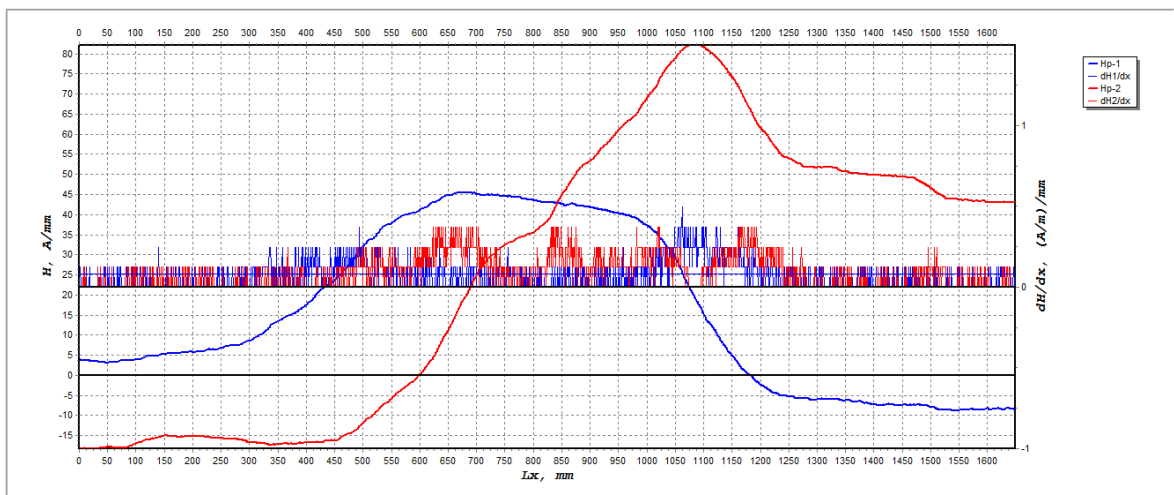
Obr. č. 91 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 92 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 93 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])



Obr. č. 94 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])

6.15. Zhodnocení měření

Tyto magnetogramy už vypovídají o změně magnetického pole o něco více. V první řadě bych chtěl ještě jednou upozornit, že na přístroji nebyla nastavena na vodorovné ose vzdálenost, ale čas. Vzhledem k tomu, že lidská ruka má jen omezené schopnosti v držení konstantní rychlosti pohybu, tak je nutné se orientovat a vyhodnocovat tyto grafy pomocí nějakých důležitých bodů. Celkové úrovně je nutné brát již trochu s rezervou. Osobně jsem pro vyhodnocení bral zejména body průchodu intenzity magnetického pole nulovou hladinou, což jsou v zásadě místa s koncentrací napětí a tudíž s vadou. Předem je nutné říci, že tato vada nebude žádná trhlinka, tudíž běžnými metodami nedestruktivní technické diagnostiky neodhalitelná. Tato vada bude mít podle grafů přibližně kolmou orientaci na osu součásti. Na grafech je možné si všimnout, že čím více tato vada byla stlačována, tím více klesal gradient magnetického pole. Toto může být způsobeno tím, že protilehlé plochy

vady jsou přitlačeny na sebe, tím se odlehčí čela vady a tudíž dojde i k zmenšení koncentrace napětí.

Bohužel jsem na této tyči nemohl změřit, jak by se chovala při tahových napětích, protože při upínání součásti došlo k velmi významné deformaci od čelistí a tudíž by bylo komplikované tuto součást upnout do čelistí. Předpokládám, že by gradient napětí vzrůstal vlivem roztahování vady a zvýšení koncentrace napětí. Dále by bylo velice zajímavé pozorovat, jak by se vlivem zatížení chovala vada podélná se směrem zatížení.

7. Závěr

V této diplomové práci na téma Aplikace metod nedestruktivní diagnostiky jsem se zabýval dvěma problémy. Prvním z nich byl diagnostikovat vady ve válcích Mannesmannovy válcovací stolice pro výrobu bezešvých trubek v Třineckých železárnách a.s.. Druhým řešeným problémem bylo optimalizovat rám pro měření magnetického pole v závislosti na zatížení.

V úvodu této diplomové práce jsem popsal, jakým způsobem se v Moravskoslezském kraji rozvíjel průmysl. Dále jsem se zaměřil na tři největší výrobce oceli a výrobků z ní v tomto regionu. Popsal jsem jejich historii a jejich rozčlenění. V další kapitole jsem se zabýval některými metodami nedestruktivní technické diagnostiky. Uvedl jsem ve zkratce jejich princip použití a prostředky, které jsou pro danou metodu nezbytné. Trochu více prostoru jsem věnoval metodě Magnetické paměti kovu, která z větší části byla náplní této práce. Uvedl jsem jako u ostatních metod princip použití, provedl jsem popis měřicí sestavy a provedl popis, jakým způsobem tuto sestavu kalibrovat. Dále jsem provedl detailní popis, jakým způsobem vyhodnocovat grafy, které jsou výstupem této metody. Věnoval jsem část této práce popisu, jakým způsobem najít v těchto grafech základní vady v materiálu. Dále jsem se věnoval shrnutí údržby na válcovnách bezešvých trubek v Třineckých železárnách. Poté jsem provedl měření trhlin válců a vyhodnocení měření. Jako další krok této diplomové práce byla optimalizace rámu pro měření magnetického pole materiálu v závislosti na zatížení. V této kapitole jsem provedl návrh vylepšení tohoto rámu a nakreslení potřebných výrobních výkresů. Mezi tyto návrhy ve zkratce uvedu například návrh upínacích svorek, prodloužení rámu a podobně. Tyto návrhy jsem úspěšně vyrobil. Dále jsem na tomto rámu provedl měření. Měření probíhalo na dvou polotovarech. Prvním z nich byla tyč čtvercového průřezu o straně 30 milimetrů. Měření na této tyči bylo do jisté míry neúspěšné. Jedním z důvodů byla nízká zatěžující síla vzhledem k zatěžovanému průřezu a druhým důvodem byl s největší pravděpodobností povrch této tyče. Proto bylo provedeno ještě jedno měření na trubce o průměru 20 milimetrů a stěně tlusté 2 milimetry. Toto měření již bylo úspěšnější, ačkoli mohlo být z důvodu deformace součásti provedeno pouze pro namáhání tahem.

Seznam použité literatury

[1] MIROSLAV HLUCHÝ A KOLEKTIV *Strojírenská technologie 1* vydání druhé SNTL- Nakladatelství technické literatury Praha 1978. 360 stran. 04-212-78

[2] MIROSLAV HLUCHÝ A KOLEKTIV *Strojírenská technologie 2* vydání první SNTL- Nakladatelství technické literatury Praha 1979. 408 stran. 04-212-78

[3] MARCEL KREIDEL, RADISLAV ŠMÍD *Technická diagnostika* vydání první, Nakladatelství BEN-technická literatura Praha 2006, ISBN 80-7300-158-6, 408 stran

[4] Arcelor Mittal a.s. (Nová Huť) – Panoramio.com dostupné na WWW:
<<http://www.panoramio.com/photo/60513926> >

[5] Vítkovické železářny – cs.wikipedia.org dostupné na WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADtkovick%C3%A9_%C5%BEElez%C3%A1rny >

[6] Třinecké železářny – www.kohut.eu dostupné na WWW:
<<http://www.kohut.eu/nase-reference/> >

[7] Boroskop – www.drytest.de dostupné na WWW:

< <http://www.drytest.de/Boroskop-ECO-Kit-400-Kostenloser-Versand> >

[8] Videoskop –dostupné na WWW: < http://62.104.45.156/Bauen---Renovieren-BATAVIA-Videoskop-mit-900-mm-Schwanenhals-Farbdisplay/a26891033_u174// >

[9] Kapilární metoda – www.ndtservis.cz dostupné na WWW:

<<http://www.ndtservis.cz/web/index.php/cz/nedestruktivni-zkouseni/kapilarni-metody-pt>>

[10] Prášková metoda – www.technotest.cz dostupné na WWW:
<http://www.technotest.cz/zkouska_magneticka >

[11] Metoda vířivých proudů – www.technotest.cz dostupné na WWW:
<http://www.technotest.cz/mereni_tloustky_povlaku>

[12] Metoda MMM – www.techmagazin.cz dostupné na WWW:
<<http://www.techmagazin.cz/249>>

[13] Třinecké železářny- Trz..cz dostupné z WWW: Interní literatura firmy

[14] Metoda MMM – pdf. dokument, dostupné z WWW:
<<http://www.preditest.cz/?i=351/ke-stazeni>>

[15] Vítkovické železářny – Vitkovice.cz, dostupné z WWW: Interní literatura firmy

[16] Arcelor Mittal – Arcelormittal.com- dostupné z WWW: Interní literatura firmy

[17] KVĚTOSLAV KALÁB *Části a mechanismy strojů pro bakaláře-Části spojovací*
vydání první SRIPTA VŠB-TUO 17. listopadu 15/2172 708 33 Ostrava-Poruba. 91 stran.
ISBN 978-80-248-1290-8

[18] JAN LIENVEBER, PAVEL VÁVRA *Strojnické tabulky-třetí doplněné vydání*
Albra- pedagogické nakladatelství,Úvaly, Havlíčkova 197. 914 stran. ISBN 80-7361-033-7

[19] CYMERYYS, Dariusz. Aplikace nedestruktivních metod technické diagnostiky pro
objektivizaci technického stavu letadel. [online]. [cit. 2014-03-16]. Dostupné
z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/99434>

[20] CYMERYYS, Dariusz. CYMERYYS, Dariusz. MOŽNOSTI VYUŽITÍ METODY
MAGNETICKÉ PAMĚTI KOVU PRO PROVOZNÍ DIAGNOSTIKU KOLEJNIC. s. 6.
[online]. s. 6 [cit. 2014-03-15].

Seznam obrázků

Obr. č. 1 Arcellor Mittal (zdroj[4])	2
Obr. č. 2 Vítkovické železářny (zdroj[5])	6
Obr. č. 3 Třinecké železářny (zdroj[6]).....	8
Obr. č. 4 Boroskop (zdroj[7]).....	15
Obr. č. 5 Videoskop (zdroj[8]).....	16
Obr. č. 6 Spreje pro kapilární metodu (zdroj[9]).....	17
Obr. č. 7 Princip práškové metody (zdroj[10])	17
Obr. č. 8 Metoda vířivých proudů (zdroj[11])	18
Obr. č. 9 Metoda průchodová (zdroj[3])	19
Obr. č. 10 metoda odrazová (zdroj[1]).....	20
Obr. č. 11 Rentgen (zdroj[3]).....	21
Obr. č. 12 Použití MMM (zdroj[12])	22
Obr. č. 13 Měřicí sestava (zdroj[12])	23
Obr. č. 14 Kalibrace vodorovné osy kladné (zdroj[vlastní]).....	25
Obr. č. 15 Kalibrace vodorovné osy záporné (zdroj[vlastní]).....	25
Obr. č. 16 Kalibrace svislé osy kladné (zdroj[vlastní]).....	26
Obr. č. 17 Kalibrace svislé osy záporné (zdroj[vlastní]).....	26
Obr. č. 18 Čistý magnetogram (zdroj[vlastní])	27
Obr. č. 19 Koroze (zdroj[vlastní]).....	28
Obr. č.20 Drobná vada (zdroj[vlastní])	29
Obr. č. 21 Hrubá vada (zdroj[vlastní])	29
Obr. č. 22 Výroba rámu (zdroj[vlastní])	31
Obr. č. 23 Sestavování rámu (zdroj[vlastní])	31
Obr. č. 24 Válec po lomu (zdroj[13]).....	35
Obr. č. 24 Úsek 1 (zdroj[vlastní])	36
Obr. č. 25 Úsek 2 (zdroj[vlastní])	36
Obr. č. 26 Úsek 3 (zdroj[vlastní])	36

Obr. č. 27 Úsek 1 (zdroj[vlastní])	37
Obr. č. 28 Úsek 2 (zdroj[vlastní])	37
Obr. č. 29 Úsek 3 (zdroj[vlastní])	37
Obr. č. 30 Úsek 1 (zdroj[vlastní])	38
Obr. č. 31 Úsek 2 (zdroj[vlastní])	38
Obr. č. 33 Úsek 3 (zdroj[vlastní])	38
Obr. č. 34 Úsek 1 (zdroj[vlastní])	39
Obr. č. 35 Úsek 2 (zdroj[vlastní])	39
Obr. č. 36 Úsek 3 (zdroj[vlastní])	39
Obr. č. 37 Úsek 1 (zdroj[vlastní])	40
Obr. č. 38 Úsek 2 (zdroj[vlastní])	40
Obr. č. 39 Úsek 3 (zdroj[vlastní])	40
Obr. č. 40 Schéma měření (zdroj[vlastní]).....	41
Obr. č. 41 Měření na rámu (zdroj[vlastní]).....	42
Obr. č. 42 Schéma měření na čtvercové tyči (zdroj[vlastní]).....	43
Obr. č. 43 Schéma měření na trubce (zdroj[vlastní]).....	43
Obr. č. 44 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	45
Obr. č. 45 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	46
Obr. č. 46 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	46
Obr. č. 47 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	46
Obr. č. 48 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	47
Obr. č. 49 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	47
Obr. č. 50 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	47
Obr. č. 51 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	48
Obr. č. 52 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	48
Obr. č. 53 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	48
Obr. č. 54 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	49
Obr. č. 55 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	49

Obr. č. 56 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	50
Obr. č. 57 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	50
Obr. č. 58 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	50
Obr. č. 59 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	51
Obr. č. 60 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	51
Obr. č. 61 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	51
Obr. č. 62 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	52
Obr. č. 63 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	52
Obr. č. 64 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	52
Obr. č. 65 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	53
Obr. č. 66 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	53
Obr. č. 67 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	53
Obr. č. 68 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	54
Obr. č. 69 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	54
Obr. č. 70 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	54
Obr. č. 71 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	55
Obr. č. 72 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	55
Obr. č. 73 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	55
Obr. č. 74 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	56
Obr. č. 74 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	56
Obr. č. 75 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	56
Obr. č. 76 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	57
Obr. č. 77 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	57
Obr. č. 78 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	57
Obr. č. 79 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	58
Obr. č. 80 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	58
Obr. č. 81 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	58
Obr. č. 82 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	59

Obr. č. 83 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	59
Obr. č. 84 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	60
Obr. č. 85 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	60
Obr. č. 86 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	60
Obr. č. 87 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	61
Obr. č. 88 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	61
Obr. č. 89 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	61
Obr. č. 90 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	62
Obr. č. 91 Magnetogram 1 (zdroj[vlastní])	62
Obr. č. 92 Magnetogram 2 (zdroj[vlastní])	62
Obr. č. 93 Magnetogram 3 (zdroj[vlastní])	63
Obr. č. 94 Magnetogram 4 (zdroj[vlastní])	63

Seznam příloh

Příloha A- Výkresová dokumentace k rámu