

Souřadnicový systém S-JTSK

| Číslo změny: | Obsah změny: | Datum změny: |
|--------------|-----------------------|--------------|
| 01 | Zpracování připomínek | 10/2021 |
| 02 | - | - |
| 03 | - | - |



**TÝM DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ s.r.o.**
Renaissance of Quality



| | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Vypracoval: Ing. Jakub Rentka | Zodp. projektant: Ing. Miroslav Rykl | Kontroloval: Ing. Jakub Rentka |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|

Kraj:
Liberecký

Trat'ový úsek/Obec:
1671 Liberec – Harrachov st.hr.

Investor:

Správa železnic, státní organizace; Dlážděná 1003/7; 110 00 Praha 1



Akce:

Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov

SO 00-10-02 Materiálová charakteristika ozubnicovej dráhy

Obsah dokumentace:

TECHNICKÁ ZPRÁVA

| | |
|---------|----|
| Formát: | A4 |
|---------|----|

A4

| | |
|--------|---------|
| Datum: | 11/2021 |
|--------|---------|

11/2021

Účel: DSP+PDPS

DSP+PDPS

Č. zakázky: 64020136

64020136

Změna:

Č. kopie:

Měřítka:

Část dokumentace:

E.1.1.6

.01

TECHNICKÁ ZPRÁVA

| | |
|---------------------|---|
| STAVBA: | Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov |
| STUPEŇ DOKUMENTACE: | DSP a PDPS |
| STAVEBNÍ OBJEKT: | SO 00-10-02 Materiálová charakteristika ozubnicové dráhy |

Obsah

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY | 3 |
| 1.1 | Údaje o stavbě | 3 |
| 2 | SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ | 4 |
| 2.1 | Výchozí podklady | 4 |
| 2.2 | Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod. | 4 |
| 3 | ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA..... | 5 |
| 3.1 | Základní údaje o stavbě | 5 |
| 3.2 | Důvody pro materiálovou charakteristiku ozubnicového kompletu | 6 |
| 4 | Materiálová charakteristika..... | 6 |
| 4.1 | Ozubnicová tyč získaná od Železniční společnost Tanvald o.p.s | 6 |
| 4.2 | Ozubnicové kolo..... | 6 |
| 4.3 | Ozubnicová tyč získaná ze zkušebního úseku | 7 |
| 4.4 | Zkušební úsek..... | 7 |
| 5 | VÝSLEDKY A ZÁVĚRY | 7 |
| 6 | NÁVRH TVARU NOVÝCH OZUBNICOVÝCH TYČÍ A NOVÉHO OZUBNICOVÉHO NÁJEZDU, PRAŽCŮ A PŘEJEZDOVÝCH KONSTRUKCÍ..... | 8 |
| 7 | FOTODUKUMENTACE..... | 9 |

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

1.1 Údaje o stavbě

| | |
|------------------------------|--|
| Název stavby: | Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov |
| Specifikace stavby: | Veřejná drážní stavba liniového charakteru |
| Stupeň dokumentace: | DSP a PDPS |
| Dílčí část – objekt (SO/PS): | SO 00-10-02 Materiálová charakteristika ozubnicové dráhy |
| Charakter dílčí části: | Oprava železniční trati |
| Kraj: | Liberecký |
| Okres: | Jablonec nad Nisou |
| Katastrální území: | Šumburk nad Desnou [765031]; Tanvald [765023]; Desná [563552]; Desná I [625574]; Desná III [625591]; Polubný [669750] |
| Místo stavby: | km 27,533 – km 34,115 |
| Trať dle Prohlášení o dráze: | 507 00 Tanvald – Harrachov státní hranice |
| Trafový úsek TU: | TU 1671 Liberec – Harrachov státní hranice |
| Trať dle NJŘ: | 548 Harrachov – Liberec |
| Kategorie dráhy: | Regionální |
| Období realizace: | předpoklad – 2023 |

Údaje o stavebníkovi:

| | |
|---------------------|--|
| Stavebník/investor: | Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město IČ: 70994234, DIČ: CZ 70994234 |
| Zástupce investora: | Oblastní ředitelství Hradec Králové U Fotochemy 259 501 01 Hradec Králové |

Údaje o zpracovateli dokumentace a části dokumentace:

| | |
|--|---|
| Hlavní projektant stavby: (dle SOD) | TÝM/SAGASTA – Tanvald – Kořenov Moskevská 532/60 101 00 Praha 10 Hlavní projektant stavby: Ing. Miroslav Rykl ČKAIT – 0400329 Autorizovaný inženýr pro dopravní stavby |
|--|---|

Odpovědný projektant: Tým dopravního inženýrství s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Moskevská 532/60
101 00 Praha 10
IČ: 24831832, DIČ: CZ 24831832
Odpovědný projektant SO: Ing. Miroslav Rykl
ČKAIT – 0400329
Autorizovaný inženýr pro dopravní stavby

Ostatní zpracovatelé: Tým dopravního inženýrství s.r.o.
(dílčí části SO/PS) Moskevská 532/60
101 00 Praha 10
IČ: 24831832, DIČ: CZ 24831832
Zpracovatel SO: Ing. Jakub Rentka

2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

2.1 Výchozí podklady

Pro zpracování dokumentace pro stavební povolení byly použity následující podklady:

- Zvláštní technické podmínky (25.5.2020)
- Vstupní porada (vč. pochůzky) konaná dne 16.9.2020 na adrese Nádraží 344/1, Liberec
- Záměr projektu neinvestiční akce „Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov“
- Digitální katastrální mapa
- Archivní podklady získané od Státního oblastního archivu v Praze
- Zaměření stávajícího stavu (SŽG)
- Geodetické doměření jednotlivých míst

2.2 Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod.

Při zpracování projektu stavby bylo využito následujících zákonů a vyhlášek v platném znění:

- Zákon o drahách č. 266/1994 Sb.
- Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb.
- Vyhláška č.294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích
- Vyhláška č.100/1995 Sb., kterou se stanoví řád určených technických zařízení
- Vyhláška č.173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah
- Vyhláška č.177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah
- Vyhláška č.268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č.398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb

Projekt stavby dále respektuje příslušná ustanovení norem, předpisů, směrnic a Vzorových listů ve vztahu ke stavbám SŽ s.o. a ČD a.s., zejména:

- ČSN 73 6201 (Z1) Projektování mostních objektů
- ČSN 73 6133 (Z1) Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN 73 6110 (Z1) Projektování místních komunikací
- ČSN 73 6301 Projektování železničních drah

- ČSN 73 6320 Prostorová průchodnost na dráze celostátní, drahách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky
- ČSN 73 6360-1 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování
- ČSN 73 6360-2 (Z1) Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba
- ČSN 73 6380 (7/2020) Železniční přejezdy a přechody
- ČSN 74 3305 (Opr.2) Ochranná zábradlí
- ČSN EN 13450 (Z3) Kamenivo pro kolejové lože
- ČSN 37 5711 ed.2 Drážní zařízení – Křížení kabelových vedení s železničními drahami
- TNŽ 01 0101 Návosloví Českých drah
- TNŽ 73 6334 Oplocení a zábradlí na drahách celostátních a regionálních
- TNŽ 73 6949 Odvodnění železničních tratí a stanic
- TNŽ 37 5715 Silová kabelová vedení celostátních drah
- Předpis SŽ S3 Železniční svršek
- Předpis SŽ S3/1 Předpis pro práce na železničním svršku
- Předpis SŽ S3/2 Bezstyková kolej
- Předpis SŽ S4 Železniční spodek
- Předpis SŽ M21 Topologie sítě a staničení tratí železničních drah
- Vzorové listy železničního spodku Ž1 až Ž10
- TKP staveb státních drah v aktuálním znění

Dokumentace je vypracována v rozsahu dle Směrnice generálního ředitele SŽ č. 11/2006 „Dokumentace pro přípravu staveb na železničních drahách celostátních a regionálních“ (ve znění změny č. 1 přílohy č. 1, účinnost od 1. dubna 2012).

Nákladová část je zpracována v souladu se Směrnicí SŽ č. 20/2017 „Směrnice pro stanovení a členění investičních nákladů staveb státní organizace Správa železnic, změna č. 1“.

Řešení problematiky materiálových výzkumů je určeno Směrnicí SŽ č. 42/2013 „Hospodaření s vyzískaným materiálem“.

3 ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA

3.1 Základní údaje o stavbě

Trať Tanvald – Kořenov je dle kategorie železničních drah podle zákona č. 266/94 Sb. o drahách drahou regionální, vlastníkem je ČR zastoupena SŽ, státní organizace, provozovatelem dráhy je SŽ, státní organizace. Jedná se o jednokolejnou, neelektrifikovanou trať. V předmětném úseku je trať ozubnicová. Jde o jednu z posledních normálně rozchodných ozubnicových železnic v Evropě a také o nejstrmější železnici v Čechách. V roce 1992 ji Ministerstvo kultury prohlásilo za kulturní památku.

3.2 Důvody pro materiálovou charakteristiku ozubnicového kompletu

V rámci zadání (Záměr projektu neinvestiční akce „Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov“ ze dne 30.3.2020, zpracovatel Robert Bayer, DiS.) nebyla investorem upřesněna materiálová charakteristika ozubnicových tyčí a ozubnicových nájezdů.

Na vstupní poradě byly ze strany investora předány projekčnímu týmu následující výkresy:

- TN-421 Železniční svršek soustavy A s Abtovou ozubnicí na ocelových pražcích T3, upevnění ozubnicových pásů 1:2
- TN-420 Železniční svršek soustavy A s Abtovou ozubnicí na ocelových pražcích T3, podrobnosti 1:5, 1:2, 1:1
- TN-387 Železniční svršek soustavy A s Abtovou ozubnicí na ocelových pražcích T3, pohyblivý nájezd na ozubnici 1:5
- TN-353 Detail ozubnicového pásu 1:1, Děrování pásu 1:10

Na uvedených výkresech je uvedena charakteristika použitého materiálu následující (potvrzeno investorem): Použitá ocel 12060 s opracovaným povrchem se stupněm (modulem) drsnosti 12,5. (výkres TN 353).

Vzhledem k mnoha nepřesnostem ve výkresech (rozdílná šířka ozubnicových tyčí oproti skutečnosti, různorodost ozubnicových nájezdů na trati atd.) se investor po dohodě s projektantem rozhodl ověřit materiálovou charakteristiku.

4 Materiálová charakteristika

Projektant oslovil Železniční společnost Tanvald o.p.s., která jako jediná, vlastní část ozubnicové tyče (investor nemá k dispozici žádný nepotřebný kus pro rozbor (destruktivní zkoušky) k dispozici). Projektant tuto ozubnicovou tyč získal a zajistil rozbor této oceli u akreditované laboratoře a zkušebny VÚHŽ, č. p. 240, 739 51 Dobrá (dále jen VÚHŽ).

4.1 Ozubnicová tyč získaná od Železniční společnost Tanvald o.p.s

VÚHŽ provedla měření a zkoušky ozubnicové tyče, jejímž výsledkem bylo zjištění, že se jedná o tzv. ocelolitinu. Vzhledem k výsledku vznikl předpoklad, že ozubnicová tyč získaná od Železniční společnost Tanvald o.p.s, nepochází z aktuální ozubnicové dráhy, ale jedná se o tyč původní, která byla osazena v roce cca 1900. Tento materiál navíc nemá v dnešních ČSN zastoupení. Dále je zde také další rozdíl výsledku měření oproti předpokladu investora, tj. že se jedná o ocel 12060 s opracovaným povrchem se stupněm (modulem) drsnosti 12,5.

4.2 Ozubnicové kolo

Projektant se rozhodl provést akreditovanou laboratoří i měření a zkoušky ozubnicového kola přímo z lokomotivy (respektive z vystaveného exponátu v muzeu Železniční společnosti Tanvald o.p.s, dle informací od provozovatelů muzea se jedná o třetí ozubnicové kolo, které slouží jako případná náhrada v případě poškození stávajících ozubnicových kol na lokomotivách řady 715), která se jako jediná na trati pohybuje (Železniční společnost Tanvald o.p.s. jednu lokomotivu řady 715 vlastní, druhou lokomotivu řady 715 má

v pronájmu od ČD, a.s.). Výsledkem bylo zařazení oceli s jakostí 54SiCr6, žíhanou na pevnost přibližně 280 HB.

Měření a zkoušky ozubnicového kola byly nezbytné proto, aby bylo možné porovnat návrh oceli ozubnicových kompletů vs. ozubnicové kolo (aby nedocházelo k poškození ať už ozubnicového kola, nebo některé z částí ozubnicového kompletu).

4.3 Ozubnicová tyč získaná ze zkušebního úseku

Vzhledem k mnoha nejasnostem ohledně výběru nového materiálu pro ozubnicové komplety, dohodl se projektant s investorem a s případným dodavatelem ozubnicových kompletů – Pražskou strojírnu a.s. na výrobě dvou nových ozubnicových tyčí, které se osadí na trati jako zkušební úsek (km 32,400, v úseku, kde se nachází stoupaní 5,6 %, skalní zářez a trať je v tomto místě v oblouku o poloměru 200 m).

Vyzískaný pár ozubnicových tyčí byl následně rozřezán a část ozubnicové tyče byla předána na měření a zkoušky VÚHŽ s následujícím výsledkem: **Potvrzené chemické složení – v kombinaci se sledovaným znečištěním nekovovými vměstkami – ukazuje letitost oceli. Podle chemického složení se jedná – z pohledu aktuálně platných norem aplikovatelných na daný typ hutního polotovaru – o ocel atypickou, která není 100% zařaditelná dle EN 10025, nebo EN 10084, kde je největší možný průnik chemického složení. Prokazatelně se jedná o vývalek. Je zde na dnešní poměry netypický poměr Mn/Cr a úroveň obsahu Si – což komplikuje exaktní zařazení. Jako nejbližší ekvivalent se ukazuje 16MnCr5 dle EN 10084. Funkční povrch zubu jednoznačně absolvoval nějakou úpravu lokální úpravu – zřejmě akcelerované chlazení při vypalování, nebo indukční či plamenné povrchové kalení do uvedené hloubky. Cementace se na hodnoceném díle nepředpokládá.**

Výsledky rozboru jsou uvedeny v příloze č. 1.

4.4 Zkušební úsek

Zkušební úsek byl doporučen zástupci Železniční společnosti Tanvald o.p.s (na základě jejich zkušeností s provozem ozubnicových lokomotiv na této trati), a schválen investorem. V místě zkušebního úseku byly investorem před samotnou výměnou povoleny stávající upevňovací ozubnicové tyče a na místě byly připraveny nové šrouby. Dne 7.4.2021 byly v noční výluce spol. Pražská strojírna a.s. a za účasti projektanta osazeny dvě nové ozubnicové tyče. Dne 18.4.2021 byla domluvena zkušební jízda dvou lokomotiv řady 715 vč. několika připojených vozů, které měli za úkol ověřit geometrii ozubnicových tyčí několika pojezdy tohoto zkušebního úseku. U tohoto měření byl projektant i zástupce Pražské strojírny a.s., který dle očekávání potvrdil bezvadný průběh zkušebního úseku.

5 VÝSLEDKY A ZÁVĚRY

Výsledky měření byly předány společnosti Pražská strojírna a.s. s požadavkem na výběr vhodného materiálu pro budoucí výrobu ozubnicových kompletů. Pražská strojírna a.s. provedla vlastní šetření nad získanými podklady a pro výrobu ozubnicových kompletů doporučila následující materiál:

Varianta 1: DILLIDUR 400V – otěruvzdorný materiál používaný pro výrobu vysoce namáhaných součástí (jazkyk výměn apod.). Výsledný tvar by byl vyřezán vodním paprskem.

Varianta 2: 16MnCr5 – doporučený nejbližší ekvivalent z druhého rozboru. Materiál má vyšší pevnost a tvrdost než materiál vytěženého pásu. Běžně dostupná ocel. Výsledný tvar by byl vyřezán plamenem/plazmou.

U obou variant by následně proběhlo nutné rovnání a dovtáčení děr na stroji pro přesnou polohu na upevňovací.

U varianty 1 je odhadován vzhledem k materiálu a technologii výroby nárůst ceny o 90 % oproti variantě 2.

6 NÁVRH TVARU NOVÝCH OZUBNICOVÝCH TYČÍ A NOVÉHO OZUBNICOVÉHO NÁJEZDU, PRAŽCŮ A PŘEJEZDOVÝCH KONSTRUKCÍ

Tento návrh je popsán v samostatném podobjektu 00-10-03.

7 POŽADAVEK INVESTORA

V rámci připomínkového řízení k této projektové dokumentaci obdržel zástupce Investora – p. Robert Bayer. DiS. požadavek od Ing. Petra Podolinského (viz příloha č. 2) na použití materiálu **16MnCr5**. Na základě této informace provedl projektant kalkulaci jednotlivých komponentů týkajících se ozubnicového nájezdu a ozubnicových tyčí, se kterou je dále uvažováno v položkových rozpočtech železničního svršku.

8 FOTODUKEMENTACE



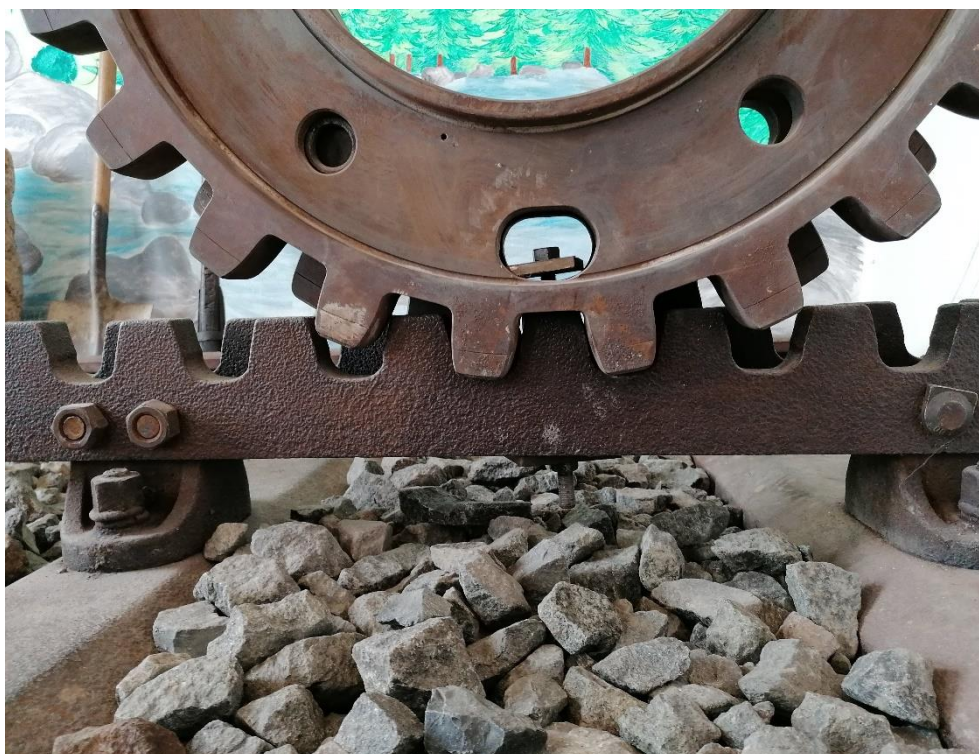
Obrázek 1 - Zkušební úsek



Obrázek 2 - Zkušební jízda – závěr



Obrázek 3 - Pohled na ozubnicové kolo na lokomotivě řady 715



Obrázek 4 - Ozubnicové kolo v muzeu Zubačky v Kořenově

Příloha č. 1:



ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES

LABORATOŘE A ZKUŠEBNY
LABORATOŘ METALOGRAFICKÁ

VÚHŽ a.s., se sídlem č.p. 240, 739 51 Dobrá
vedená u KS v Ostravě, oddíl B, vložka 3030, IČ 27768953

tel.: +420 558 601 257
+420 558 601 258
fax: +420 558 601 211
email: lab@vuhz.cz

Protokol č. M 63 / 2021

Zakázka č.: 625 521 209
Počet stran: 5

Objednávka č.: 0312020
Počet příloh: 3 + 3

Objednatel: Tým dopravního inženýrství s. r. o. – Ing. Jakub Rentka
Moskevská 532/60,
101 00 Praha 10 – Vršovice, Česká republika

Předmět zkoušení: Hodnocení pásové ozubnice

Datum převzetí vzorku: 6. 5. 2021

Datum a místo provedení zkoušky: 6. 5. – 2. 6. 2021, Laboratoř metalografická,
VÚHŽ a.s., č.p. 240, 739 51 Dobrá.

Způsob odběru vzorků: viz str. 2 – str. 4

Informace zadavatele o předmětu zkoušení: viz str. 2

Popis metodiky zkoušení: viz str. 2 – str. 4

Výsledky zkoušení: viz str. 2 – str. 5

Výsledky zkoušení uvedené v protokolu se týkají pouze zkoušeného předmětu a jsou platné ve vztahu k popsání metodice zkoušení. Laboratoř neodpovídá za údaje poskytnuté zadavatelem. Zadavatel může protokol reprodukovat pouze jako celek, jinak jen s písemným souhlasem zkušebny.

Protokol vystaven dne: 2. června 2021

Vypracoval:
Ing. Martin Růžička

Kontroloval:
Ing. Vít Michenka

Schválil:
Ing. Vít Michenka
vedoucí Laboratoří a zkušeben



Strana 2: Protokol č.: M 63 / 2021

Zápis o zkoušení a výsledky zkoušení

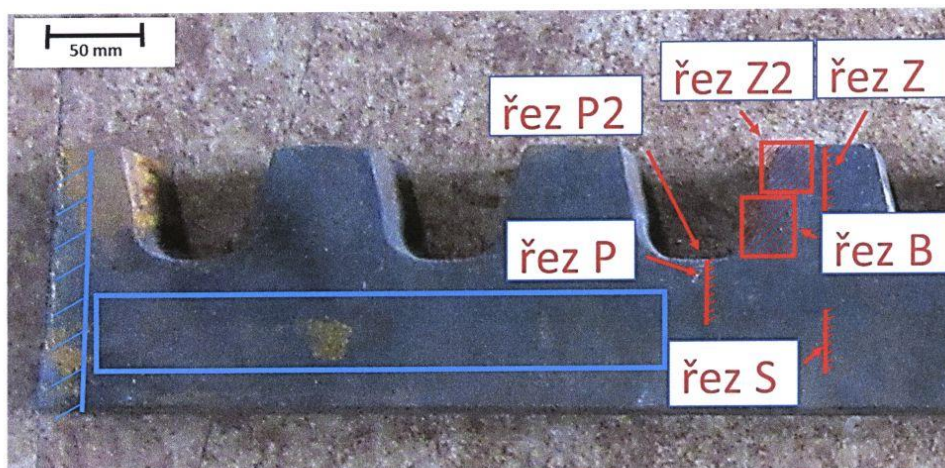
Předmět zkoušení: ke zkoušení byl dodán vzorek pásové ozubnice o délce cca 0,8 m, s rozsáhlým korozním napadením svého povrchu, viz Obr. 1 (dále jen vzorek/vzorku/vzorkem), zadavatel nemá k dispozici výkresovou dokumentaci, nezná materiálovou specifikaci, tepelně mechanické zpracování a technologické postupy výroby. Objednatel žádá návrh technologie výroby základního materiálu ozubnicového pásu.

Požaduje se:

- chemická analýza;
- stanovení tvrdosti HBW;
- zkouška v tahu;
- metalografické zkoušení.



Obr. 1 Dodaný stav vzorku



Obr. 2 Schéma řezů na části dodaného vzorku

Dodaná pásová ozubnice viz Obr. 1 byla rozřezána na tři kusy. Jedná z těchto částí byla použita pro přípravu metalografických výbrusů (dále jen mikro/miker/mikry/mikrech) v řezech, kolmých na směr největšího rozměru vzorku, s označením řez Z, řez P, řez P2 a řez S viz Obr. 2 a v řezech, rovnoběžných na směr největšího rozměru vzorku, s označením řez Z2, řez B viz Obr. 2 Na mikrech bylo provedeno metalografické zkoušení. V oblasti blízké řezu S byl odebrán materiál pro zkoušení chemického složení.

Strana 3: Protokol č.: M 63 / 2021

Jeden kus ozubnicového pásu byl použit pro zkoušení tvrdosti základního materiálu v ploše řezu, kolmém na směr největšího rozměru vzorku, vyznačeného modře viz Obr. 2. Pro přípravu zkušební tělesa pro zkoušku v tahu byl použit materiál z oblasti viz modrý obdélník Obr. 2.

1) Chemická analýza

Kontrolní chemický rozbor byl proveden metodou dle PP 621–1.2 v chemické Laboratoři firmy VÚHŽ a.s. Originál protokolu o zkoušení č. CH 11663/21 je přílohou tohoto protokolu.

2) Stanovení tvrdosti HBW

Provedení zkoušky tvrdosti HBW bylo provedeno na ploše příčného řezu ozubnicovým pásem viz Obr. 2. modrá linie, dle PP 623–3.2 (ČSN EN ISO 6506-1). Výsledky zkoušení jsou uvedeny v příloze se značením Z–262/21_HBW.

Výsledky reprezentují plochu příčného průřezu vzorkem ve vzdálenosti minimálně 5 mm od povrchů vzorku. Výsledky tvrdosti materiálu vykazují homogenitu materiálu vzorku po jeho příčném průřezu, v kvalitě běžné pro plechy obdobných tloušťek. Náměr 203 HBW pro „bod. 1“, který představuje oblast vrchní plochy zubu blízké přechodu (hraně) mezi navzájem kolmými plochami povrchů vzorku, koreluje se zjištěným mikrostrukturním stavem viz bod 4 tohoto protokolu.

3) Zkouška tahem

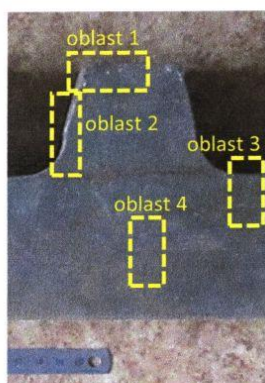
Provedení zkoušky tahem proběhlo dle ČSN EN ISO 6892-1. Výsledky zkoušení jsou uvedeny v příloze tohoto protokolu s interním značením Z–271/21.

Výsledky meze pevnosti v tahu korelují s výsledky zkoušení tvrdosti základního kovu viz bod 2 tohoto protokolu.

4) Metalografické zkoušení

Mikrostruktura byla vyhodnocena na řez Z, řez P, řez P2, řez S, řez Z2, řez B viz Obr. 2. Zkoušení bylo provedeno na mikroskopu Olympus GX 51, zvětšení 25x až 1000x v neleptaném a leptaném stavu. Mikrostruktura byla vyvolána chemicky v 1 % HNO₃. Mikrostruktura byla hodnocena dle PP 622 – 2.1 (ČSN 42 0003).

Orientační chemická analýza EDX, při elektronovém mikroskopu Quanta FEG 450, byla provedena na mikrech řez Z, řez P2 a řez B viz Obr. 2. Zkoušení provedeno při zvětšení 50x až 1500x.



Obr. 3 Schéma oblastí

Mikrostruktura základního kovu v oblasti 4 viz Obr. 3, reprezentovaná mikrem řez S, je tvořena ve středové oblasti lamelárním perlitem a masivním feritem. V podpovrchových oblastech byl zaznamenán nepravidelný, místní výskyt acikulárního feritu Obr. 13 / Příloha III. Podpovrchové oblasti z obou rovnoběžných stran vzorku (dále jen boční povrch/povrchy/povrchů) je částečně oduhličen do hloubky 0,15 mm. Oba boční povrchy, tak povrch tvořící funkční plochy zubů (dále jen horní povrch/povrchu) jsou pokryty, v nepravidelné vrstvě, oxidy převážně základního kovu. Korozní napadení má plošný a důlkový charakter viz Obr. 4 a Obr. 5 / Příloha I. Základní kov vykazuje mikrostrukturní znečištění oxidickými a sulfidickými vměstky. Tvárná část vměstků a shluky převážně oxidů hliníku a křemíku mají texturní orientaci ve směrech rovnoběžných s rovinami

Strana 4: Protokol č.: M 63 / 2021

bočních povrchů vzorku viz Obr. 6 a Obr. 7 / Příloha I. Mikročistota materiálu koresponduje se zjištěným chemickým složením viz bod 1 tohoto protokolu, kde se projevuje zvýšený hmotnostní podíl síry a fosforu v oceli.

Základní materiál ve všech sledovaných oblastech vzorku vykazuje homogenitu chemického složení na velkou vzdálenost. Nebyly zjištěny významné chemické rozdíly mezi podpovrchovými a středovými oblastmi vzorku.

Mikrostrukturní stav základního kovu vzorku, v oblast 1 až oblast 3 viz Obr. 3, reprezentovaný mikry řez Z, řez Z2, řez P, řez P2 a řez B, v hloubkách od povrchu vzorku více jak 1 mm viz Obr. 12 / Příloha III, je srovnatelný se stavem řez S. V podpovrchových oblastech u horního povrchu vzorku, do hloubek 0,15 mm, je patrná vrstva s dominantním výskytem lamelárního perlitu ohraničená proeutektoidním feritickým síťovím. V této vrstvě je možné pozorovat nepravidelný výskyt acikulárního feritu, granulárního bainitu a bainitu viz Obr. 8, Obr. 10 / Příloha II, Obr. 14, Obr. 15 / Příloha III. Výskyt bainitické fáze je častější v oblast 3 a spodní části oblast 2, ve srovnání s oblast 1 viz Obr. 3. V této vrstvě je možné rovněž pozorovat zvětšenou velikost, jinou morfologii a disperzitu přítomných oxidických vměstků v oceli, především s dominantním podílem křemíku, ve srovnání s ostatním objemem základního kovu. Tento stav je patrný viz Obr. 4 a Obr. 5 / Příloha I. Popisovaná podpovrchová vrstva je souvislá na horním povrchu vzorku mimo oblast 2, kde v horní části této oblasti absentuje zcela viz Obr. 9 / Příloha II. Pod touto vrstvou mikrostrukturní stav přechází do oblastí se skokově zvětšenou velikostí perlitických nodulí a s hrubším feritickým síťovím, s nepravidelným výskytem acikulárního feritu a Widmanstättenova feritu. S přibývajícím hloubkou od cca 0,15 mm do cca 1,00 mm postupně ubývá těchto mikrostrukturních formací a mikrostrukturní stav přechází do feriticko-perlitické mikrostruktury typické pro normalizovaný stav výše popsany pro řez S. V oblasti 3 viz Obr. 3, reprezentované mikry řez P a řez P2, se přechodová vrstva lokálně rozšiřuje až na cca 6,0 mm v místě přechodových hran mezi horním povrchem a bočními povrchy viz Obr. 11. / Příloha II. Velikost rozšíření této oblasti není u obou přechodových hran shodné. U řez P dosahuje jen hloubky cca 2,5 mm pod povrch vzorku.

Diskuze výsledků

- Chemické složení oceli neodpovídá běžně dostupným, normativně upraveným standardům ocelí dostupným zkušební laboratoři.
- Nebyly zjištěny chemické rozdíly mezi podpovrchovými a středovými oblastmi vzorku. (mimo už výše popsané částečné oduhličení), které by mohly ukazovat na provedení technologických operací jako jsou cementování, nitridace, pokovení a podobně.
- Ocel proti kvalitě běžně vykazuje zvýšený hmotnostní podíl síry a fosforu, který se nepříznivě projevuje na mikročistotě materiálu, neodpovídající kvalitě běžné pro konstrukční oceli vyráběné a dostupné na českém trhu v posledních letech.
- Ocel není řízeně uklidněná hliníkem. Použití legování oceli křemíkem v obsahu více jak 0,5 hm. % nelze spolehlivě identifikovat jen jako postup výrobce oceli kov uklidnit tímto chemickým prvkem. Může jít o záměr výrobce oceli pro předemtný vzorek takovým legováním oceli ovlivnit mikrostrukturní stav základního materiálu. Jak ve vazbě na houževnatost a pružnost základního materiálu vzorku, tak na oblasti materiálu přiléhajících hornímu povrchu vzorku, kde došlo k tepelnému ovlivnění základní mikrostruktury materiálu do hloubky cca 0,15 mm a tím ovlivnění užitečných vlastností dílu/vzorku zásadním způsobem.
- Mikrostrukturní stav základního kovu odpovídá normalizovanému stavu pro uhlíkovou ocel po žhání nebo po tepelně mechanickém procesu zpracování takový

Strana 5: Protokol č.: M 63 / 2021

stav nahrazující. S tímto stavem korelují výsledky zkoušení tvrdosti HBW a zkoušky v jednoosém tahu.

- Vzorek byl dodán ve stavu pokročilého korozního napadení což neumožnilo posoudit původní stav, zejména horního povrchu vzorku. Část původního povrchu vzorku tvořících boční část zubu byla v provozních podmínkách mechanickým opotřebením odstraněna více jak 0,15 mm.
- Stav podpovrchových oblastí přiléhajících k hornímu povrchu vzorku odpovídá tepelnému ovlivnění pravděpodobně řezáním plamenem při výrobě předmětného dílu/vzorku jako tvarového výpalku z plechu válcovaného za tepla.
- Boční povrchy tvarového výpalku mohly tvořit původní povrchy plechu, z kterého byly vypáleny. Nejdelší rozměr tvarového výpalku (předmětného vzorku) byl pak orientován ve směru shodném s dominantním směrem šíření materiálu plechu při jeho válcování za tepla.
- Nelze jednoznačně stanovit, zda mikrostrukturní stav oblastí materiálu přiléhajících hornímu povrchu předmětného dílu/vzorku (zvyšující tvrdost funkčních ploch zubů nad zkoušením získanou úroveň – spekulativně na úroveň kolem 280 HBW) je výrobně neřízeným reliktem po tepelném ovlivnění materiálu plamenem hořáku pálicího zařízení nebo jde o záměr technologie výroby předmětného dílu/vzorku.
- Není možné vyloučit řízené, zrychlené ochlazování materiálu po pálení s využitím záměrně modifikovaného chemického složení oceli křemíkem.
- V úvahu přichází také zařazení technologického procesu povrchového kalení. Limitujícím faktorem pro tento způsob bude vysoká pracnost, technická náročnost a množství takto zpracovávaných kusů předmětných dílů/vzorků.

Z výše uvedeného, a protože zhotoviteli tohoto protokolu nejsou známy technické požadavky na parametry užitných vlastností zkoušeného dílu/vzorku (například úroveň požadovaného provozního silového zatížení dílu jak staticky, tak dynamicky) lze vyvodit pro objednatele jen doporučení k vytvoření konstrukční technické dokumentace obsahující požadované limitní parametry mechanických vlastností materiálu předmětného dílu/vzorku a s takovou dokumentací kontaktovat výrobce za tepla válcovaných plechů. Ti obvykle mají také zkušenosti s tepelným zpracováním svých výrobků. A následně kontaktovat pálicí centra, s kterými konzultovat jejich možnosti z pohledu požadovaných rozměrů výpalků, tak konzultovat jejich zkušenosti s tepelným ovlivněním pálených hran výpalků. Získat a využít informace o jejich možnostech a zkušenostech s řízením mikrostrukturních stavů uvažovaných jakostí ocelí řízeným chlazením, případně zušlechťením a zjištění jejich možností pro experimentální zkoušení v uvedené problematice.

Existence konstrukční dokumentace pro předmětný díl/vzorek vycházející z uvažovaného účelu použití otevře širší možnosti pro nalezení vhodného materiálu pravděpodobně i ze skupin komerčně běžně používaných ocelí s vyloučením řízeného tepelného zpracování funkčních povrchů dílu/vzorku.

Konec protokolu

Protokol č.: M 63 / 2021

Příloha I

Mikrostruktura, nelepáno



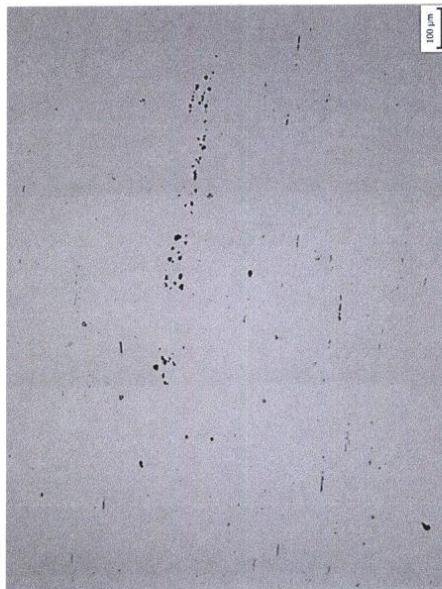
Obr. 4 řez P, horní povrch



Obr. 5 řez B, horní povrch



Obr. 6 řez S, středová oblast

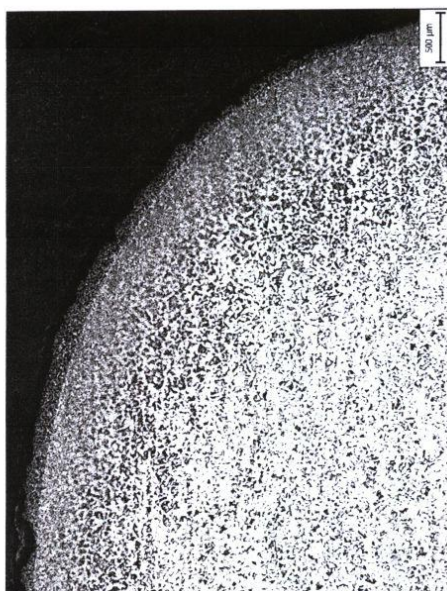


Obr. 7 řez Z2, středová oblast

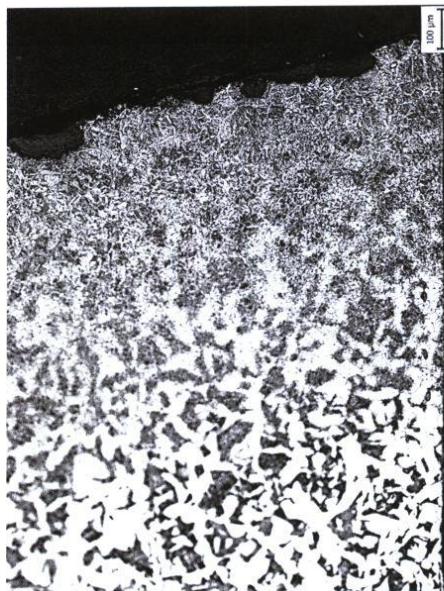
Protokol č.: M 63 / 2021

Příloha II

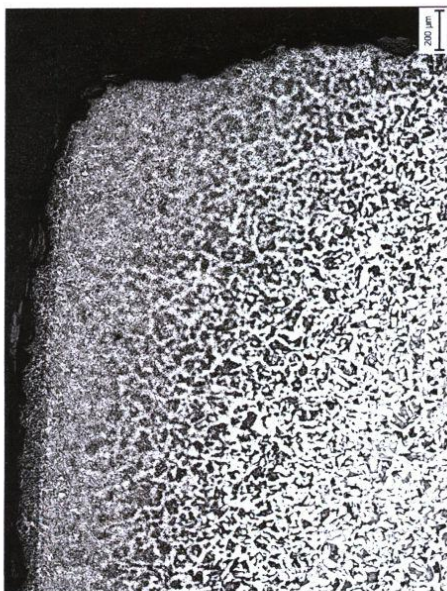
Mikrostruktura, leptáno



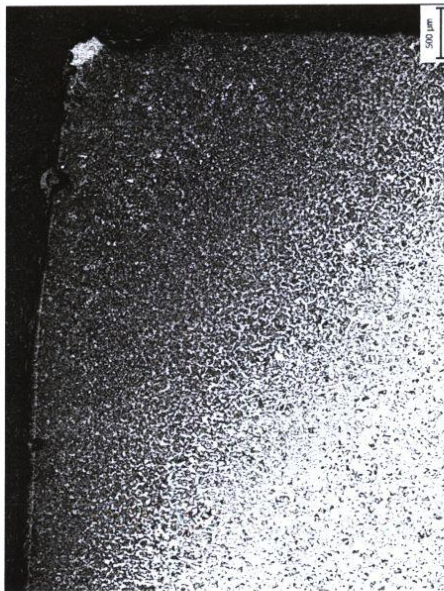
Obr. 8 řez Z2, horní povrch



Obr. 9 řez Z2, horní povrch



Obr. 10 řez Z, horní a boční povrch

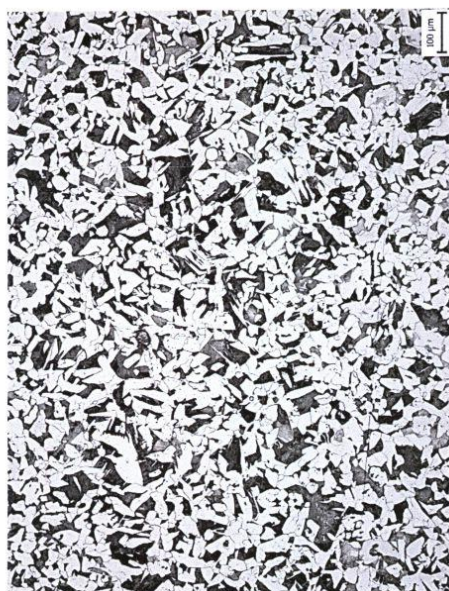


Obr. 11 řez P2, horní a boční povrch

Protokol č.: M 63 / 2021

Příloha III

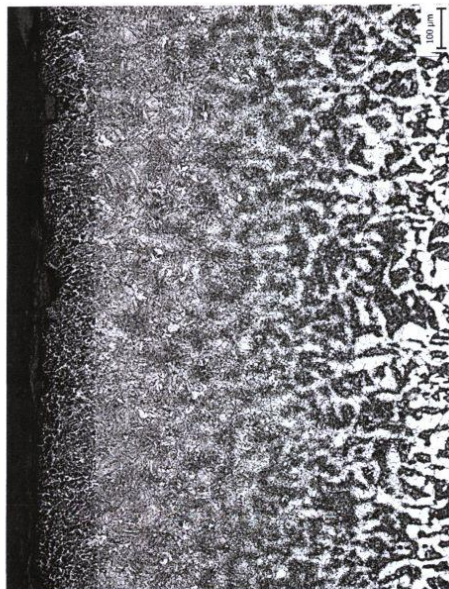
Mikrostruktura, leptáno



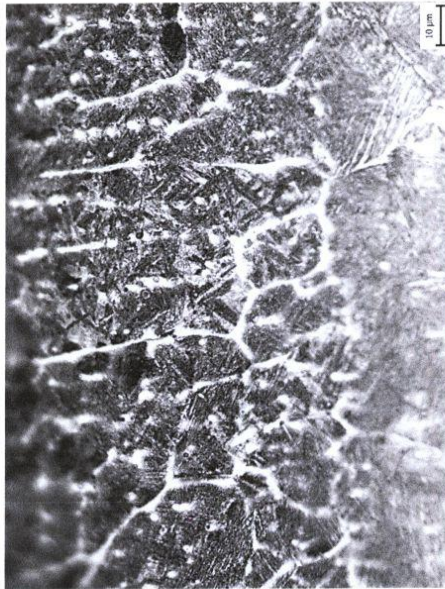
Obr. 12 řez Z2 středová oblast



Obr. 13 řez S, boční povrch



Obr. 14 řez Z, horní povrch



Obr. 15 řez Z, horní povrch



LABORATOŘE A ZKUŠEBNY

Zkušební laboratoř č. 1053 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018

LABORATOŘ CHEMICKÁ

VÚHZ a.s., se sídlem č.p. 240, 739 51 Dobrá
vedená u KS v Ostravě, oddíl B, vložka 3030, IČ 27768953



tel.: +420 558 601 250
+420 558 601 254
fax: +420 558 601 211
email: lab@vuhz.cz

Protokol č. CH 11663/21

Zakázka č.: 625 521 209

Počet stran: 1

Objednávka č.: PL M 33/2021

Počet příloh: 0

Objednatel: VÚHZ a.s., odd. 622 - Metalografická laboratoř; Ing. Martin Růžička (M 63/2021, TDI)

Požadavek: Stanovení chemického složení
Předmět zkoušení: 1 vzorek oceli
Datum převzetí vzorků: 20. 5. 2021
Datum a místo provedení zkoušky: 24. 5. 2021, laboratoř chemická
Způsob odběru vzorků: Provedl zadavatel
Informace zadavatele o předmětu zkoušení: -
Označení vzorku: 11663

Popis metodiky zkoušení: PP 621 – 1.2 (manuál firmy Leco)

Výsledky zkoušení: (hmotnostní %)

| Vzorek | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Mo | Cu | Al |
|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 11663 | 0,19 | 1,40 | 0,56 | 0,040 | 0,030 | 0,31 | 0,03 | <0,01 | 0,09 | 0,01 |

Výsledky zkoušení uvedené v protokolu se týkají pouze zkoušeného předmětu a jsou platné ve vztahu k popsané metodice zkoušení. Laboratoř neodpovídá za údaje poskytnuté zadavatelem. Zadavatel může protokol reprodukovat pouze jako celek, jinak jen s písemným souhlasem zkušebny.

Protokol vystaven dne: 25. května 2021

Vypracoval: Mgr. Simona Causidu



Schválil:

Ing. Vít Michenka
vedoucí Laboratoří a zkušeben

Kontroloval: Ing. Vít Michenka

konec protokolu



ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES

**ZKOUŠKA TVRDOSTI
PODLE BRINELLA**

Zkoušeno v souladu s PP 623 - 3. 2
 Zjednodušený protokol o zkoušce



Laboratoř mechanických vlastností
 VÚHŽ a. s. se sídlem č.p. 240, 739 51 Dobrá
 vedená u KS v Ostravě, oddíl B, vložka 3030, IČ 27768953

Zadavatel: VÚHŽ - Metalografie - Růžička
 Zakázka č.: 625 521 209, M63/2021
 Interní značení: Z - 262/21_HBW
 List č.: 1

| Poř. číslo | Označení vzorku | Označení tvrdosti | Průměr vtisku | | Zatížení F [N] | Průměr d [mm] | Tvrdost podle Brinella | Poznámka |
|---------------|--------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|---------------------------|----------|
| | | | d ₁ | d ₂ | | | | |
| | | | [mm] | | | | | |
| 1. | bod. 1 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 203 | |
| 2. | bod. 2 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 177 | |
| 3. | bod. 3 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 167 | |
| 4. | bod. 4 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 168 | |
| 5. | bod. 5 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 166 | |
| 6. | bod. 6 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 165 | |
| 7. | bod. 7 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 169 | |
| 8. | bod. 8 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 168 | |
| 9. | bod. 9 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 175 | |
| 10. | bod. 10 | HBW 2,5/187,5 | | | 1839,0 | | 178 | |
| 11. | | | | | | | | |
| 12. | | | | | | | | |
| 13. | | | | | | | | |
| 14. | | | | | | | | |
| 15. | | | | | | | | |
| 16. | | | | | | | | |
| 17. | | | | | | | | |
| 18. | | | | | | | | |
| 19. | | | | | | | | |
| 20. | | | | | | | | |
| 21. | | | | | | | | |
| 22. | | | | | | | | |
| 23. | | | | | | | | |
| 24. | | | | | | | | |
| 25. | | | | | | | | |

Zkušební stroj: Wolpert 2N
 Teplota zkoušení [°C]: 21
 Zatížení [kp]: 187,5
 Průměr kuličky [mm]: 2,5
 Použitá norma: ČSN EN ISO 6506-1

Zkoušku provedl(a): Tichý
 V Dobré, dne: 25.05.2021
 Podpis:

Zadavatel: VÚHŽ - Metalografie - Haladejov
Interní značení: Z - 271/21
Číslo objednávky: 625521209, M63/2021
Materiál: neznámá jakost



ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES

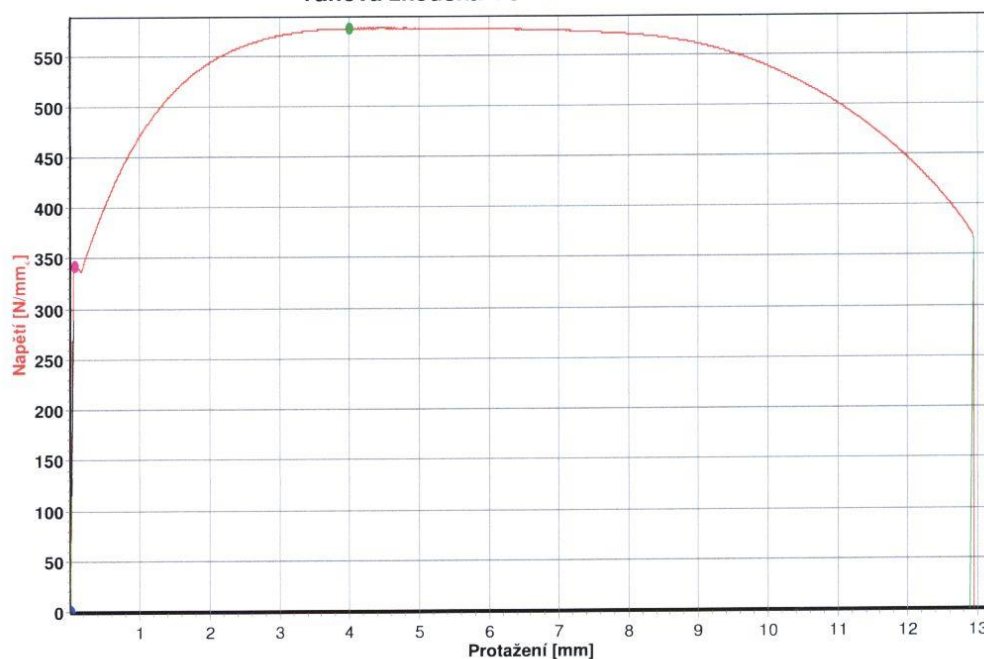


Teplota zkoušení: 21 °C

Zkušební parametry

Tahová zkouška ČSN EN ISO 6892-1
TiraTest2300
100kN
V0 = 2,5 mm/min; V1 = 20 MPa/s; V2 = 0,12 mm/s
F0 = 150 N; U12 = 320 MPa

Tahová zkouška ČSN EN ISO 6892-1



Tabulka výsledků

| | Ozn. vzorku | E GPa | ReH MPa | Rm MPa | A % |
|---|-------------|----------|------------|-----------|--------|
| 1 | vzorek 1 | 200 | 343 | 577 | 32,8 |

Zkoušku provedl(a): Tichý
Podpis

Schválil

V Dobré dne: 28.05.21
Stránka 1 z 1

Příloha č. 2:

Od: rentka@tymdi.cz
Kom: "Blotřica Dušan"
Předmět: FW: Návrh materiálu ozubnice pro opravu trati v úseku Tanvald - Kořenov
Datum: čtvrtek 21. října 2021 9:12:29
Přílohy: image001.png

From: Bayer Robert, DiS. <Bayer@spravazeleznic.cz>
Sent: Thursday, October 21, 2021 9:09 AM
To: Ing. Jakub Rentka (rentka@tymdi.cz) <rentka@tymdi.cz>
Subject: FW: Návrh materiálu ozubnice pro opravu trati v úseku Tanvald - Kořenov

Dobrý den,

Zasílám vyjádření O13 k navrženému materiálu pro výrobu ozubnicových tyčí. Toto vyjádření je zároveň vyjádřením objednatele.

S pozdravem

Robert Bayer, DiS.

**Správa železnic, státní organizace
Oblastní ředitelství Hradec Králové**

vedoucí provozního oddělení
Správa trati Liberec

U Fotochemy 259, 501 01 Hradec Králové
Nádraží 459/1a, 460 07 Liberec
T 972 365 181
M 724 259 127
E Bayer@spravazeleznic.cz
spravazeleznic.cz

Nedílnou součástí této zprávy je právní doložka, jejíž plné znění naleznete na adrese www.spravazeleznic.cz/dolozka

From: Podolinský Petr, Ing. <Podolinsky@spravazeleznic.cz>
Sent: Thursday, October 21, 2021 8:49 AM
To: Bayer Robert, DiS. <Bayer@spravazeleznic.cz>
Cc: Tábořský Martin, Ing. <Taborsky@spravazeleznic.cz>; Hartman Tomáš, Ing. <Hartman@spravazeleznic.cz>
Subject: Návrh materiálu ozubnice pro opravu trati v úseku Tanvald - Kořenov

Vážený pane Bayere,

v návaznosti na Váš e-mail ze dne 15.10.2021 ve věci „Oprava trati Tanvald – Kořenov (Tank) – materiál ozubnice“, po prostudování Technické zprávy E.1.1.6.01 (dále jen „TZ“) a interní diskuzi se přikláníme k materiálu **16MnCr5** (W.Nr. 1.7131), případně 20MnCr5 (W.Nr. 1.7147). K navrhovanému způsobu výroby (plazmové řezání) nemáme připomínky.

Alternativně lze použít též ocel **C55** (W.Nr. 1.0535), která byla původně předepsaná v rámci dokumentu TN-353 (materiál ČSN 12060). *Poznámka: materiál 16MnCr5 má však výrazně lepší svařitelnost; z hlediska mechanických vlastností lze u obou navrhovaných ocelí vhodnými postupy tepelného zpracování dosáhnout srovnatelných parametrů.*

Srovnání chemických složení obou materiálů včetně analyzovaného vzorku řešeného v rámci TZ uvádí následující tabulka:

| Materiál | C | Si | Mn | Ni max. | P max. | S max. | Cr max. | Mo max. | Cu | Al |
|--------------------------|-------------|------|-------------|---------|--------|--------|-------------|---------|------|------|
| Analyzovaný vzorek | 0,19 | 0,56 | 1,40 | 0,03 | 0,040 | 0,030 | 0,31 | <0,01 | 0,09 | 0,01 |
| 16MnCr5 (1.7131) | 0,14 ÷ 0,19 | 0,40 | 1,00 ÷ 1,30 | - | 0,035 | 0,035 | 0,80 ÷ 1,10 | - | - | - |
| ČSN 12060 / C55 (1.0535) | 0,52 ÷ 0,60 | 0,40 | 0,60 ÷ 0,90 | 0,40 | 0,045 | 0,045 | 0,40 | 0,10 | - | - |

Teprve v případě problematické dostupnosti vstupního materiálu pro výrobu ozubnicových tyčí z výše uvedených ocelí se lze zabývat i dalšími značkami ocelí.

V případě dalších dotazů mě kontaktujte na níže uvedeném mobilním čísle.

S pozdravem

Ing. Petr Podolinský

**Správa železnic, státní organizace
Generální ředitelství**

Systémový specialista