



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Diagnostický průzkum mostu na trati TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000



Zodpovědný řešitel: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz,

tel. +420 602 250 860

Řešitel: Ing. Jakub Vůjtek

Spoluřešitelé: Ing. František Tatíček, Fakulta
strojní ČVUT v Praze

Datum: 05.2021



Obsah

1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	2
2.	ÚVOD A ČLENĚNÍ DOKUMENTACE.....	2
3.	ZÍSKANÉ PODKLADY	3
4.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ.....	4
4.1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	4
4.2.	CHARAKTERISTIKA MOSTU.....	6
4.3.	TECHNICKÝ POPIS KONSTRUKCE	7
5.	MATERIÁLOVÝ PRŮZKUM KONSTRUKCE	8
5.1.	VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK.....	10
5.1.1.	Výsledky zkoušek tahem.....	11
5.1.2.	Metalografická zkouška mikrostruktury.....	11
5.1.3.	Spektrální analýza chemického složení oceli.....	14
5.2.	TVRDOMĚRNÉ ZKOUŠKY.....	15
5.3.	STANOVENÍ NÁVRHOVÉ MEZE KLUZU	17
6.	PROHLÍDKA A STANOVENÍ ROZSAHU KOROZNÍHO POŠKOZENÍ.....	20
6.1.	KONSTRUKCE K2.....	20
6.1.1.	Oblasti K2 v poli.....	20
6.1.2.	Nadpodporové oblasti K2	24
6.1.3.	Ložiska K2	25
6.2.	KONSTRUKCE K3.....	26
6.2.1.	Oblasti K3 v poli.....	26
6.2.2.	Nadpodporové oblasti K3	28
6.2.1.	Ložiska K3	29
6.3.	KONSTRUKCE K4.....	31
6.3.1.	Oblasti K4 v poli.....	31
6.3.1.	Nadpodporové oblasti K4	32
6.3.1.	Ložiska K4	33
7.	ZÁVĚR DIAGNOSTIKY A NÁVRH OPATŘENÍ	35
8.	LITERATURA	36
9.	PŘÍLOHA 1 – OPRÁVNĚNÍ K PROVÁDĚNÍ PRŮZKUMNÝCH A DIAGNOSTICKÝCH PRACÍ.....	37
10.	PŘÍLOHA 2 - PROTOKOL O PROVEDENÉM CHEMICKÉM A METALOGRAFICKÉM ROZBORU OCELI A TAHOVÝCH ZKOUŠKÁCH.....	38



1. Identifikační údaje

Objednatel:



TOP CON SERVIS s.r.o.
Projektční a konzultační kancelář

se sídlem : Varšavská 249/30, 120 00 Praha 2 - Vinohrady
jednající : Ing. Libor Marek
IČ : 45274983
DIČ : CZ45274983
Zapsaný: V obchodním rejstříku u Městského soudu v Praze, spisová značka C9396



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební, katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

se sídlem: Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6
jednající: prof. Ing. Jirí Máca, CSc.
IČ : 68407700
DIČ : CZ68407700
Zapsaný: Živnostenský list: Obvodní úřad městské části Praha 6, spis. zn. ŽO/11315/2008/Rec/2

2. Úvod a členění dokumentace

Předmětem této diagnostiky a přepočtu jsou ocelové nosné konstrukce mostního objektu. Jedná se o konstrukce K02; K03 a K04. Hlavním cílem korozního a diagnostického průzkumu podle zadání zadavatele jsou tyto činnosti:

- Stanovení korozního oslabení NOK
- Provedení materiálových zkoušek
- Provedení tvrdoměrných zkoušek
- Vyhodnocení návrhové meze kluzu oceli pro statické posouzení
- Rekapitulace závěrů a návrh opatření.

Spodní stavba, ložiska a mostní svršek byly kontrolovány převážně vizuálně a nebyly předmětem detailnějšího průzkumu. Výsledky průzkumu budou po domluvě s objednatelem použity pro statický přepočet zatížitelnosti a přechodnosti konstrukce mostu.



3. Získané podklady

Podkladem pro zpracování expertního posouzení byla archivní dokumentace a podklady, poskytnuté firmou TOPCON. Jednalo se zejména o:

- [1] *Protokol o podrobné prohlídce mostního objektu, 2020* [interní dokument], archivováno: Správa železnic, s.o.
- [2] Archivní projektová dokumentace (r. 1902), archivováno: Správa železnic, s.o.
- [3] *Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II), 2019* [interní dokument], archivováno: Fakulta stavební ČVUT v Praze

4. Základní údaje o mostě

4.1. Identifikační údaje

Objekt:	Most v km 26,00, TÚ 0541 Krásný Jez – Nové Sedlo u Lokte
Kraj:	Karlovarský
Katastrální území:	661686 Kadaň
Správce mostu:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
Lokalizace:	GPS: 50°11'11.100"N, 12°45'29.400"E
Překážka:	vodní tok – řeka Ohře (Otvor 2, 3)
Úhel křížení:	137 °
Uspořádání:	Most o pěti polích (dvě shodné konstrukce), půdorysně přímý
Druh mostu:	Železniční, jednokolejný
Nosná konstrukce:	Klenbová (K01 a K05); Ocelová příhradová přímopasová (K02 a K04), Ocelová příhradová s horním obloukem (K03)
Spodní stavba:	Kamenné zdivo na opěrách i pilíři
Železniční svršek:	Kolejnice S49, rozponové podkladnice
Mostovka:	Prvková s dřevěnými mostnicemi
Chodníky:	Pouze revizní po obou stranách, VMP 2,2
Ložiska:	Ocelová pevná a posuvná
Rozpětí:	10,93 + 31,95 + 51,69 + 31,95 + 10,93 m
Délka mostu:	164,20
Šikmost:	Levá, 51° (K2+K4); 58° (K3)
Šířka mostu:	5,40 m
Osová vzdál. hl. nosníků:	3,2 m (K2+K4); 4,85 m (K3)
Stavební výška:	cca 3,28 m
Konstrukční výška:	3,35 m (K2+K4); 3,28 – 7,07 m (K3)
Výška nad terénem:	cca 13 m nad hladinou vody
Traťová třída:	A-40
<u>Poslední stavební stav:</u>	
- Nosná konstrukce	K3 (2020)
- Spodní stavby:	S2 (2020)

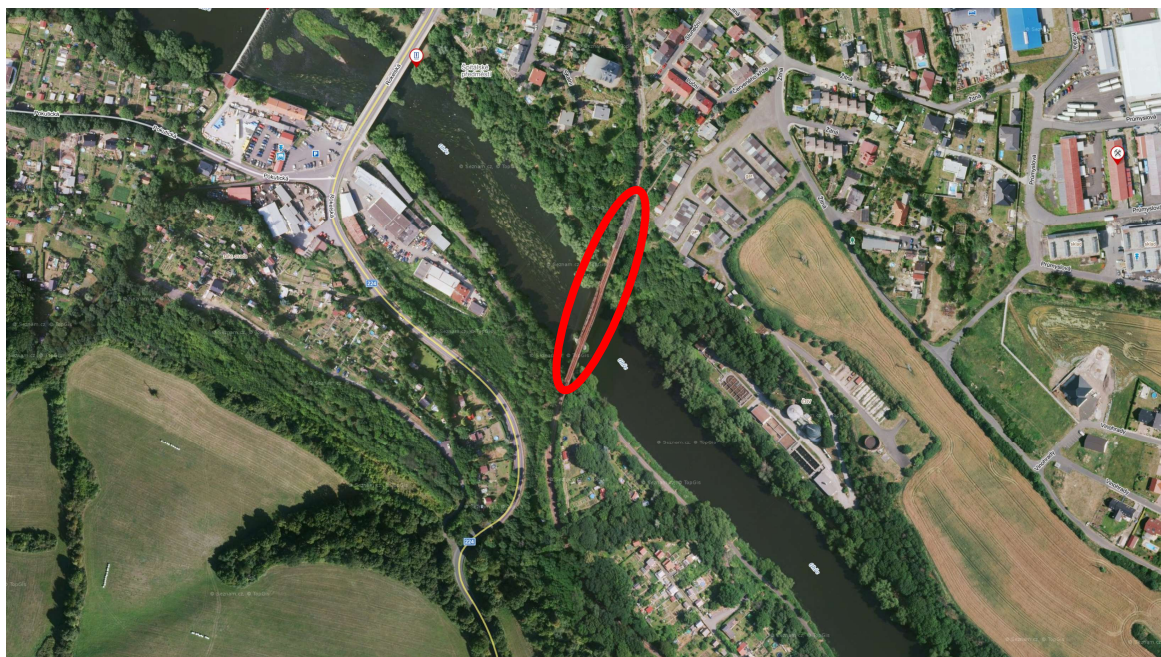
Schéma mostního objektu:



Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000
Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu



Obr. 1 Přehledná mapa okolí mostu (www.mapy.cz)

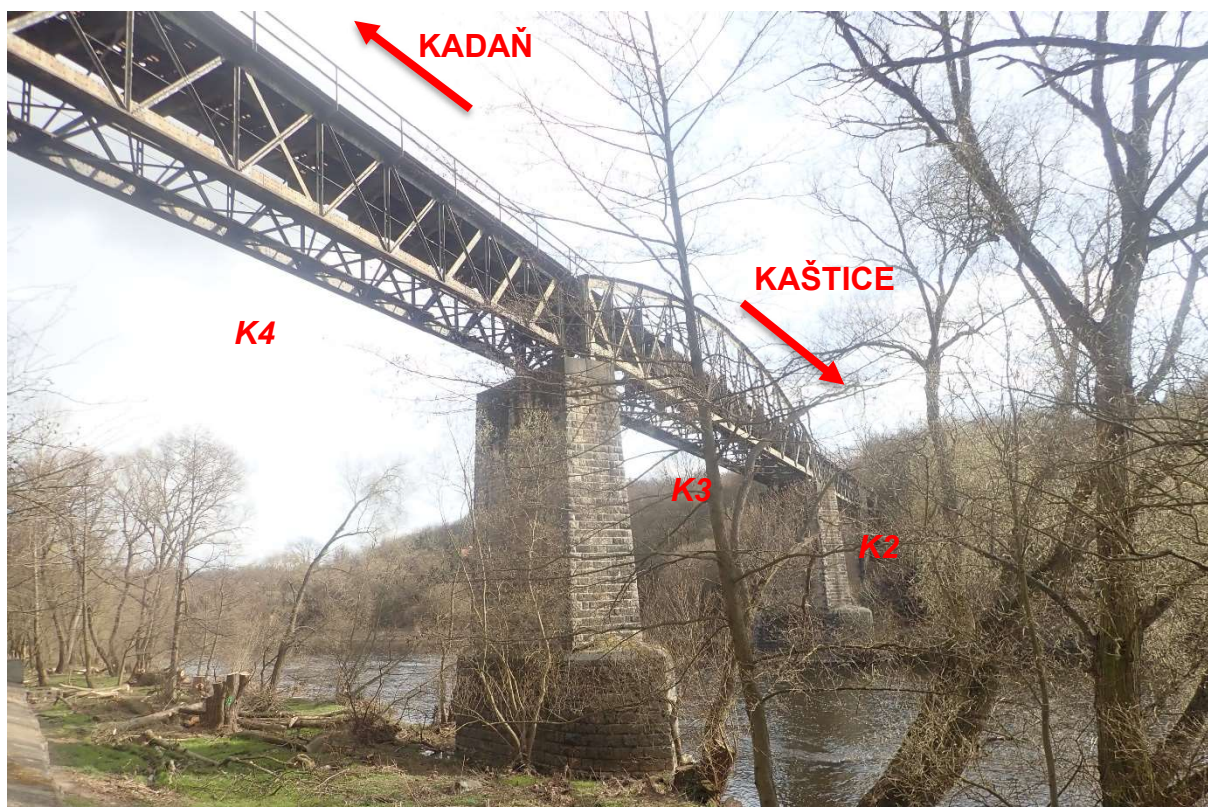


Obr. 2 Ortomapa mostu

4.2. Charakteristika mostu

Dále jsou popisovány pouze ocelové nosné konstrukce mostního objektu. Tedy K2, K3 a K4, které jsou řešeny z hlediska přepočtu a diagnostiky. Nosná konstrukce z roku 1902 je příhradová, nýtovaná s mezilehlou prvkovou mostovkou. Délka mostu je 164,20 m, délka nosných ocelových konstrukcí je 32,45 + 52,19 + 32,45 m. Délka jedné příhrady je 2 943 mm pro K2 a K4, pro K3 je délka příhrad proměnná od 3 000 do 5 310 mm. Konstrukce jsou šikmé (51° - K2+K4; 58° - K3) s klesající niveletou koleje na K2 a vodorovnou niveletou koleje na K3 a K4. Půdorysně je kolej na mostě v přímé. Poslední obnova nátěru konstrukce byla provedena v roce 1968 (MES). Ocelové konstrukce působí samostatně jako prosté nosníky.

Hlavní nosnou konstrukci tvoří vždy dvojice příhradových nosníků s horním a dolním pasem jejichž stěnu tvoří násobná soustava diagonál a svislic. Dolní pas je geometricky v přímé, horní pas je také v přímé u konstrukcí K2 a K4, u konstrukce K3 je horní pás tvaru parabolického oblouku. Profily jsou obecně ze složených průřezů ze snýtovaných úhelníků a plechů. Příčnický spojující hlavní příhradové nosníky jsou tvaru „I“ průřezu. Podélníky jsou taktéž složeného průřezu, v případě K2 a K4 jsou na posazeny na horní pásnici příčníků. V případě K3 jsou podélníky napojeny přímo na stojinu příčníků, uprostřed rozpětí mezi jednotlivými příčnickými jsou podélníky spojeny podružným příčným profilem. Ztužení je zajištěno vodorovně a svisle umístěnými diagonálními prvky z úhelníků. Konstrukce K3 zcela postrádá vodorovné ztužení v úrovni mostovky, vodorovné diagonální ztužení je umístěno pouze mezi dolními pasy.



Obr. 3 Pohled na konstrukci

4.3. Technický popis konstrukce

V rámci průzkumu bylo nejprve provedeno ověření rozměrů a dimenzí hlavní nosné konstrukce. Hlavní příhradové nosníky jsou průřezu písmene „I“, složené z horního a dolního pasu průřezu písmene „T“ a diagonál a svislic ze složených průřezů (z pásoviny a úhelníků). Výška hlavního nosníku je 3350 mm s šířkou pásnic 320 mm a tloušťkou stojiny 16 mm v případě konstrukcí K2 a K4. Hlavní příhradové nosníky konstrukce K3 průřezu písmene „I“ s proměnnou výškou horního pasu, který je parabolickým obloukem, výška je proměnná od 3240 mm do 7070 mm s šířkou pásnic 550 mm a tloušťkou stojiny 16 mm, stěny jsou tvořeny soustavou diagonál a svislic také ze složených průřezů. Délka hlavních nosníků je 31 982 mm a jejich osová vzdálenost 3200 mm (K2 a K4), respektive 51 700 mm a osová vzdálenost 4850 mm (K3). Příčníky jsou plnostěnné nýtované „I“ profily. Jedenáct kusů příčníků se nachází v poli, dva šikmé koncové příčníky spojují hlavní nosníky u ostrých rohů nosné konstrukce, dohromady se tedy jedná o 13ks, stejný počet příčníků mají všechny tři konstrukce (K2, K3, K4). Výška příčníků je 450 mm, šířka pásnic 210 mm pro K2+K4, pro K3 je výška příčníků 1000 (550) mm, šířka pásnic 170 (270) mm. Podélníky jsou plnostěnné, nýtované, uloženy na příčníky pro K2 a K4, v případě K3 jsou kotvené mezi příčníky. Výška podélníků je 360 mm šířka dolní pásnice je 170 mm. Vodorovné ztužení tvoří profily úhelníků nýtované ke konstrukci, uspořádané v polopříčkové soustavě ve dvou úrovních, u spodního pasu a u mostovky. Pouze konstrukce K3 nemá vodorovné ztužení v úrovni mostovky. Dodatečné příčné ztužení se nachází v polovinách rozpětí mezi jednotlivými příčníky, kde je vždy pravý a levý podélník spojen dvojicí úhelníků přinýtovanou k horním pásnicím podélníků.

Každá NK je uložena na 4 ks ložisek pod hlavními nosníky. Na pilíři P1 je uložena ocelová konstrukce K2 na pohyblivá ložiska. Na pilíři P2 je konstrukce K2 uložena na dvojici pevných ložisek, konstrukce K3 je zde uložena na dvojici pohyblivých ložisek. Na pevná ložiska jsou na pilíři P3 uloženy konstrukce K3 a K4. Konstrukce K4 je pak uložena na dvojici pohyblivých ložisek na pilíři P4. Podpěry jsou kamenné z kvádrového zdiva pravidelného řádkování.



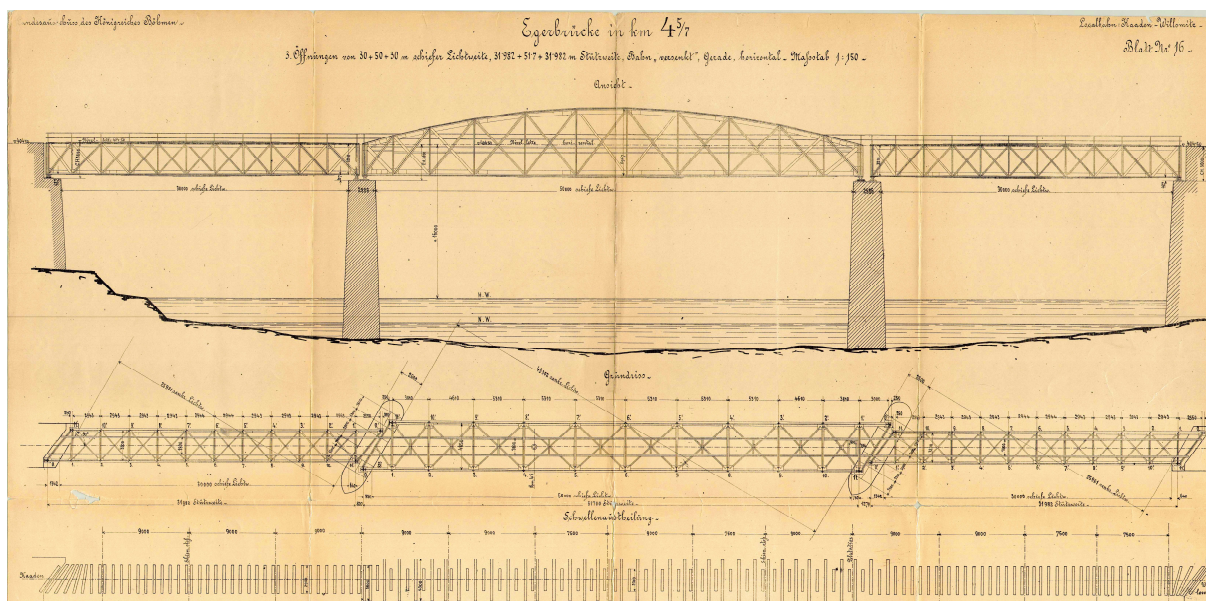
Obr. 4 Pohled na most po staničení

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000

Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu



Obr. 5 Pohled na most proti směru staničení



Obr. 6 Původní výkresová dokumentace stávajícího mostu – půdorys a pohled

5. Materiálový průzkum konstrukce

Na konstrukci byla provedena sada zkoušek za účelem stanovení parametrů základního materiálu. Celkem bylo odebráno 12 vzorků (4ks/K2; 5ks/K3; 3ks/K4). Z těchto základních

vzorků byly následně odděleny menší části na různé typy zkoušek. Místa odběru byla koncipována tak, aby nepoškodila stávající konstrukci, ale zároveň poskytla informaci o parametrech různých prvků se členěním na plechy a úhelníky, které mohou mít různé parametry.



Obr. 7 Odebraný vzorek plechu z nadpodporového styčníku na konstrukci K4



Obr. 8 Odběr vzorků, K3, úhelník vodorovného ztužení

5.1. Vyhodnocení zkoušek

Na vzorcích byly provedeny následující zkoušky:

Tab. 1 Popis odebraných vzorků

K1-U11P-P	Dolní pás	Plech	- Zkouška tahem
K1-U11L-U	Dolní pás	Úhelník	- Zkouška tahem
K-1-Q11P-U	Příčník	Úhelník	- Zkouška tahem, chemie, metalografie
K1-011P-P	Horní pás	Plech	- Zkouška tahem, chemie, metalografie
K-2-010L-P	Horní pás	Plech	- Zkouška tahem
K-2-UOP-P	Dolní pás	Plech	- Zkouška tahem
K-2-O3L-P	Horní pás	Plech	- Zkouška tahem, chemie, metalografie
K2-W11B-U	Zavětrování	Úhelník	- Zkouška tahem, chemie, metalografie
K-2-WO-U	Zavětrování	Úhelník	- Zkouška tahem
K-3-0-TWOL-U	Příčné ztužení	Úhelník	- Zkouška tahem
K-3-O1L	Horní pás	Plech	- Zkouška tahem
K3-U1L-P	Dolní pás	Plech	- Zkouška tahem



Obr. 9 Zkompletované odebrané vzorky



Obr. 10 Odebraný vzorek K-2-03L-P (horní pás konstrukce K3)

5.1.1. Výsledky zkoušek tahem

Tab. 2 Hodnoty mechanických vlastností zjištěných zkouškou tahem

Konstrukce	Značka	Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A [%]
K2	K1-U11P-P	15	5,98	30,24	292	269	410	37,4
K2	K1-U11L-U	19	5,96	29,91	255	246	407	37,2
K2	K-1-Q11P-U	20	5,99	30,11	287	282	448	32,1
K2	K1-011P-P	23	5,95	30,06	285	270	417	36,5
K3	K-2-010L-P	12	5,97	30,31	304	300	427	33,7
K3	K-2-UOP-P	13	5,98	30,09	292	289	438	29
K3	K-2-03L-P	16	6,05	30,35	305	299	416	22,2
K3	K2-W11B-U	18	5,99	29,97	287	283	420	31,7
K3	K-2-WO-U	21	6,01	29,93	262	259	404	18,7
K4	K-3-0-TWOL-U	22	5,98	30,12	293	290	458	25,3
K4	K-3-01L	14	5,97	29,84	247	241	382	37
K4	K3-U1L-P	17	5,98	30,36	312	291	410	34,5

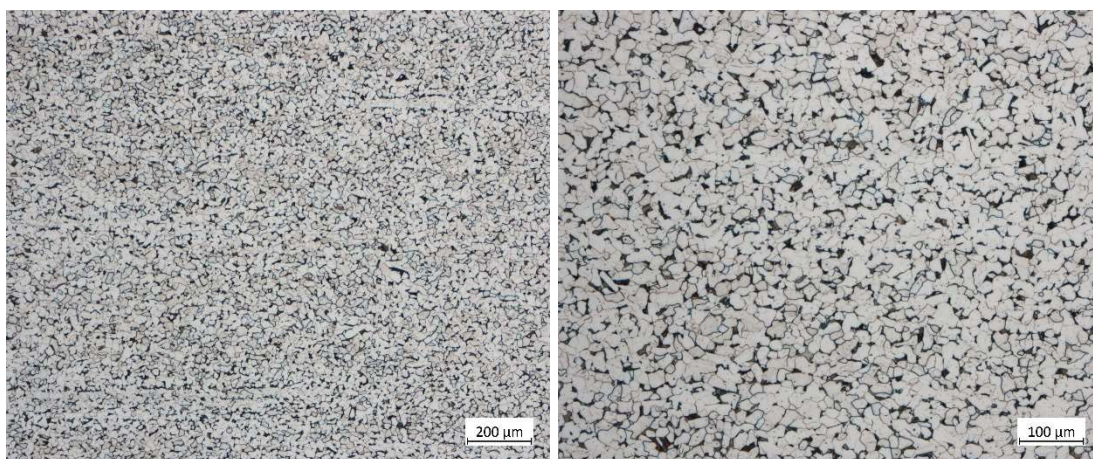
5.1.2. Metalografická zkouška mikrostruktury

Zkouška byla provedena na 4 vzorcích, tj. na jednom kusu plechu a jednom kusu úhelníku. Podle struktury se obecně jedná o svárkovou ocel.

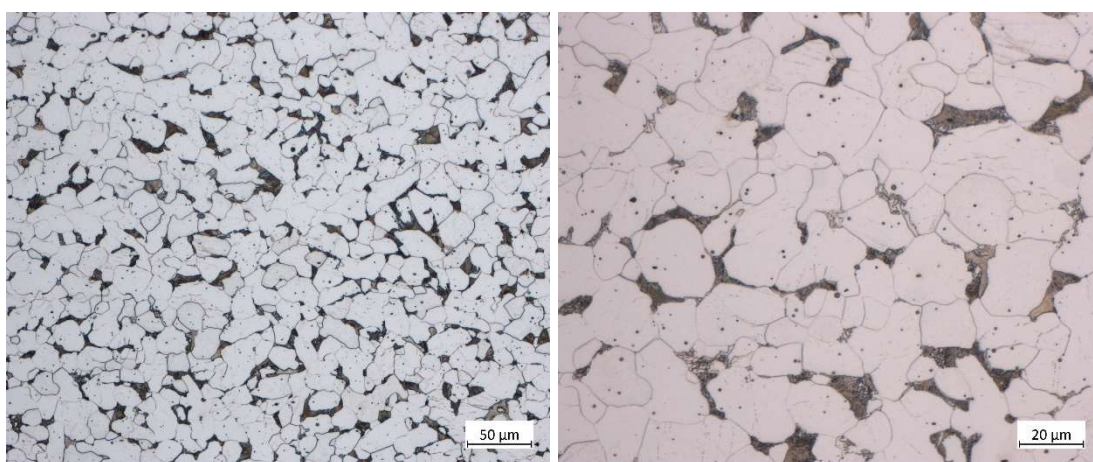
Zkušební zařízení: příprava – rozbrušovací pila Labotom 3 (Struers),
lis CitoPress 1 (Struers),
metalografická bruska/leštička Phoenix Beta
s automatickou hlavou Vector (Buehler)
Vyhodnocení – Metalografický mikroskop Axio Observer Dm1
(Zeiss)

Leptadlo: Nital 2%

Zkoušku provedl: Ing. Marie Kolaříková, Ph.D.

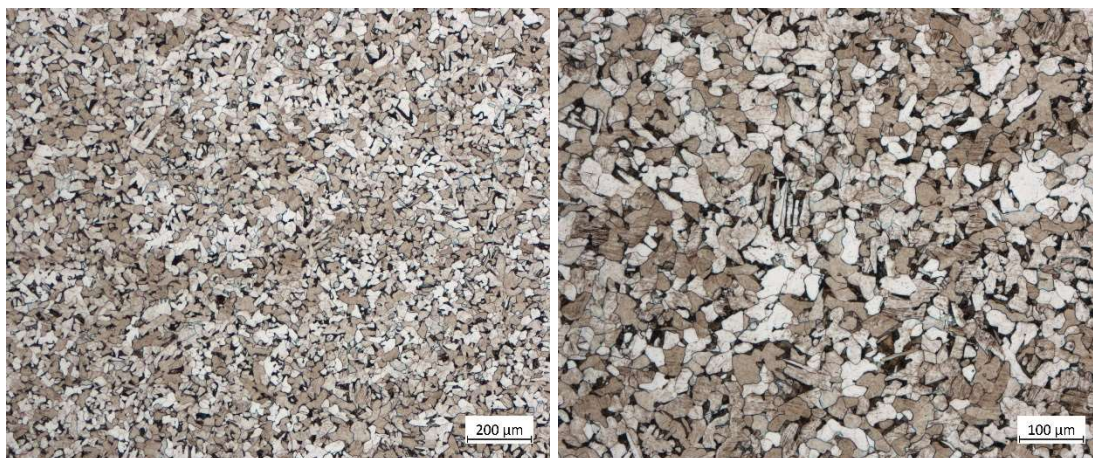


Obr. 11: Mikrostruktura vzorku K-2-03L-P ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)

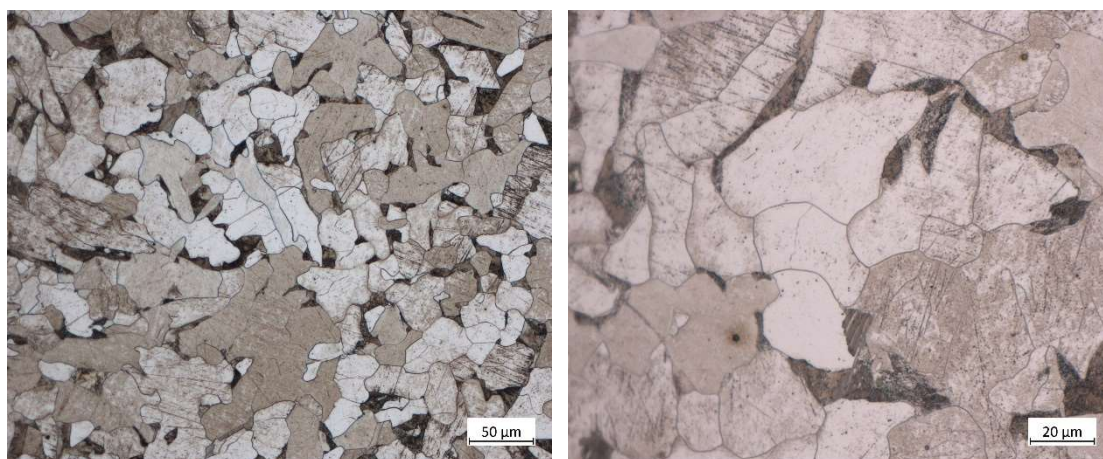


Obr. 12: Mikrostruktura vzorku K-2-03L-P ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Vzorek K-2-03L-P (Obr. 11 a Obr. 12) má jemnozrnnou feritickou strukturu s podílem hrubého perlitu a cementitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje opět značné množství velmi drobných vměstků rozestých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu, mědi a fosforu).

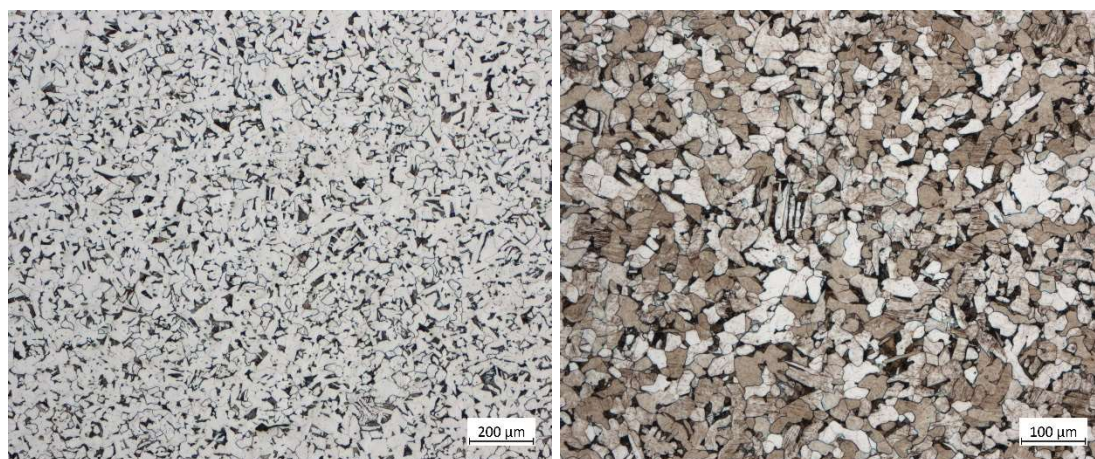


Obr. 13: Mikrostruktura vzorku K2-W11B-U ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)

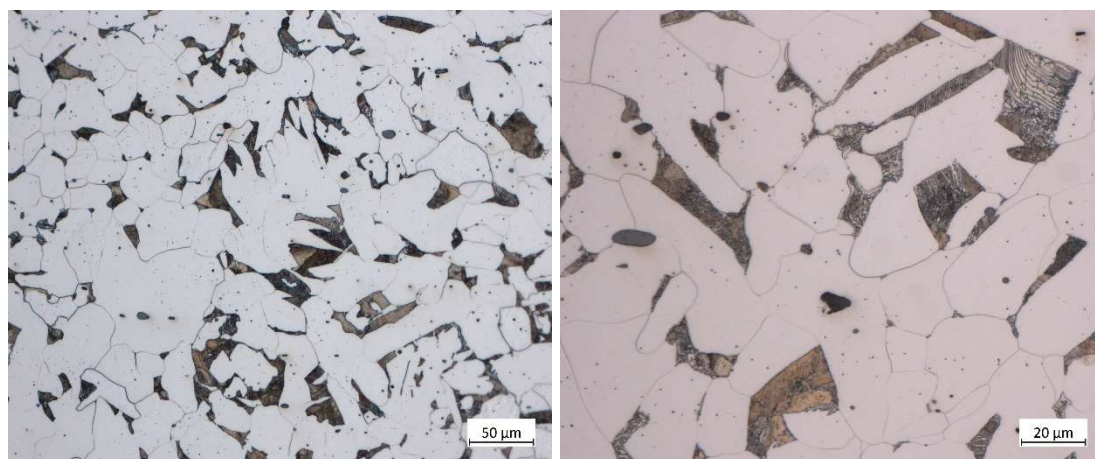


Obr. 14: Mikrostruktura vzorku K2-W11B-U ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Vzorek K-2-03L-P (Obr. 13 a Obr. 14) má hrubší feritickou strukturu s podílem perlitu po hranicích zrn. Struktura je velmi čistá, neobsahuje téměř žádné vměstky.



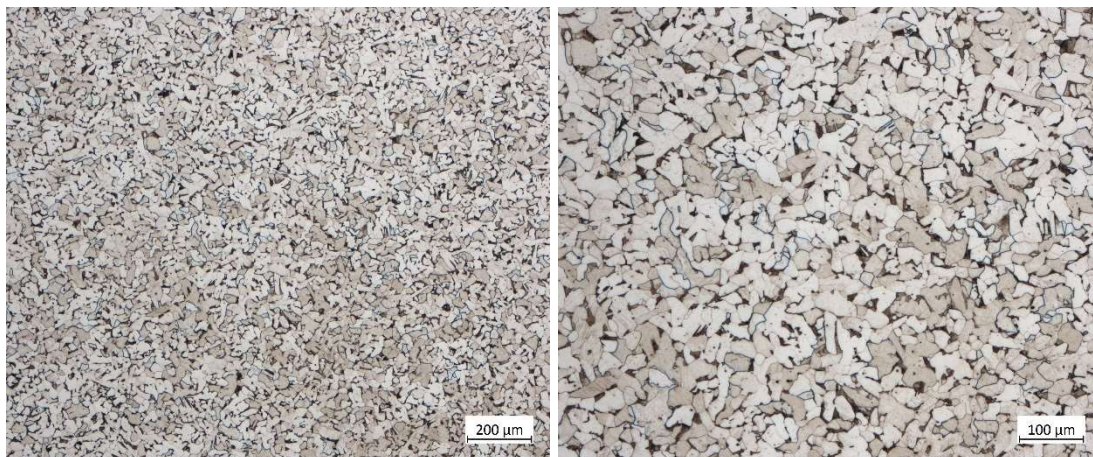
Obr. 15: Mikrostruktura vzorku K-1-Q11P-U ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



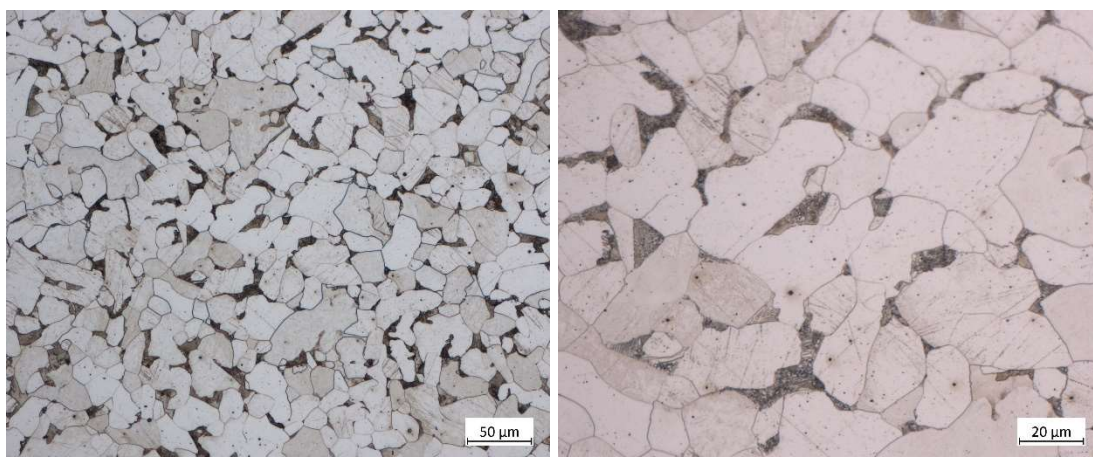
Obr. 16: Mikrostruktura vzorku K-1-Q11P-U ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Vzorek K-1-Q11P-U -P (Obr. 15 a Obr. 16) má feritickou strukturu s podílem hrubého perlitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje množství velmi drobných vměstků rozestých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu) ale také v menší míře vměstky větší.

Vzorek K1-011P-P (Obr. 17 a Obr. 18) má jemnozrnnou feritickou strukturu s podílem perlitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje malé množství velmi drobných vměstků rozestětých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu).



Obr. 17: Mikrostruktura vzorku K1-011P-P ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



Obr. 18: Mikrostruktura vzorku K1-011P-P ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

5.1.3. Spektrální analýza chemického složení oceli

Zkušební zařízení: Q4 Tasman;

Zkoušku provedl: Ing. Irena Kubelková, Ph.D.

Tab. 3– Chemické složení vzorku K-2-03L-P

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,161	-	0,211	0,021	-	0,0072	-	0,023	0,038	0,0053
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,028	-	-	-	0,0089	-	-	-	-	0,011
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	0,0077	-	-	99,2

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření

Tab. 4– Chemické složení vzorku K2-W11B-U

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,183	-	0,196	-	-	0,0052	-	0,014	0,0054	-
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,024	-	-	-	0,0085	-	0,021	-	-	-
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	99,26

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření

Tab. 5– Chemické složení vzorku K-1-Q11P-U

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,175	0,011	0,385	0,047	-	0,0074	-	0,014	0,0083	0,0066
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,026	-	-	-	0,0083	-	0,021	-	-	0,011
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,02

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření

Tab. 6– Chemické složení vzorku K1-011P-P

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,173	-	0,22	0,0059	-	0,0062	-	0,011	0,0078	0,0072
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,021	-	-	-	0,008	-	-	-	-	-
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	0,0045	-	-	99,25

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření

5.2. Tvrdoměrné zkoušky

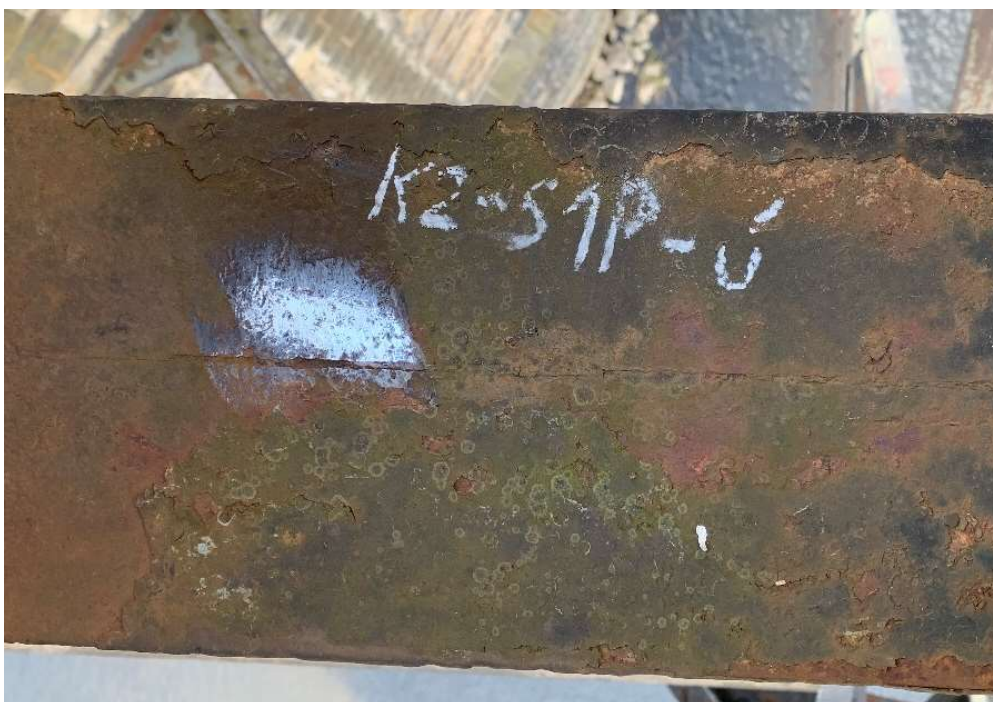
Pro měření tvrdosti byl použit digitální přenosný tvrdoměr KT-C, který umožňuje měřit tvrdost oceli metodou Leeb, a tuto převádět do různých stupnic, a zároveň i na pevnost oceli v MPa. Pro měření byla použita sonda typu G. Pro převod tvrdosti na pevnost byl použit konverzní vztah: $f_u = 1,9278 \cdot H_L - 244,46$ [MPa], kde H_L je hodnota tvrdosti podle Leeba.

Pro kalibraci byl využit kalibrační blok pro sondu G, který je použitelný i pro sondu D, před měřením byla provedena jednobodová kalibrace pro použitý nástavec.



Obr. 19 Obr. 32 Tvrdoměr typu KT-C se sondou typu G

Pro měření je důležité, aby byla odstraněna vrchní zkorodovaná vrstva oceli a nátěrové vrstvy. Proto bylo zkušební místo vždy vybroušeno úhlovou bruskou na hladký lesklý kov, tak jak je vidět na následujícím obrázku.



Obr. 20 Tvrdoměrné zkoušky na horní pásnici podélníku, K3

V každém místě bylo provedeno celkem min. 9 měření, tato měření byla uspořádána do sérií po 3 měřeních, ze kterých se na místě vyhodnotila průměrná hodnota. Průměrná hodnota měření je evidována v tabulkách a slouží pro představu o rozptylu měřených hodnot. Výsledně je proveden průměr všech měření.

Měřená místa byla volena průběžně na celé konstrukci, a to na horní pásnici, dolní pásnici, pásnici svislé a dolní příčné výztuhy. Tvrdoměrné zkoušky prokázaly, že hodnota meze pevnosti neodpovídá a je příznivější při porovnání s tabulkovou hodnotou meze pevnosti uvedenou pro svárkové železo vyrobené do roku 1894 v Tab. A.1 Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Je třeba poznamenat, že kvalita oceli byla relativně rovnoměrná a nebylo nalezeno místo s výrazně horšími parametry.

Tab. 7 Vyhodnocení tvrdoměrných NDT zkoušek (K2 a K4)

VYHODNOCENÍ	K2 a K4		
	Úhelník	Plech	Celá NK
Počet vzorků $n =$	21	21	42
Minimální pevnost [MPa] $f_{u,min} =$	350.4	362.8	350.4
Průměrná pevnost [MPa] $f_{u,avg} =$	417.1	427.7	422.4
Směrodatná odchylka [MPa] $s_x =$	29.8	25.4	26.2
Variační součinitel $V_x =$	0.07	0.06	0.06

Tab. 8 Vyhodnocení tvrdoměrných NDT zkoušek (K3)

VYHODNOCENÍ	K3		
	Úhelník	Plech	Celá NK
Počet vzorků $n =$	27	9	36
Minimální pevnost [MPa] $f_{u,min} =$	330.7	328.1	328.1
Průměrná pevnost [MPa] $f_{u,avg} =$	354.2	347.5	352.5
Směrodatná odchylka [MPa] $s_x =$	13.2	12.8	13.4
Variační součinitel $V_x =$	0.04	0.04	0.04

5.3. Stanovení návrhové meze kluzu

Naměřená mez kluzu pro úhelníky a plechy vychází obdobně, proto byla stanovena jedna charakteristická mez kluzu dohromady pro plechy a úhelníky. Vzhledem k relativně malému množství vzorků na jednu konstrukci byl uvažován variační koeficient (V_x) z výsledků tvrdoměrných zkoušek.

Tab. 9 Vyhodnocení meze kluzu K2 a K4

ČSN EN ISO 13822, NA 2.6		Var. souč. dle tahovek	
Počet vzorků	n =	7	ks
		vzorky	fy
			(xi - mx)²
K1-U11P-P	1	269.0	0.7
K1-U11L-U	2	246.0	569.2
K-1-Q11P-U	3	282.0	147.4
K1-011P-P	4	270.0	0.0
K-3-0-TWOL-U	5	290.0	405.7
K-3-01L	6	241.0	832.7
K3-U1L-P	7	291.0	447.0
		Σ	2402.9
aritmetický průměr	mx =	269.9	
směrodatná odchylka	sx =	20.0119	
variační koef. pevnosti	Vx = sx/mx =	0.060	
variační koef. geom.	Vgeo =	0.050	
variační koef. model.	Vξ,0 =	0.050	
variační koef. model. stab.	Vξ,1 =	0.110	
Variační součinitel	VR,0 =	0.093	
Variační součinitel	VR1 =	0.135	
charakteristická hodnota (nebo nejnižší naměřená hod.)	Xk = mx*(1-kn*Vx)		
	Xk =	242.2	
	Xk,min =	241.0	
návrhová hodnota	Xd = mx*(1-kn*Vx)/γr		
souč. dle NA.2	kn =	1.71	
Směrná úroveň spolehlivosti	β =	3.80	
	αR =	0.80	
Souč. mat.	γm0 =	1.14	
Souč. mat. - stabilita	γm1 =	1.21	
Návrhová fy - ohyb	f _{yd,0} =	211.8	MPa
Návrhová fy - vzpěr, klopení	f _{yd,1} =	199.7	MPa

Charakteristická hodnota meze kluzu konstrukcí K2 a K4 je **f_{yk} = 242,2 MPa**

Tab. 10 Vyhodnocení meze kluzu K3

ČSN EN ISO 13822, NA 2.6		Var. souč. dle tvrdosti	
Počet vzorků	n =	5 ks	
	vzorky	f_y	$(x_i - m_x)^2$
K-2-O10L-P	1	300.0	196.0
K-2-UOP-P	2	289.0	9.0
K-2-O3L-P	3	299.0	169.0
K-2-W11B-U	4	283.0	9.0
K-2-WO-U	5	259.0	729.0
		Σ	1112.0
aritmetický průměr	$m_x =$	286.000	
směrodatná odchylka	$s_x =$	16.6733	
	$V_x = s_x/m_x$		
variační koef. pevnosti	$=$	0.040	
variační koef. geom.	$V_{geo} =$	0.050	
variační koef. model.	$V_{\xi,0} =$	0.050	
variační koef. model. stab.	$V_{\xi,1} =$	0.110	
Variační součinitel	$V_{R,0} =$	0.081	
Variační součinitel	$V_{R1} =$	0.127	
charakteristická hodnota (nebo nejnižší naměřená hod.)	$X_k = m_x \cdot (1 - k_n \cdot V_x)$		
	$X_k =$	266.5	
	$X_{k,min} =$	259.0	
návrhová hodnota	$X_d = m_x \cdot (1 - k_n \cdot V_x) / \gamma_r$		
souč. dle NA.2	$k_n =$	1.80	
Směrná úroveň spolehlivosti	$\beta =$	3.80	
	$\alpha_R =$	0.80	
Souč. mat.	$\gamma_{m0} =$	1.12	
Souč. mat. - stabilita	$\gamma_{m1} =$	1.19	
Návrhová f_y - ohyb	$f_{yd,0} =$	231.2	MPa
Návrhová f_y - vzpěr, klopení	$f_{yd,1} =$	216.9	MPa

Charakteristická hodnota meze kluzu konstrukce K3 je $f_{yk} = 266,5 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota meze kluzu je příznivější než hodnota udávaná předpisem S5/1. Pro nýty je doporučeno uvažovat hodnotu dle předpisu S5/1, která pro konstrukce z materiálu s mezí kluzu $f_y \leq 300 \text{ MPa}$ udává hodnotu $f_{ur} = 310 \text{ MPa}$.

6. Prohlídka a stanovení rozsahu korozního poškození

Zhodnocení korozního stavu nosné konstrukce proběhlo při několika obhlídkách mostu a dále na základě zaměření tloušťek a oslabení prvků. Místa pro měření byla čištěna drátěným kartáčem, úhlovou bruskou a brusným kotoučem na akuvrtačce.

Pro měření bylo použito následující vybavení:

- Posuvné měřidlo digitální
- Metr svinovací
- Ultrazvukový tloušťkoměr TM280



Obr. 6.2. Ultrazvukový tloušťkoměr TM280

6.1. Konstrukce K2

Stav nosné konstrukce je globálně **uspokojivý**, lokálně se však vyskytují závady různého charakteru. Vady a poruchy lze rozdělit na základě jejich umístění na konstrukci, a to na části konstrukce v poli a oblasti nosné konstrukce v blízkosti opěr. Popsány jsou v následujících kapitolách.

6.1.1. Oblasti K2 v poli

Pásnice dolního pasu a vodorovné styčnickové plechy jsou nejvíce zasaženy důlkovou korozí. Na styku diagonál a stojiny dolního pasu je místy patrná šterbinová koroze. Styčníky u vodorovných ploch dolních pásnic jsou globálně oslabeny důlkovou korozí. Hlavy nýtů ve styčnicích jsou oslabeny korozním úbytkem o 30%, na vodorovných plochách lokálně až do špičky.



Obr. 21 Pásnice dolního pasu na styku s příčným ztužením – redukce pásnice a odkorodované hlavy nýtů, nečistoty a postupující hloubková koroze ve styčniku



Obr. 22 Koroze plechu pásnice a postupné mizení hlav nýtů při dolní pase



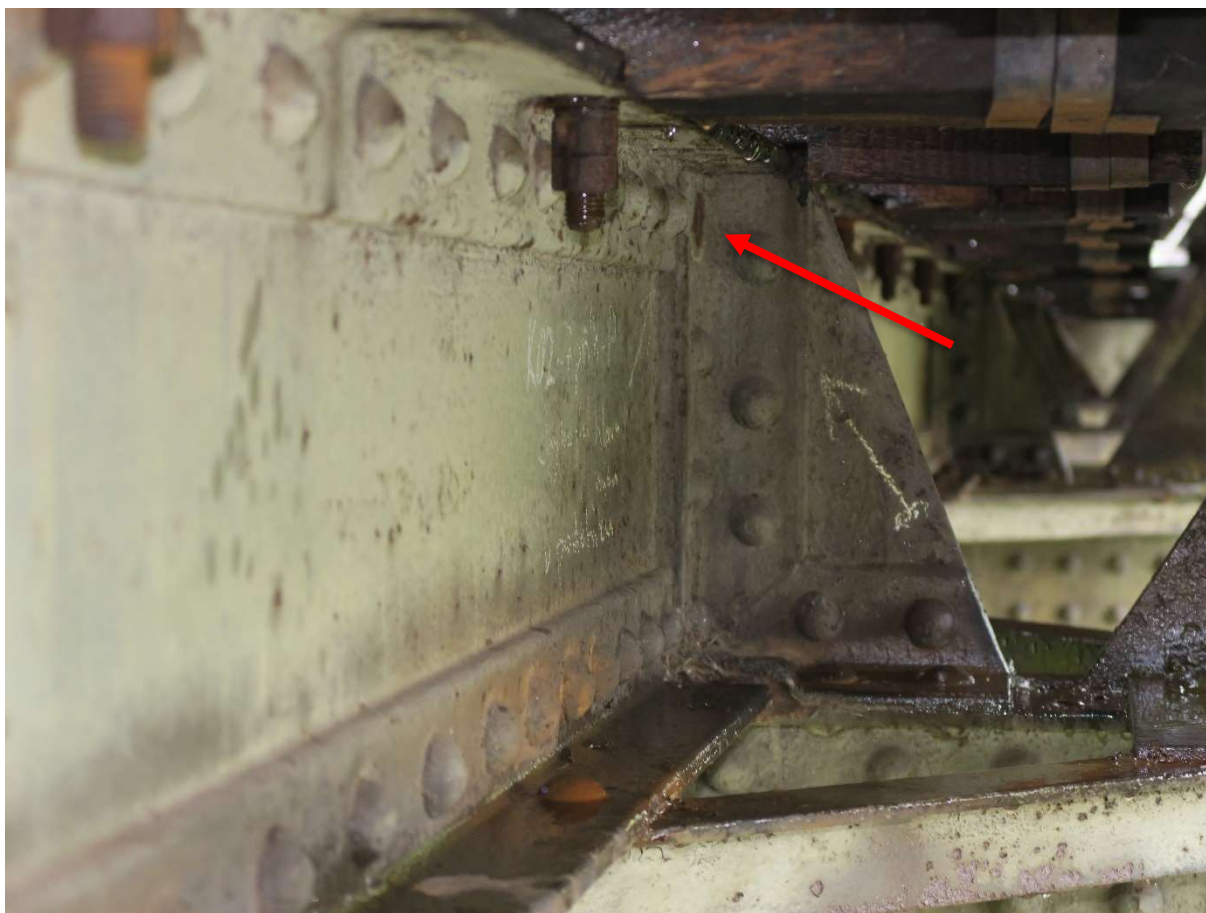
Obr. 23 Styk dolního pasu s taženou diagonálou – štěrbinová koroze na styku plechů



Obr. 24 Štěrbínová koroze mezi úhelníky tlačené diag. v místě prostupu revizního madla – deformace až 10 mm



Obr. 25 Zatékání pod mostnice - obecně koroze pásnice podélníku pod mostnicemi a kotevních šroubů



Obr. 26 Chybějící nýt při krčném úhelníku horní pásnice podélníku – příhrada 7

Obr. 27 Styčnickový plech hlavního nosníku u styku s příčným – Štěrbinová koroze

6.1.2. Nadpodporové oblasti K2

V koncové oblasti NK se vyskytuje důlková koroze v největším rozsahu, a to u vodorovných ploch nosné konstrukce, především na styku dolních pásnic prvků. Vodorovné plochy styčnickových plechů jsou oslabeny korozí, nýty lokálně do špičky.



Obr. 28 Důlková koroze vodorovné příruby úhelníku dolního vodorovného ztužení nad P1



Obr. 29 Oslabení dolní pásnice a degradace hlav nýtů do špičky



Obr. 30 Prokorodovaný nadpodporový styčnickový plech na pravé straně pilíře P2



Obr. 31 Rozsáhlá důlková koroze dolního vodorovného ztužení nad podpěrou P2 (pravá strana)



Obr. 32 Rozsáhlá důlková koroze dolního vodorovného ztužení nad podpěrou P2 (levá strana)

6.1.3. Ložiska K2

Nosná konstrukce je uložena na dvojici pohyblivých ložisek na pilíři P1 a na dvojici pevných ložisek na pilíři P2. Pohyblivé ložisko v ostrém rohu vykazuje známky vyosení a patrné je také vzpříčení válce. Pevná ložiska jsou v dobrém stavu, bez zjevných závad.

Na základě prohlídky ložisek lze konstatovat, že z hlediska funkce nejeví známky významnější poruchy.



Obr. 33 Opěra P1 –Pravé pohyblivé ložisko, vzpříčený válec

6.2. Konstrukce K3

Stav nosné konstrukce K3 je globálně **uspokojivý**. Vady a poruchy lze rozdělit na základě jejich umístění na konstrukci, a to na části konstrukce v poli a oblasti nosné konstrukce v blízkosti opěr. Popsány jsou v následujících kapitolách.

6.2.1. Oblasti K3 v poli

Korozí jsou opět nejvíce zasaženy vodorovné plochy pásnic a styčnickových plechů, kde dochází k redukci tloušťky plechů i degradaci hlav nýtů. Horní pásnice podélníků pod mostnicemi lokálně degradují z důvodu zatékající vody. Lokálně se tvoří štěrbinová koroze mezi plechy členěných prutů.



Obr. 34 Štěrbinová koroze mezi plechy tažené diagonály a stojinou dolního pasu - obecný stav



Obr. 35 Usazování nečistot a postupná koroze dolního pasu včetně nýtů



Obr. 36 Štěrbinová koroze mezi úhelníky svislice



Obr. 37 Koroze vodorovné příruby krčních úhelníků dolního pasu

6.2.2. Nadpodporové oblasti K3

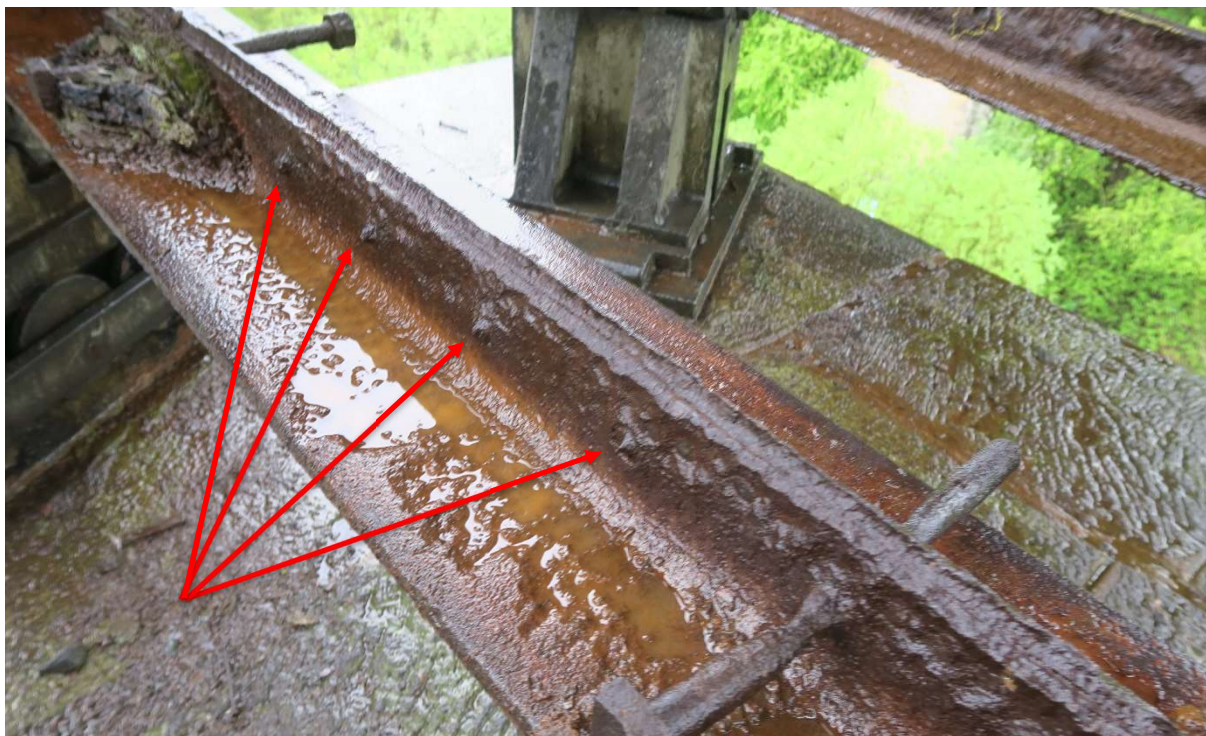
V koncové oblasti NK se vyskytuje důlková koroze v největším rozsahu, a to na vodorovných plochách nosné konstrukce, především na koncovém vodorovném ztužení. Vodorovné plochy styčnickových plechů jsou oslabeny korozí, nýty degradují, lokálně jsou do špičky.



Obr. 38 Dolní vodorovné ztužení pod koncovým styčnickem s rozsáhlou důlkovou korozí



Obr. 39 prokorodování styčnickového plechu nadpodporového styčnicku prvků vodorovného a příčného ztužení



Obr. 40 Korozní oslabení prvku ztužení pod příčníkem nad podpěrou P2 - nýty do špičky

6.2.1. Ložiska K3

Nosná konstrukce je uložena na dvojici pohyblivých ložisek na pilíři P2 a na dvojici pevných ložisek na pilíři P3. PKO na ložiskách již po konci životnosti. Na základě prohlídky ložisek lze konstatovat, že z hlediska funkce nejvíce známky významnější poruchy.

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000
Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Tab. 11 Rekapitulace celkového korozního oslabení konstrukcí K3

Konstrukce K3 prvek:	Poškozená část:	Průměrné oslabení průřezu [%]	Poznámky
Horní pas	Horní příložky	< 5	• Povrchová koroze
Horní pas	Pásnice	5 – 10	• Lokálně štěrbinová koroze - kraje horních pasů, příložky plasticky deformované
Dolní pas	Dolní pásnice	5 – 10	• Koroze krčních úhelníků a dolního plechu pásnice, především u styčnicků • Degradace hlav nýtů, lokálně do špičky, místy urezlé komplet
Dolní pas	Stojina	5 – 10	• Štěrbínová koroze v místech napojení diagonál - plasticky deformované plechy stojiny - rozestupují se
Diagonály	Vnitřní část	10 – 15	• Štěrbínová koroze u napojení k dolnímu pasu • Lokální koroze v místech prostupu revizního madla
Diagonály	Vnější část	5 – 10	• Lokální koroze v místech prostupu revizního madla
Svislice	Krční úhelníky	5 – 10	• Korozní úbytek krčních úhelníků ve styčnicku dolního pasu • Lokálně štěrbinová koroze u styku s příčnickem
Příčníky	Stojina a dolní pásnice	<5	• Odlupující se PKO a povrchová koroze
Podružné příčníky	Krční úhelníky	5	• Důlková koroze
Podélníky	Horní krční úhelníky	10 – 15	• Oslabení pod mostnicemi • Otvory po mostnicových šroubech • Lokálně chybějící nýt • Povrchová koroze
Diagonály vodorovného zavětrování	-	10	• Korozní oslabení v místě připojení na styčnickové plechy
Ztužení příčnicku - vodorovné	Vodorovná příruba	15 – 20	• Důlková koroze na vodorovné přírubě, nejrozsáhlejší v nadpodporových oblastech
Ložiska	-	<5	• PKO ložisek po konci životnosti • Povrchová koroze



6.3. Konstrukce K4

Stav nosné konstrukce je globálně **uspokojivý**, lokálně se však vyskytují závady různého charakteru. Vady a poruchy lze rozdělit na základě jejich umístění na konstrukci, a to na části konstrukce v poli a oblasti nosné konstrukce v blízkosti opěr. Popsány jsou v následujících kapitolách.

6.3.1. Oblasti K4 v poli

Pásnice dolního pasu a vodorovné styčnickové plechy jsou nejvíce zasaženy důlkovou korozí. Na styku diagonál a stojiny dolního pasu je místy patrná štěrbinová koroze. Styčníky u vodorovných ploch dolních pásnic jsou globálně oslabeny důlkovou korozí. Hlavy nýtů ve styčnicích jsou oslabeny korozním úbytkem o 30%, na vodorovných plochách lokálně až do špičky.



Obr. 41 Koroze pásnic podélníku a příčnicku na jejich styku - deformace od štěrbinové koroze – obecný stav



Obr. 42 Koroze pásnic podélníku a příčnicku na jejich styku - deformace od štěrbinové koroze – obecný stav

6.3.1. Nadpodporové oblasti K4

Nejvíce zasaženou oblastí jsou opět úhelníky příčného ztužení pod nadpodporovým příčníkem. Dalším neduhem je usazování nečistot ve styčnicích dolního pasu a štěrbinová koroze členěných prutů.



Obr. 43 Usazování nečistot u nadpodporového styčnicku



Obr. 44 Důlková koroze velkého rozsahu a štěrbinová koroze mezi plechy dvojice úhelníků příčného ztužení

6.3.1. Ložiska K4

Nosná konstrukce je uložena na dvojici pohyblivých ložisek na pilíři P4 a na dvojici pevných ložisek na pilíři P3. PKO na ložiskách je již po konci životnosti. Na základě prohlídky ložisek lze konstatovat, že z hlediska funkce nejeví známky významnější poruchy.

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000
Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Tab. 12 Rekapitulace celkového korozního oslabení konstrukcí K2 a K4

Konstrukce K2 a K4 prvek:	Poškozená část:	Průměrné oslabení průřezu [%]	Poznámky
Horní pas	Horní příložky	< 5	• Povrchová koroze
Dolní pas	Dolní pásnice	5 – 10	• Koroze krčních úhelníků a dolního plechu pásnice • Degradace hlav nýtů, lokálně do špičky, místy chybějící
Dolní pas	Stojina	10	• Štěrbínová koroze v místech napojení diagonál
Diagonály	Vnitřní část	10 – 15	• Štěrbínová koroze u napojení k dolnímu pasu, místy plastická deformace • Lokální koroze v místech prostupu revizního madla
Diagonály	Vnější část	5 – 10	• Lokální koroze v místech prostupu revizního madla
Svislice	Krční úhelníky	5	• Korozní úbytek krčních úhelníků v oblasti styčnicku dolního pasu
Příčníky	Horní pásnice	10	• Oslabení v místě styku s podélníkem
Podélníky	Horní pásnice	10 – 15	• Oslabení pod mostnicemi • Otvory po mostnicových šroubech
Podélníky	Dolní pásnice	10	• Oslabení v místě styku s příčnickem
Zavětrování	-	10	• Koroze v místě připojení na styčnickové plechy
Ztužení příčníku - vodorovné	Vodorovná příruba	10 – 20	• Důlková koroze na vodorovné přírubě, nejrozsáhlejší v nadpodporových oblastech
Ložiska	-	<5	• PKO ložisek po konci životnosti • Povrchová koroze

7. Závěr diagnostiky a návrh opatření

Z výše provedených zkoušek a jejich vyhodnocení lze konstatovat, že konstrukce je v uspokojivém stavu. Nebyly objeveny nové závažné poruchy konstrukce. Je patrné, že prvky byly již značně oslabeny důlkovou korozí, především v oblasti styčníků, lokálně dochází i k štěrbinové korozi mezi plechy členěných prutů.

Doporučuje se provedení následujících opatření:

- **Provedení statického přepočtu** se zohledněním stanovených materiálových vlastností oceli NK, spolu se zavedením zjištěných poruch a závad NK, včetně ověření reálných napětí vznikajících v kritických detailech oslabených styčníků.
- **Zesílení oslabených prvků a doplnění vodorovného ztužení v úrovni mostovky**
- Vyčištění zanesených styčnickových detailů a obnovení PKO mostu

Geometrie nosné konstrukce odpovídá výkresové dokumentaci jak v celkových rozměrech, tak v použitých tloušťkách plechů. Materiálové vlastnosti neodpovídají v porovnání s tabulkovými hodnotami, v případě materiálu plechů a úhelníků jsou zjištěné hodnoty příznivější. Pro přepočet lze využít zjištěné návrhové meze kluzu (stanovené pro zbytkovou životnost 5 let):

- Pro plechy a úhelníky (K2 a K4): $f_{yd} = 242,2 \text{ MPa}$
- Pro plechy a úhelníky (K3): $f_{yd} = 266,5 \text{ MPa}$

U spojovacích prvků - nýtů je doporučeno použít hodnotu dle předpisu S5/1:

- Pro nýty: $f_{ur} = 310 \text{ MPa}$.

V Praze dne 30.5.2021



.....
doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
autorizace: obor IM00, č. 0009851

.....
Ing. Jakub Vůjtěch

8. Literatura

- [1] ČSN EN ISO 6892-1:2017 Kovové materiály – Zkoušení tahem – Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty
- [2] ČSN EN 12 390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.
- [3] ČSN EN 12 504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.
- [4] ČSN EN 12504-2: Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem (březen 2002).
- [5] ČSN EN 14629 – Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení obsahu chloridů v zatvrdlém betonu
- [6] ČSN ISO 13822: Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.
- [7] ČSN ISO 13922 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- [8] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení.

9. Příloha 1 – Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací



MINISTERSTVO DOPRAVY
Odbor pozemních komunikací
nábř. Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 PRAHA 1

č. j.: 197/2018-120-TN/1

V souladu s Metodickým pokynem Systém jakosti v oboru pozemních komunikací – část II/2 – průzkumné a diagnostické práce č. j. 20840/01-120, ve znění pozdějších změn, Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací

vydává

OPRÁVNĚNÍ

k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací

číslo 434/2018

pro

doc. Ing. Pavla Ryjáčka, Ph.D.

Datum narození: 20. 2. 1977

Bydliště:

Ulice: Nerudova 619

Obec/město: Velké Přílepy

PSČ: 252 64

Tel./fax: 602250860

Zaměstnavatel/firma: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Ulice: Thákurova 7

Obec/město: Praha 6

PSČ: 166 29

Tel./fax: 602250860

E-mail: pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

Oprávnění se vztahuje na provádění diagnostického průzkumu silničních objektů a zatěžovacích zkoušek mostů.

Oprávnění platí do 7. 11. 2023.

V Praze dne 7. listopadu 2018


Ing. Jiří Horkel
předseda komise




Ing. Václav Krumphanzl
ředitel
Odbor pozemních komunikací

10. Příloha 2 - Protokol o provedeném chemickém a metalografickém rozboru oceli a tahových zkouškách



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**



Zkušební protokol č. 21/12133/03-Ta

Dodavatel:

ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav strojírenské technologie
Technická 4, 166 07 Praha 6

IČO: 6840 7700 DIČ: CZ 6840 7700
Telefon: + 420 224 352 630

Odběratel:

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice

Kontaktní osoba odběratel: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Kontaktní osoba objednatel: Ing. František Tatíček, Ph.D.

Datum vyhotovení: 17. 5. 2021
Počet stran: 7
Počet příloh: 16

Zprávu vypracoval: doc. Ing. Marie Kolaříková, Ph.D., Ing. Irena Kubelková, Ph.D.,
Ing. František Tatíček, Ph.D.

Předmět zkoušení:

Bylo předáno celkem 12 ks ocelových vzorků z rekonstrukce mostu v km 26,000 trati Kaštice – Kadaň. Na základě domluvy byla u všech vzorků provedena zkouška tahem a u vybraných vzorků také spektrální analýza chemického složení a metalografická analýza materiálů.

Detailní značení vzorků, jejich zkrácené značení a rozsah požadovaných analýz je uveden v následující tabulce.

Tab. 1: označení vzorků

Označení zadavatele	Zkrácené značení	Prováděné analýzy
K-2-010L-P	12	Zkouška tahem
K-2-UOP-P	13	Zkouška tahem
K-3-01L	14	Zkouška tahem
K1-U11P-P	15	Zkouška tahem
K-2-03L-P	16	Zkouška tahem, chemické složení, metalografické pozorování
K3-U1L-P	17	Zkouška tahem
K2-W11B-U	18	Zkouška tahem, chemické složení, metalografické pozorování
K1-U11L-U	19	Zkouška tahem
K-1-Q11P-U	20	Zkouška tahem, chemické složení, metalografické pozorování
K-2-WO-U	21	Zkouška tahem
K-3-0-TWOL-U	22	Zkouška tahem
K1-011P-P	23	Zkouška tahem, chemické složení, metalografické pozorování

Spektrální analýza

Zkušební zařízení: Q4 Tasman

Zkoušku provedl: Ing. Irena Kubelková, Ph.D.

Metalografická zkouška mikro a makrostruktury

Zkušební zařízení: příprava – rozbrušovací pila Labotom 3 (Struers),
lis CitoPress 1 (Struers),
metalografická bruska/leštička Phoenix Beta s automatickou
hlavou Vector (Buehler)

Vyhodnocení – Metalografický mikroskop Axio Observer Dm1 (Zeiss)

Leptadlo: Nital 2%

Zkoušku provedl: Ing. Marie Kolaříková, Ph.D.

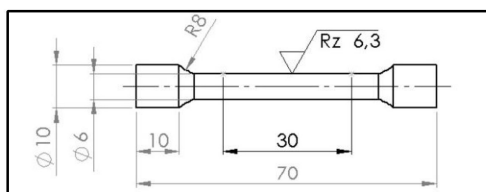
Zkouška tahem

Zkušební zařízení: LabTest 5SP100

Zkoušku provedl: Ing. Vít Novák

Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 6892-1.

Z každého vzorku bylo vytvořeno 1 zkušební těleso krátké, poměrové, s kruhovým průřezem o průměru 6 mm. Tvar zkušební tělesa je zobrazen na Obr. 1. Pro měření byl použit mechanický zkušební stroj LabTest 5SP100, pro měření deformace byl použit extenzometr LE-05.



Obr. 1: Velikost zkušební tělesa

Výsledky zkoušek

Vzorek K-2-010L-P (12)

Tab. 2 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-2-010L-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,97	30,31	304	300	427	21,4	33,7

Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Vzorek K-2-UOP-P (13)

Tab. 3 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-2-UOP-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,98	30,09	292	289	438	17,5	29

Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Vzorek K-3-01L (14)

Tab. 4 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-3-01L

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,97	29,84	247	241	382	23	37

Vzorek K1-U11P-P (15)

Tab. 5 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K1-U11P-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,98	30,24	292	269	410	23,8	37,4

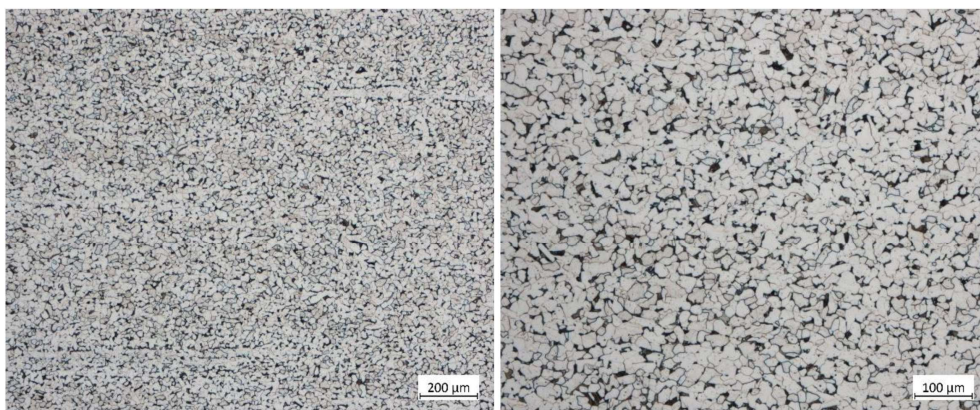
Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Vzorek K-2-03L-P (16)

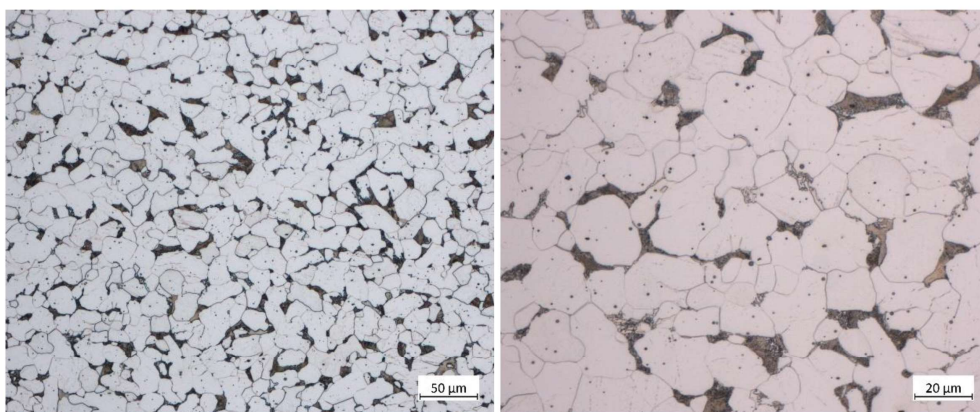
Tab. 6 – Chemické složení vzorku K-2-03L-P

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,161	-	0,211	0,021	-	0,0072	-	0,023	0,038	0,0053
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,028	-	-	-	0,0089	-	-	-	-	0,011
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	0,0077	-	-	99,2

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření



Obr. 2: Mikrostruktura vzorku K-2-03L-P ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



Obr. 3: Mikrostruktura vzorku K-2-03L-P ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Vzorek K-2-03L-P (Obr. 2 a Obr. 3) má jemnozrnnou feritickou strukturu s podílem hrubého perlitu a cementitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje opět značné množství velmi drobných vměstků rozestých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu, mědi a fosforu).

Tab. 7 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-2-03L-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	6,05	30,35	305	299	416	16,7	22,2

Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Vzorek K3-U1L-P (17)

Tab. 8 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K3-U1L-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,98	30,36	312	291	410	22,4	34,5

Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000

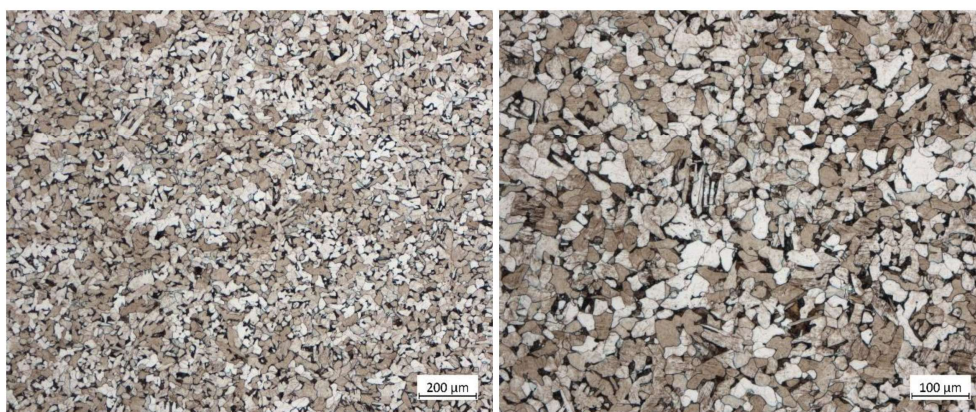
Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Vzorek K2-W11B-U (18)

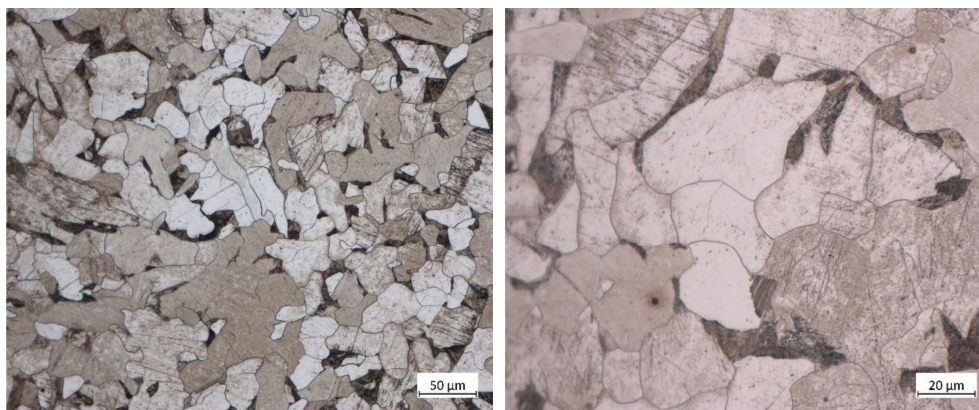
Tab. 9– Chemické složení vzorku K2-W11B-U

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,183	-	0,196	-	-	0,0052	-	0,014	0,0054	-
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,024	-	-	-	0,0085	-	0,021	-	-	-
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	99,26

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření



Obr. 4: Mikrostruktura vzorku K2-W11B-U ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



Obr. 5: Mikrostruktura vzorku K2-W11B-U ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Vzorek K-2-03L-P (Obr. 4 a Obr. 5) má hrubší feritickou strukturu s podílem perlitu po hranicích zrn. Struktura je velmi čistá, neobsahuje téměř žádné vměstky.

Tab. 10 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K2-W11B-U

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,99	29,97	287	283	420	17,4	31,7

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000

Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Vzorek K1-U11L-U (19)

Tab. 11 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K1-U11L-U

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,96	29,91	255	246	407	23,6	37,2

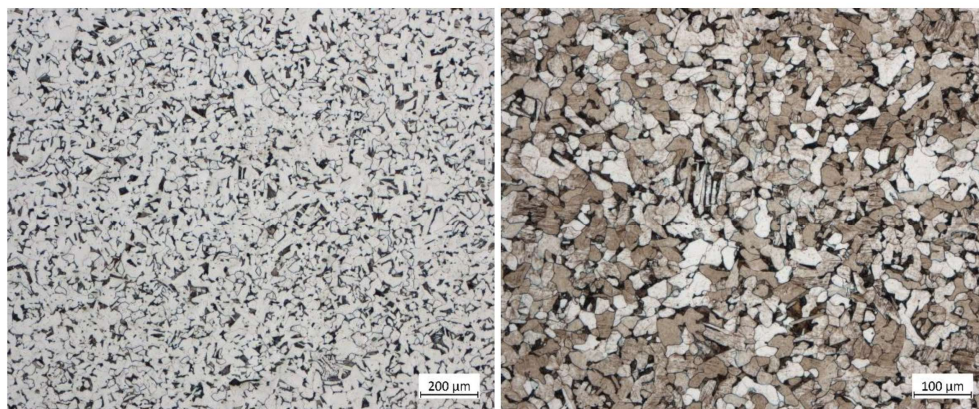
Pozn. K lomu došlo mimo střední třetinu délky zkušební tyče

Vzorek K-1-Q11P-U (20)

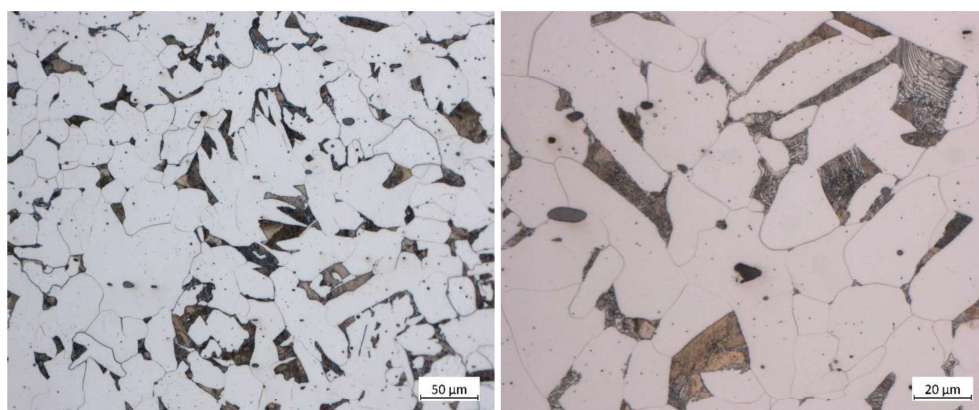
Tab. 12– Chemické složení vzorku K-1-Q11P-U

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,175	0,011	0,385	0,047	-	0,0074	-	0,014	0,0083	0,0066
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,026	-	-	-	0,0083	-	0,021	-	-	0,011
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,02

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření



Obr. 6: Mikrostruktura vzorku K-1-Q11P-U ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



Obr. 7: Mikrostruktura vzorku K-1-Q11P-U ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Most v TÚ 0541 Kaštice – Kadaň – Prunéřov v km 26,000

Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Vzorek K-1-Q11P-U -P (Obr. 6 a Obr. 7) má feritickou strukturu s podílem hrubého perlitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje množství velmi drobných vměstků rozestých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu) ale také v menší míře vměstky větší.

Tab. 13 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-1-Q11P-U

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,99	30,11	287	282	448	17,8	32,1

Vzorek K-2-WO-U (21)

Tab. 14 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-2-WO-U

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	6,01	29,93	262	259	404	16,4	18,7

Pozn. K lomu došlo mimo měřenou oblast

Vzorek K-3-0-TWOL-U (22)

Tab. 15 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K-3-0-TWOL-U

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,98	30,12	293	290	458	16,3	25,3

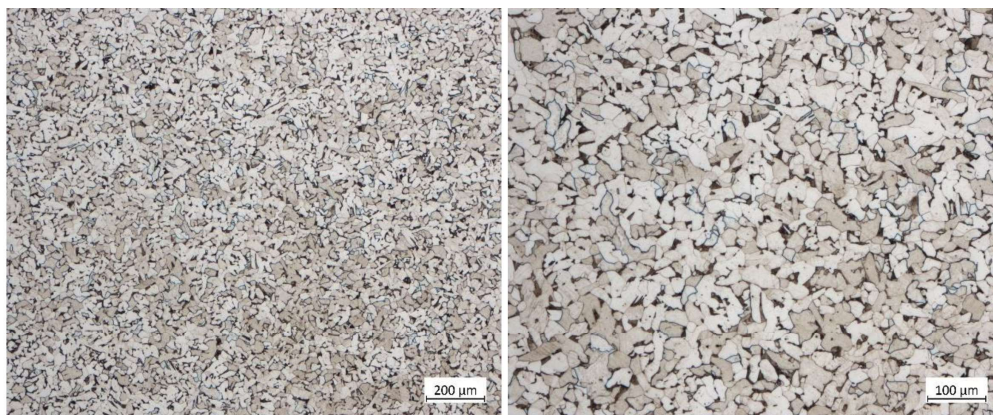
Vzorek K1-011P-P (23)

Tab. 16– Chemické složení vzorku K1-011P-P

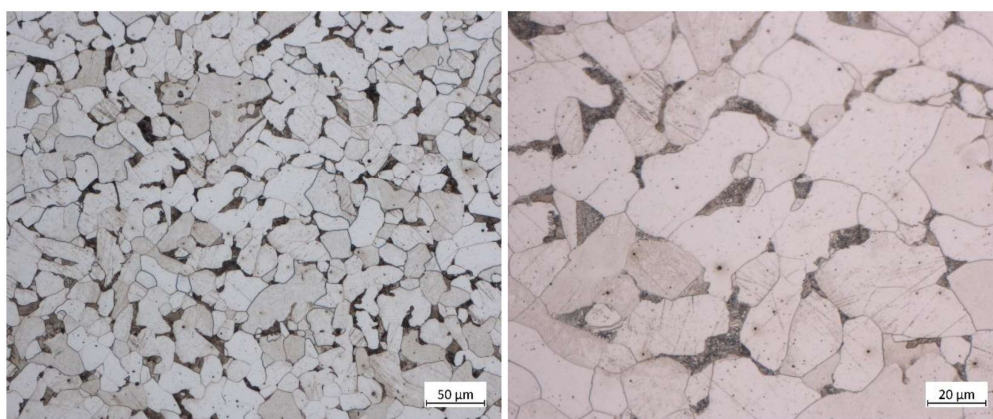
Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,173	-	0,22	0,0059	-	0,0062	-	0,011	0,0078	0,0072
Prvek	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,021	-	-	-	0,008	-	-	-	-	-
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
hm. %	0,005	-	-	-	-	-	0,0045	-	-	99,25

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem z provedených měření

Vzorek K1-011P-P (Obr. 8 a Obr. 9) má jemnozrnnou feritickou strukturu s podílem perlitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje malé množství velmi drobných vměstků rozestých po celých zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu).



Obr. 8: Mikrostruktura vzorku K1-011P-P ve zvětšení 50x (vlevo) a 100x (vpravo)



Obr. 9: Mikrostruktura vzorku K1-011P-P ve zvětšení 200x (vlevo) a 500x (vpravo)

Tab. 17 - Výsledky zkoušky tahem – vzorek K1-011P-P

Č. vzorku	d [mm]	L_0 [mm]	R_{eH} [N·mm ⁻²]	R_{eL} [N·mm ⁻²]	R_m [N·mm ⁻²]	A_g [%]	A [%]
1	5,95	30,06	285	270	417	23,4	36,5