



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**



Zkušební protokol č. 18/12133/20

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:

Povodí Ohře, závod Chomutov
Spořická 4949, Chomutov 430 46

Kontaktní osoba: Ing. Petr Kaška

Vypracoval: doc. Ing. L. Kolařík, Ph.D.; doc. Ing. Jiří Janovec, CSc., Ing. Pavel Rohan, Ph.D., Ing. Michal Junek

Datum vyhotovení: 15. 10. 2018

Počet stran: 7

Počet příloh: 2

Předmět zkoušení:

Na základě nabídky č. UST_0016_2018 byla provedena analýza stavu porušení komory oběžného kola a napojení opancéřování savky MVE Nechranice TG1. Dne 23.8 2018 bylo provedeno místní šetření za generální odstávky zařízení. Bylo provedeno ověření jakosti materiálů – spektrografie, a ověření mechanických vlastností – zkouška tvrdosti (mobilním zařízením) a stanoveno doporučení pro další práce.

Měření chemického složení.**Dle původní výkresové dokumentace:**

Komora oběžného kola: ČSN 422904.1

Elektroda E 391 Ø3,15 (E-B 425 – OK 63.80 či OK63.85)

Zátka: ČSN 17021.2

Opancéřování sací trouby: ČSN 11 373.0 Plech 10 x 2 500 x 5 050 mm

Výztuhy: ČSN 10370

Elektrody: E 44.83 (E –B 121, OK 48.00)

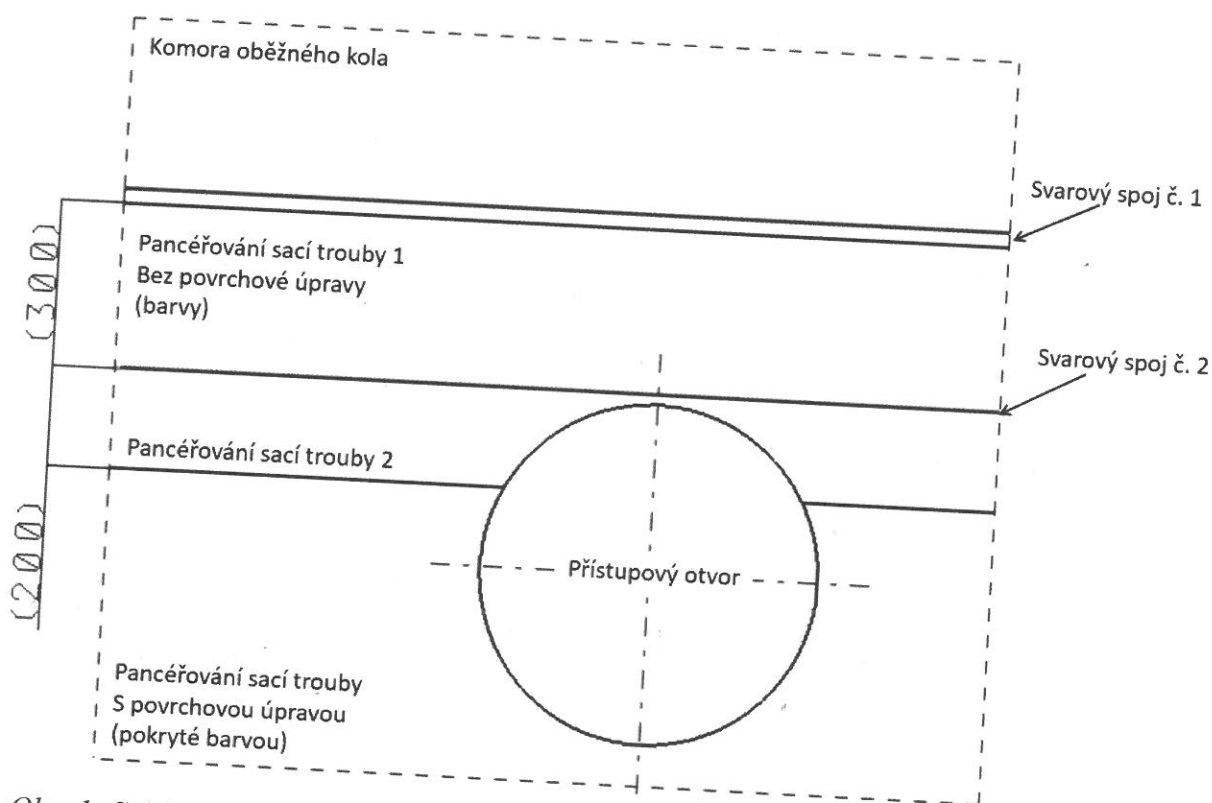
Postup oprav: Strojírny Brno, a.s., WPS 240614, Elektrody OK 67.45

Kontrola stavu turbíny dne 23.8. 2018 – Janovec, Kolařík, Junek, Rohan

1. Chemické složení

Pro měření chemického složení základních materiálů opancерованé sací trouby, komory oběžného kola, svarového spoje mezi těmito díly, (lopatky turbíny) byl použit ruční rentgenový analyzátor kovů Delta classic+. Měření bylo provedeno na několika místech, které jsou označené na Obr. 1:

- Komora oběžného kola
- Svarový spoj č. 1 (mezi komorou oběžného kola a pancéřováním sací trouby)
- Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem č. 1)
- Svarový spoj č. 2 (mezi pancéřováním sací trouby 1 a pancéřováním sací trouby 2)
- Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)
- Opravené vady v pancéřování sací trouby



Obr. 1: Schéma pancéřování sací trouby s označením oblastí s použitím různých materiálů

Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 1. Dle výsledků chemického složení byl pro jednotlivé části sací trouby přiřazen materiál, ze kterého je daná část pravděpodobně vyrobena, viz Tab. 2. (spektrometr neměří obsahy C, S a P)

Tab. 1: Výsledky měření chemického složení v hm. % jednotlivých částí sací trouby

Cr	Ni	Mo	Mn	Nb	V	Ti	Co	Fe
Komora oběžného kola								
12,2±0,1	1,0±0,1		0,7±0,1					86,0±0,1
Svarový spoj č. 1								
19,0±0,2	33,4±1,1	4,9±0,2	1,5±0,1				3,1±0,1	38,0±1,4
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)								
18,2±0,1	11,9±0,2	0,4±0,02	1,5±0,1			0,5±0,1		71,5±0,4
Svarový spoj č. 2								
19,2±0,2	33,2±1,7	5,0±0,3	1,7±0,02				3,4±0,3	37,5±2,1
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)								
16,6±0,4	9,5±0,3	2,0±0,1	1,8±0,1					70,2±0,8
Opravené vady v pancéřování sací trouby								
18,2±0,2	30,6±2,5	4,7±0,5	1,5±0,02				3,3±0,1	41,7±3,2
17,3±0,2	7,9±0,8	1,4±0,3	1,3±0,6					73,1±2,1

Tab. 2: Přiřazení materiálů jednotlivým částem

Komora oběžného kola	ČSN 42 2904
Svarový spoj č. 1 a č. 2	(VDM FM 31 -1.4562)
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)	ČSN 17 247
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)	ČSN 17 345
Opravené vady v pancéřování sací trouby	VDM FM 31 – 1.4562, OK 61.30

2. Popis jednotlivých materiálů

OCEL NA ODLITKY 42 2904 Cr-Ni
ČSN 42 2904

Skupina materiálů podle ČSN 42 0006		9: Korozivzdorné						
Třída odpadu podle ČSN 42 0030		013						
Chemické složení (rozbor tavby) %	Způsob výroby	C max.	Mn	Si max.	Cr	Ni	P max.	S max.
	E	0, 15	0, 50 až 0, 90	0, 60	11, 5 až 14, 0	0, 70 až 1, 20	0, 035	0, 035
	Doprovodné prvky	Cu max. 0, 50						
Technické dodací předpisy		ČSN 42 1261						
Označení materiálu a stavu		42 2904. 5			42 2904. 9			
Stav		normalizačně žíhaný a popouštěný			tepelně zpracovaný podle zvláštního předpisu			
Nejmenší mez 0, 2 σ ₀ , 2	N/mm ²	295			390			
Pevnost v tahu σ _{Pt}	N/mm ²	min. 490			590 až 785			
Nejmenší tažnost δ ₅	%	15			15			
Nejmenší kontrakce Ψ	%	50			50			
Nejmenší vrubová houževnatost R ₃	J/cm ²	30			50			
Nejmenší vrubová houževnatost R ₃ při 4 °C (inf.)	J/cm ²		-			30		
Tvrdost podle Brinella HB		140 až 200			175 až 240			
Svařitelnost podle ČSN 05 1310		zaručená podmíněná ¹⁾						
Doporučené teploty pro tepelné zpracování								
Způsob		Teplota °C			Postup			
Žíhání na měkko		720 až 770			pec			
Homogenizační žíhání		1 020 až 1 050			vzduch pod 200 °C			
Normalizační žíhání		900 až 950			vzduch pod 200 °C			
Popouštění		680 až 740			vzduch, pec			
Žíhání ke snížení pnutí		660 až 720 2)			vzduch, pec			
1 N/mm ² = 1 MPa		(Pokrač.)						

Podrobnější popis dalších základních a přídatných materiálů je uveden v Příloze č. 2

3. Měření tvrdosti

Měření tvrdosti bylo provedeno pomocí přenosného ultrazvukového tvrdoměru Krautkramer MIC20 s UT sondou MIC 2010 (zatížení 50 N). Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Výsledky měření tvrdosti HV5

Místo měření	Číslo měření										Ø
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Komora oběžného kola	226	214	223	220	229	217	222	216	231	225	222±5
TOO 1	191	166	179	193	196	211	212	188	192	186	191±13
	442	452	382	473	385	376	368	398	405	413	409±34
Svarový spoj (č. 1)	357	344	328	344	357	325	388	360	383	346	353±20
TOO 2	321	337	388	316	388	360	366	336	338	341	349±24
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)	357	339	338	331	378	315	322	354	345	340	342±17
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)	347	342	370	376	378	315	312	354	361	355	351±22
Opravené vady v pancéřování sací trouby	374	369	389	356	363	352	337	345	359	348	359±14

4. Závěr:

Materiálové rozbory prokázaly:

- Opancéřování sací trouby není provedeno z nelegované svařitelné oceli třídy 11, ale z kombinace ocelí ČSN 17 247 a 17 345
- Svarový spoj v měřených místech byl proveden elektrodou na bázi VDM FM 31 - 1.4562, nikoliv elektrodou OK 67.45 uvedenou v původně předložené WPS
- Trhlina v TOO svarového spoje směrem ke komoře oběžného kola je důsledkem vysokých tvrdostí (max. 473 HV) v této oblasti.
- Naměřené hodnoty tvrdosti pancéřování sací trouby 1 a pancéřování sací trouby 2 pod svarovým kovem v ZM vykazují vysoké hodnoty pro zjištěné ocele 17 247 a 17 345, pokud by byly v běžném stavu.

Doporučení:

- a) Vzhledem k rozdílnosti materiálů pod svarem (č. 1) vypracovat WPS opravy pro zjištěné ocele
- b) Rozsah lokálních poškození (kavity a trhliny) pro opravu (vyvažování) u turbíny TG1 byl podstatně menší než u předchozí turbíny (TG2). Zřejmým důvodem bylo použití přídavných svařovacích materiálů s vysokým obsahem niklu (např. VDM FM 31 -1.4562), či v případě pancéřované sací trouby např. OK 61.30.


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
12133 - Ústav strojírenské technologie
CZ - 166 07 Praha 6, Technická 4
DIČ: CZ68407700

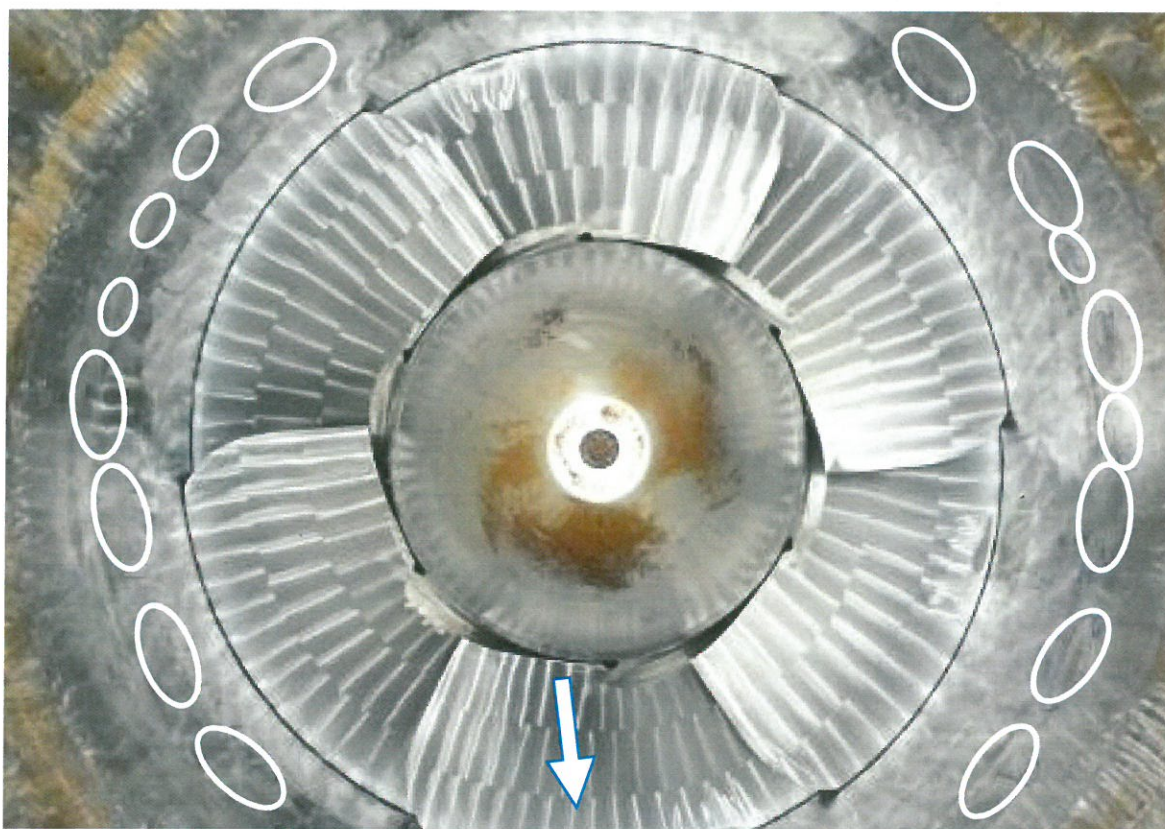
-1-

Poškození pláště turbínového prostoru na VD Nechanice

Obrazová příloha – TG I

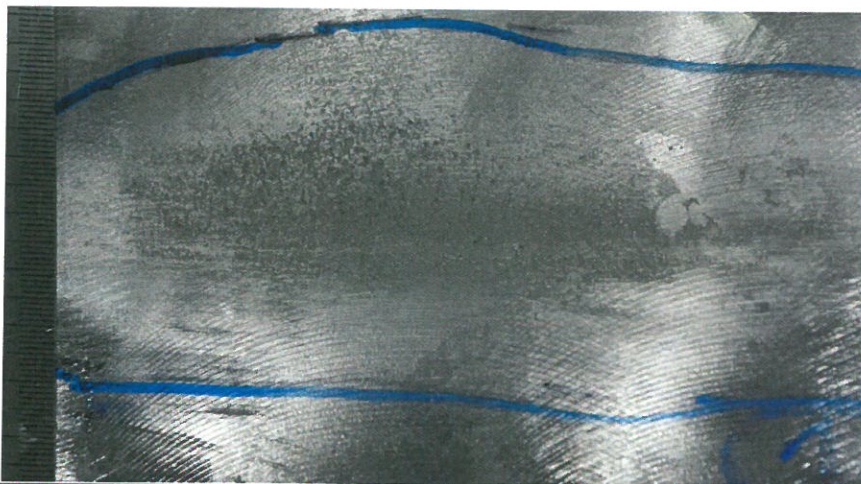
V oblasti přechodu mezi tělesem a sacím potrubím bylo nalezeno 31 oblastí kavitačního porušení povrchu stěny. V porovnání s kavitačním opotřebením turbíny TG II byly oblasti většího plošného rozsahu, ale menší hloubky. Vizually byla nalezena trhlina v oblasti č. 12, přibližné délky 40 mm. Tato oblast je orientována naproti vstupu do prostoru pod rotorem. Kavitační porušení bylo nalezeno také na jedné z lopatek oběžného kola (oblast č. 32).

Oblasti poškození v místě svarového spoje byly očíslovány od 1 do 31.

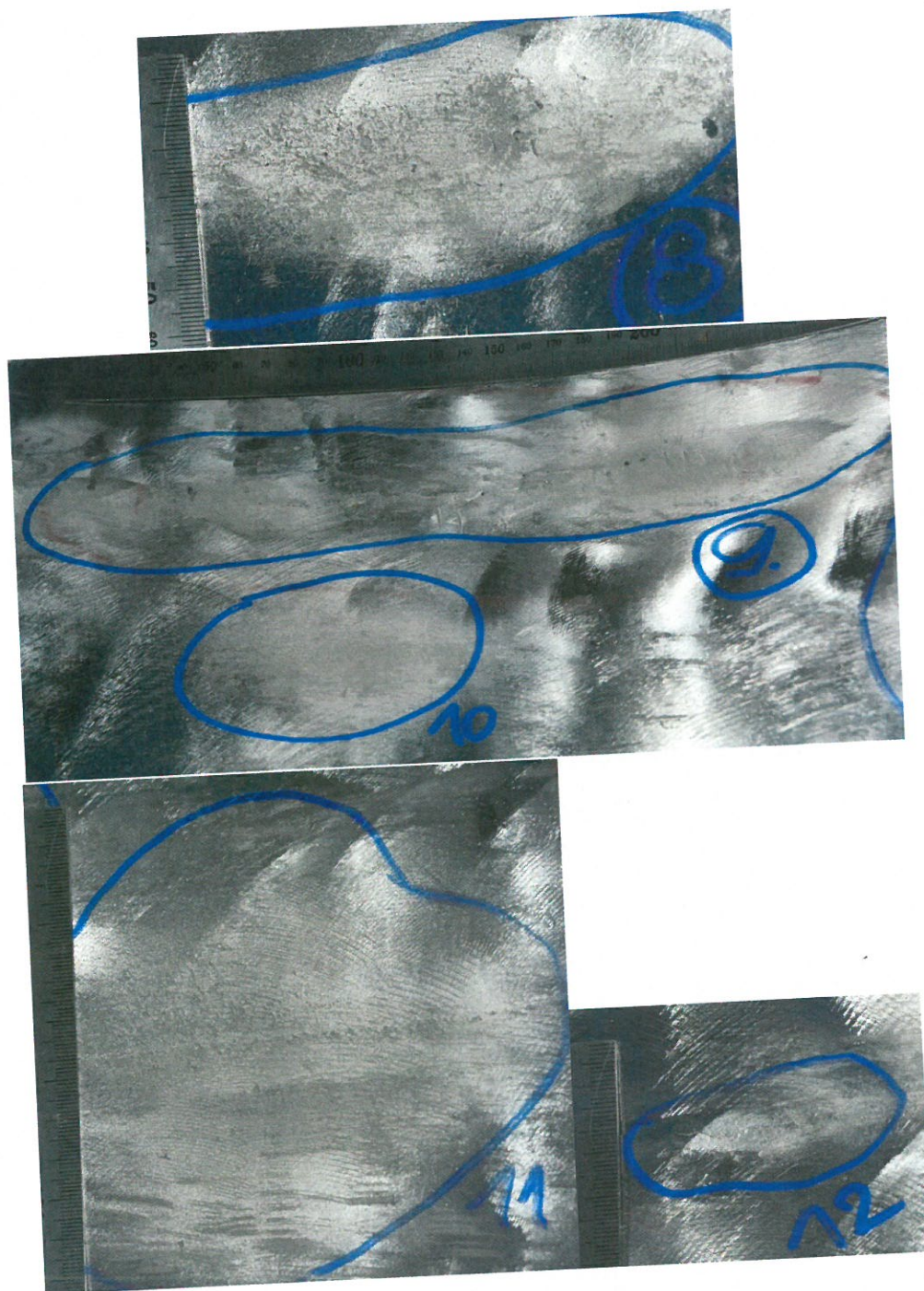


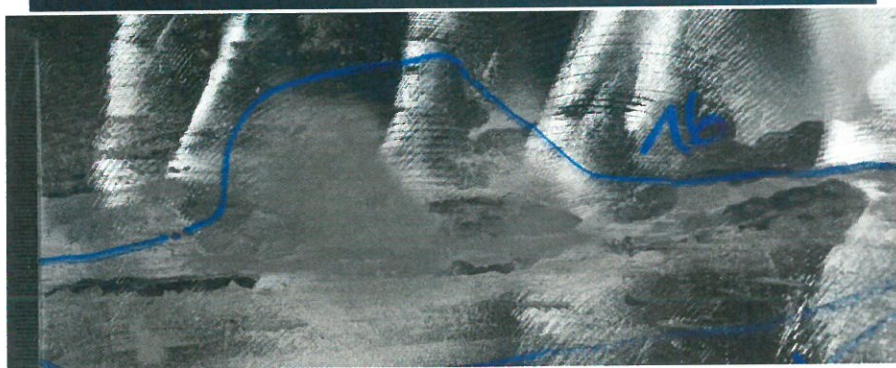
Obrázek 1: pohled na turbínový prostor s vyznačenými oblastmi kavitačního poškození v místě spoje. Místo vstupu do prostoru je na obrázku znázorněno šipkou

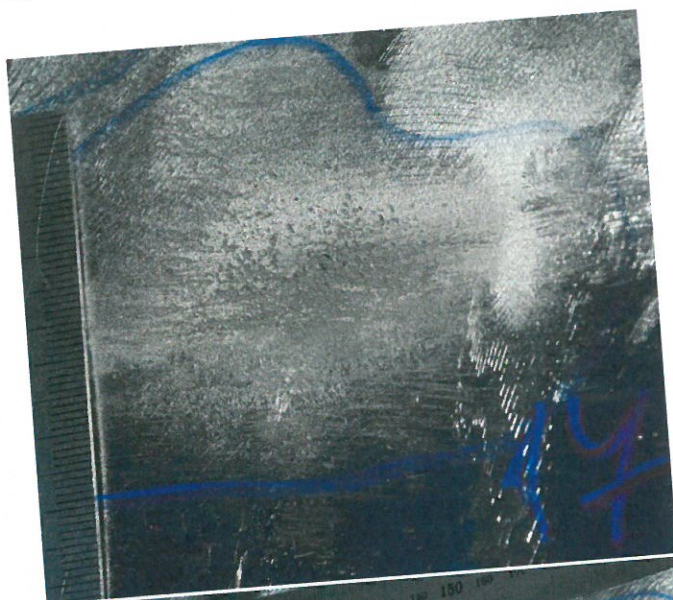
Detaily oblastí narušení povrchu 1- 32



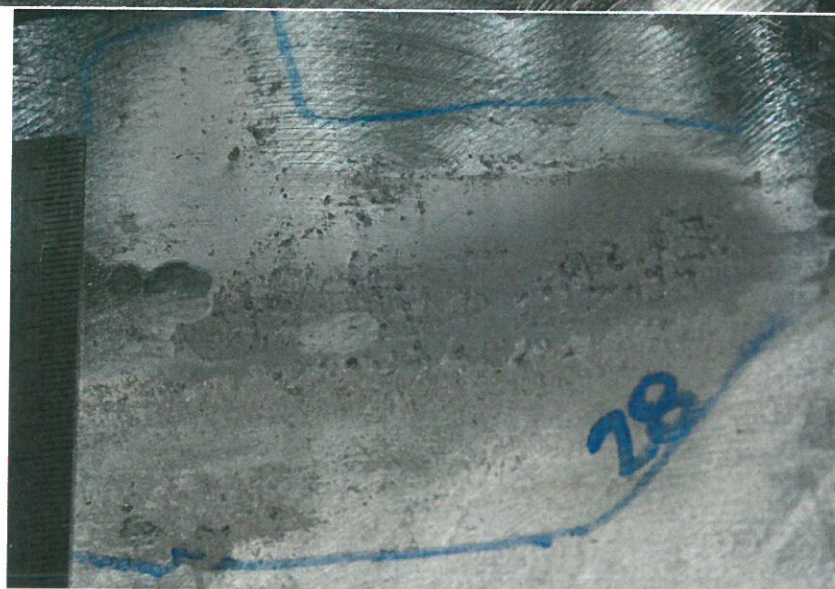


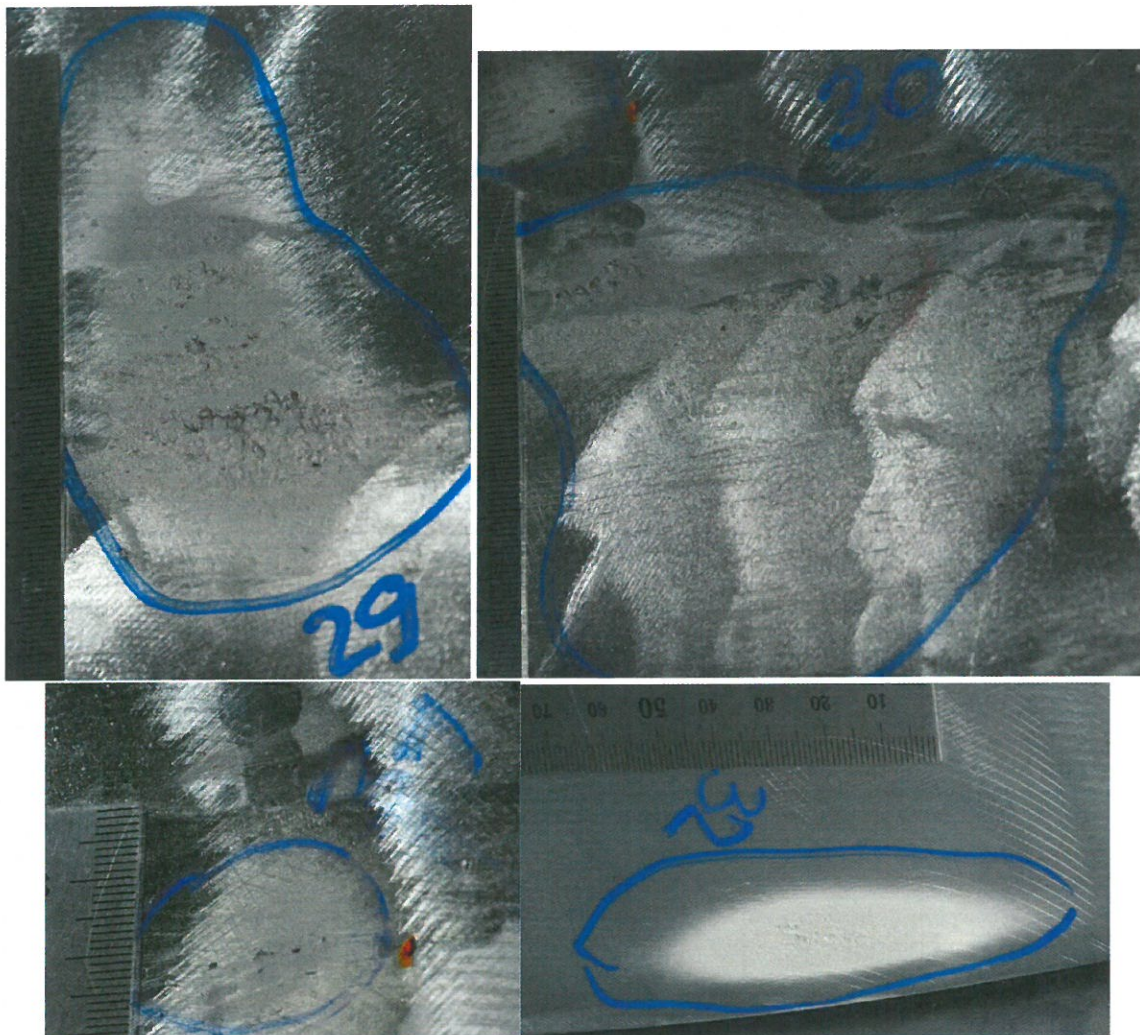












EN 42 2904

EN 42 2904

Cr-Ni ocel
na odlitky korozivzdorná

OCEL
42 2904

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
max 0,15	0,50-0,90	max 0,60	11,5-14,0	0,70-1,20	max 0,50	max 0,035	max 0,035

Charakteristika

Korozivzdorná, odolává korozi ve vodě.

Mechanické vlastnosti

Stav	.5	.9
Mez kluzu R_p 0,2 [MPa] min	295	390
Mez pevnosti R_m [MPa]	min 490	590-785
Tažnost A_5 [%]	15	
Kontrakce Z [%] min	50	
Vrubová houževnatost KCU 3 [J.cm ⁻²] min	30	50
Vrubová houževnatost KCV [J.cm ⁻²] min	15	25
Tvrdost HB	140-200	175-240
Modul pružnosti E [GPa]	215,7	

Fyzikální vlastnosti

Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Lineární smrštění při tuhnutí
ρ [kg.m ⁻³]	c_p [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	α [K ⁻¹]	λ_t [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[%]
7 720	469	$10,7 \cdot 10^{-6}$	21,8	2,00-2,10

Odolnost proti degradačním procesům

ODOLNOST PROTI KOROZI

s ocelově lesklým povrchem odolává korozi ve vodě, v pasivním stavu některým slabým kyselinám

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

normalizační žhání	900-950°C	ochlazovat na vzduchu
žhání na měkko	720-770°C	ochlazovat v peci
žhání ke snížení pnutí	660-720°C	ochlazovat na vzduchu nebo v peci
homogenizační žhání	1 020-1 050°C	ochlazovat na vzduchu
popouštění	680-740°C	ochlazovat na vzduchu nebo v peci
teploty přeměn	$A_{C1} = 755^\circ\text{C}$	$A_{C3} = 820^\circ\text{C}$

SVAŘITELNOST

podle ČSN 05 1310 - zaručená podmíněná – předehřev 250-400°C, dohřev po svařování žhání ke snížení pnutí
doporučené elektrody

E18Cr11W2Ni1V-B E20Cr19Ni8Mn6-B E12Cr18N10Mo2-B
E12Ni38Cr20Mo6Co4-B E-B425

Použití

Vhodná na odlitky oběžných kol, lopatek a dalších součástí vodních turbin vystavených korozi a kavitaci, na součásti vodních čerpadel apod.

Ostatní vlastnosti

Barevné značení podle ČSN 42 0010		Třída odpadu podle ČSN 42 0030	
—		013	

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		Německo	
—	—	—	—	GX8CrNi13	DIN 17455
Francie		Velká Británie		Rusko	
Z6CN12-1M	NF A32-059	410C21	—	10Ch12NPL	GOST 977-88
Z6CN12-1M	NF A32-055				
Z12CN1302-M	NF A32-056				
USA		Japonsko		Kanada	
—	—	SCS1 SCS3	JIS G65121-91 JIS G65121-91	—	—
Itálie		Rakousko		Švédsko	
GX12Cr13	UNI 3161-83	—	—	—	—
Polsko		Maďarsko		Norsko	
—	—	—	—	—	—
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
—	—	—	—	—	—
Čína		Jugoslávie		—	
ZG1Cr13	GB 2100-80	ČL.4575	JUS C.J3.013	—	—

SN 41 7247

Korozivzdorná Cr-Ni-Ti ocel

OCEL

SN 41 7247

17 247

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	P	S
max 0,08	max 2,00	max 1,00	17,0–19,0	9,5–12,0	min 5x %C	max 0,045	max 0,030

Polotovary

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| [1] tyče tvářené za tepla | [4] bezešvé trubky tvářené za studena |
| [2] plechy válcované za tepla | [5] tlusté plechy válcované za tepla |
| [3] bezešvé trubky tvářené za tepla | |

Mechanické vlastnosti

Polotovary		[1]			[2]				
Rozměr t, d [mm]		≤ 60	60–100	100–150	≤ 10	10–30			
Stav		.4			.4				
Vez kluzu R _p 0,2 [MPa] min		205	205	195	205	205			
Vez kluzu R _p 1,0 [MPa] min		245	245	235	245	245			
Vez pevnosti R _m [MPa]		500-750							
Ťažnost A ₅ [%] min		40	35	35	30	26			
Kontrakce Z [%]		–	–	–	–	–			
Trubová houževnatost KCU 3 [J.cm ⁻²]	podél min	120			–	120			
	napříč min	–	–	80	–	80			
Modul pružnosti E [GPa]		200							
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]		–							
Polotovary		[3]		[4]	[5]				
Rozměr t, d [mm]		≤ 20		≤ 10	30–80				
Stav		.4			.4				
Vez kluzu R _p 0,2 [MPa] min		205			205				
Vez kluzu R _p 1,0 [MPa] min		245			245				
Vez pevnosti R _m [MPa]		500–750			500–750				
Ťažnost A ₅ [%] min		35		35	napříč 34				
Kontrakce Z [%]		–			–				
Trubová houževnatost [J.cm ⁻²] min	KCU 3 podél/napříč	–		–	90/70				
	KCV podél/napříč	–		–	60/40				
Modul pružnosti E [GPa]		200							
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]		–							
Teplota [°C]		100	200	400	600	800			
Modul pružnosti E [GPa] za zvýš. teplot		194	186	172	155	135			
Teplota [°C]		100	200	300	350	400	450	500	550
Nejnižší mez kluzu R _p 0,2 [MPa] a zvýšených teplot [1] d ≤ 100 mm		176	155	136	130	125	121	119	118

teplota [°C]	100	200	300	350	400	450	500	550
Nejnižší mez kluzu R_p 1,0 [MPa] za zvýšených teplot [1] $d \leq 100$ mm	240	185	167	161	156	152	149	147
Nejnižší mez kluzu R_p 0,2 [MPa] za zvýšených teplot [1] $d > 100$ mm	169	150	–	–	–	–	–	–
Nejnižší mez kluzu R_p 1,0 [MPa] za zvýšených teplot [1] $d > 100$ mm	202	182	–	–	–	–	–	–

Fyzikální vlastnosti

Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita
ρ [kg . m ⁻³]	c_p [J . kg ⁻¹ . K ⁻¹]	α [K ⁻¹]	λ_t [W . m ⁻¹ . K ⁻¹]	ρ [Ω . m]
7 900	500	16,0.10 ⁻⁶	15	730.10 ⁻⁹

Odolnost proti degradačním procesům

ODOLNOST PROTI PLOŠNÉ KOROZI

odolává kyselině dusičné (kromě koncentrované za varu), slabým roztokům anorganických kyselin a silným organickým kyselinám

ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KOROZI

zaručena podle ČSN 03 8169, se zcitlivěním ocel odolává při dlouhodobé expozici v agresivních prostředích v celém rozsahu kritických teplot

ODOLNOST PROTI OXIDACI ZA ZVÝŠENÝCH TEPLOT

na vzduchu do teploty 850 °C
v oxidačním sirném prostředí (s SO₂) do teploty 750 °C
v redukčním sirném prostředí (s H₂S) do teploty 600 °C
v páře do teploty 750 °C
ve směsných plynech do teploty 550 °C

ODOLNOST PROTI TEČENÍ

Vlez pevnosti při tečení v tahu R_{mT} [MPa]

teplota [°C]	575	600	625	650	675	700
$R_{mT}/10^4$	177	142	114	92	69	48
$R_{mT}/10^5$	118	92	69	47	33	23

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

žhánění ke snížení pnutí 850–950 °C 10–15 min. na teplotě, ochlazovat na vzduchu
ozpouštěcí žhánění 1 000–1 050 °C 5–20 min. na teplotě, ochlazovat ve vodě
1 100–1 150 °C 10–30 min. na teplotě, ochlazovat ve vodě

TVÁŘITELNOST

úroveň tvařitelnosti za tepla 4
teploty tváření 1 100–800 °C ochlazovat na vzduchu

TVÁŘITELNOST

podle ČSN 05 1310 – zaručená

OBROBITELNOST

obrobek [1] [2] stav . 4 soustružení, hoblování frézování, vrtání
8b 8b

Užití

Na stavbu tepelných, energetických a chemických zařízení do 800 °C vč. tlakových nádob podle ČSN 69 0010. Do prostředí, kde je koroze zanedbatelná, ale vyžaduje se vysoká čistota produktu (farmaceutický a potravinářský průmysl). Vhodná na vysokotlaká zařízení.

Ostatní vlastnosti

Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010	Třída odpadu podle ČSN 42 003
elektroocel	červená - hnědá - světlemodrá	023

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		Německo	
TYPE 15	ISO 683/13-86	X 6CrNiTi18-10 X 6CrNiTi18-10	EN 88-86 EN10088/2-95	X 6CrNiTi 18 10 X 6CrNiTi 18 10 X 6CrNiTi 18 10 X 6CrNiTi 18 10 X 6CrNiTi 18 10	DIN 17440-85 DIN 17441-85 DIN 17455-85 DIN 17456-85 DIN 17457-85
Francie		Velká Británie		Rusko	
X 6CNT 18-10	NF A35-574-90	321S31	BS 1501/3-90	08Ch18N10T	GOST 5632-72
X 6CNT 18-10	NF A36-209-90	321S51	BS 970/4-70		
X 6CrNiTi 18-10	NF EN 10088/2-95				
USA		Japonsko		Kanada	
type 321	ASTM A276-82	SUS 321 SUS 321 SUS 321 SUS 321 SUS 321	JIS G4303-91 JIS G4304-91 JIS G4305-91 JIS G4307-87 JIS G4308-91	—	—
Itálie		Rakousko		Švédsko	
X 6CrNiTi 18 11	UNI 7500-75	X 6CrNiTi 18 10 S	ÖNORM M3120	2337	SS 142337
X 6CrNiTi 18 11	UNI 6904-71				
X 6CrNiTi 18 11 KG	UNI 7660-77				
X 6CrNiTi 18 11 KW	UNI 7660-77				
X 6CrNiTi 18 11 KT	UNI 7660-77				
Polsko		Maďarsko		Norsko	
—	—	KO 36Ti KO 37Ti	MSZ 4360-87 MSZ 4360-87	—	—
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
—	—	—	—	X 6CrNiTi 18-10 F .3523	UNE EN 10088/2-96 UNE 36016-89

Porovnání se zahraničními materiály

Austrálie		Bulharsko		Brazílie	
321	AS 1449-94	0Ch18N10T	BDS 6738-72	E 321	Br. 400
321	AS 2837-96	Ch18N9T	BDS 6738-72		
Čína			—		—
0 Cr18Ni10Ti	GB 4239-91				
0 Cr18Ni10Ti	GB 13296-91				
0 Cr18Ni10Ti	GB 1220-92		—		—
0 Cr18Ni10Ti	GB 1221-92				
0 Cr18Ni10Ti	GB 4238-92				

Srovnatelná ocel:

OCEL 17 345

ČSN 41 7345

1. VLASTNOSTI ZARUČOVANÉ NORMOU

Chemické složení
/rozbor tavby/ [%]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
max. 0,15	max. 2,0	max. 1,5	16,0 19,0	9,0 12,0	1,5 2,5	max. 0,045	max. 0,030

Barvé označení: červená - hnědá - fialová

Třída odpadu: 122

Výrobek: tyče, plechy, pásy, bezešvé trubky, svařované trubky, dráty, výkovky

Mechanické vlastnosti

Výrobek	Stav	Průměr, tloušťka [mm] nad do	Mez kluzu $R_{p0,2}$ min. [MPa]	Pevnost R_m [MPa] nad do	Tažnost A_5 min. [%]	Kontrakce Δ min. [%]	Vrbová houževnatost [J.cm ⁻²]
							KCU 2 min.
Tyče	.4	120	216	569	40	50	196
Výkovky	.4	150	216	569	40	50	196
Plechy	.4	0,8 30	216	569	40	50	196
Bezešvé trubky	.4		196	539	40		
Pásy	.4	3		588	40		

2. INFORMATIVNÍ ÚDAJE

Mez kluzu za vyšších teplot

Teplota [°C]	50	100	150	200	250	300
R _{p0,2} min. [MPa]	200	185	171	160	150	140
R _{p1,0} min. [MPa]	235	215	200	187	178	170
Teplota [°C]	350	400	450	500	550	
R _{p0,2} min. [MPa]	135	130	126	124	122	
R _{p1,0} min. [MPa]	165	160	156	154	152	
Teplota [°C]	20	100	200	400	600	800
Modul pružnosti v tahu E . 10 ⁻³ [MPa]	200	195	185	170	155	135
Měrná hmotnost ρ [kg.dm ⁻³]	8,0					
Měrné teplo C _p v rozmezí od 20°C [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹] do uvedené teploty	440	480	520	560	590	630

Teplota [°C]	20	100	200	400	600	900
Měrná tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	13,5	14,5	15,5	18,5	21,5	24,0
Střední izobarický součinitel dékové roztažnosti v rozmezí od 20°C do uvedené teploty $\alpha \cdot 10^6$ [K ⁻¹]		16,5	17,0	18,0	18,5	19
Měrný elektrický odpor $\rho \cdot 10^9$ [Ω.m]	750	800	850	1000	1100	1200

Odolnost proti plošné korozi

Ocel má zvýšenou schopnost pasivace a vyšší odolnost proti korozi v aktivním stavu. Odolává kyselině sírové, fosforečné a dalším anorganickým kyselinám a agresivním prostředím lépe než ocel 17 241 /viz tabulka C3-3/.

Odolnost proti mezikrystalové korozi

Ocel ve srovnání s ocelí 17 347 neodolává, proto při aplikaci svaru v silnějším korozním prostředí nutno po svaření přežíhat celou svařovanou součást.

Odolnost proti žáru

na vzduchu do teploty 850°C
v oxidačním sirném prostředí /obsahujícím SO₂/ do 750°C
v redukčním sirném prostředí /obsahujícím H₂S/ do 600°C
v páře do 650°C

3. ÚDAJE PRO TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Doporučené postupy tváření a tepelného zpracování

Zpracování	Teplota [°C]	Postup
Kování	1150 - 900	ochlazovat na vzduchu
Rozpouštěcí žíhání	1020 - 1070	15-30 minut na teplotě, ochlazovat ve vodě
Žíhání k odstranění pnutí	850 - 950	10-15 minut na teplotě, ochlazovat na vzduchu

Tvařitelnost zatepla

Třída tvařitelnosti 4		Rychlost deformace [s ⁻¹]	Teplota [°C]						
			900	1000	100	1200	1250	1300	
Základní přetvárný odpor σ _s [MPa]		2	2.10 ⁻²	160	96	57	34	26	20
			4.10 ⁻¹	211	140	96	65	53	43
Zkouška tahem	R _m [MPa]	2	2.10 ⁻²	160	96	57	34	26	20
	A ₅ [%]			24	32	62	76	74	38
	Z [%]			38	40	82	100	94	45

Třída tvařitelnosti 4		Rychlost deformace [s ⁻¹]		Teplota [°C]					
				900	1000	1100	1200	1250	1300
zkouška krutem	M _k [Nm] γ _f	γ	7 · 10 ⁻¹	38,0	25,2	17,2	11,8	9,6	7,8
				1,9	3,1	5,6	7,5	6,9	6,6
zkouška rázem v ohybu	KCU 3 [J · cm ⁻²]	ε	5 · 10 ¹	220	143	82	44	31	21

Obrobitelnost

Výrobek	Stav	Pevnost R _m max. [MPa]	Součinitel obrobitelnosti k _p	
			soustružení, hoblování	frézování, vrtání
Tyče, plechy, výkovky	.4	680	9b	9b

4. CHARAKTERISTIKA OCELI A VHODNOST POUŽITÍ

Svařitelná austenitická nestabilizovaná ocel Cr-Ni-Mo vhodná pro použití do teploty 850°C. Používá se pro stavbu zařízení /včetně tlakových nádob/ v chemickém, farmaceutickém, textilním a potravinářském průmyslu, požaduje-li se zvýšená korozní odolnost v aktivním stavu nebo jestliže se v korozním prostředí vyskytují ionty halogenních prvků. Vhodná je pro prostředí, kde nehrozí nebezpečí mezikrystalové koroze v průběhu dlouhodobé expozice a je dostatečně stabilní i pro použití na energetická zařízení do teploty 650°C. U svařovaných součástí se k vyloučení vzniku mezikrystalové koroze doporučuje provést po svaření rozpouštěcí žíhání.

**OK 61.30**SFA/AWS A 5.4: E 308L-17
EN 1600: E 199 L R 1 2**Použití:**

Elektroda s rutil-kyselým obalem a nízkým obsahem uhlíku pro svařování nerezavějících ocelí typu 19Cr10Ni, použitelná i pro stabilizované oceli podobného složení. Není vhodná tam, kde jsou vyžadovány creepové vlastnosti svarového kovu. Nízkonavhový obal poskytuje kvalitní svarový kov s možností použití ve všech polohách. Interpass teplota: < 150°C

Vhodnost pro svařování, např.:

W.Nr. 1.4000, 1.4301, 1.4306, 1.4308, 1.4311, 1.4541, 1.4550 a jiné

Klasifikace/certifikace:

ABS	Stainless	DNV	308 L
CE	13479	TÜV	00792
DB	30.039.02	Ostatní:	CWB, SEPROS

Typické chemické složení čistého svarového kovu:

C	Si	Mn	Cr	Ni
< 0,03	0,70	0,80	19,5	10,0

Typické mechanické hodnoty čistého svarového kovu:

Podmínky	Stav	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₅ /(A ₄) %	KV (J)/°C	
					+20	-60
ISO	TZ 0	560	430	43	70	49
AWS	TZ0	>520	>320	(>35)	-	-

TZ 0 - stav po svařování

Výkonové parametry:

Průměr (mm)	Délka (mm)	Proud (A)	Napětí (V)	Výtěžnost (%)	Doba hoření (s)	Podíl sv. kovu (%)	(ks/kg sv. kovu)	Výkon navaf. (kg/h)
1,6	300	35 - 45	27	105	24	0,55	240	0,60
2,0	300	35 - 65	29	105	29	0,55	160	0,80
2,5	300	50 - 90	31	105	36	0,55	99	1,10
3,2	350	70 - 130	31	105	54	0,60	49	1,40
4,0	350	90 - 180	32	105	60	0,60	33	2,00
5,0	350	140 - 250	33	105	60	0,60	20	3,00

Balení:

Průměr (mm)	Délka (mm)	Balení	Hmotnost balení (kg)	ks v balení	Hmotnost 1000 ks (kg)	Krabiček v kartonu (ks)	Hmotnost kartonu (kg)
1,6	300	1/4VP	0,6	77	7,8	9	5,4
2,0	300	1/4VP	0,6	48	12,5	9	5,4
2,5	300	1/4VP	0,7	37	18,9	9	6,3
3,2	350	1/2VP	1,7	47	36,2	6	10,2
4,0	350	1/2VP	1,7	31	54,8	6	10,2
5,0	350	1/2VP	1,7	20	85,0	6	10,2

Obal:

rutil-kyselý

Teplota sušení:

350°C/2h

Svařovací proud:

~ = (+)

Napětí naprázdno:

50 V

Polohy svařování:**Jiné údaje:**

FN 3 - 10
W.Nr. 1.4316

B

VDM Metals

VDM® Alloy 31
Nicrofer 3127 hMo

VDM® Alloy 31

Nicrofer 3127 hMo

VDM® Alloy 31 is an iron-nickel-chromium-molybdenum alloy with the addition of nitrogen. The alloy developed by VDM Metals closes the gap between high alloyed austenitic special stainless steels and nickel alloys. VDM® Alloy 31 has proven itself to be suitable particularly in the chemical and petrochemical industries, in ore digestion plants, in environmental and marine engineering as well as in oil and gas extraction.

VDM® Alloy 31 is characterized by:

- Outstanding corrosion resistance in alkaline and acidic halide-containing media
- Excellent resistance to sulfuric acid, even in highly concentrated form
- Excellent resistance to corrosion and erosion in phosphoric acid media
- Outstanding resistance to surface corrosion and local corrosion in chlorine dioxide bleaching plants in paper production
- Excellent resistance in reducing and oxidizing media as well as in boiling azeotropic nitric acid
- Good workability and weldability
- VdTÜV-certification for pressure vessels with operating temperatures from -196 to 550 °C (-320.8 to 1,022 °F)
- Certification according to ISO 15156/NACE MR 0175 up to level VI for acid gas applications in the oil and gas industry
- ASME approval for pressure vessels up to 800 °F (427 °C)

The material is included in the list of the German Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) for transport and storage containers for hazardous goods.

Designations and standards

Standard	Material designation
D	1.4562 - X1NiCrMoCu32-28-7
ISO	NACE MR0175/ISO 15156:2003
UNS	N08031

Product form	VdTÜV	ASTM	ASME	SEW	Others
Sheet, plate	509	B 625	SB 625	400	
Strip	509	B 625	SB 625	400	API 5LD
Rod, bar	509	B 581 B 649	SB 581 SB 649	400	
Wire		B 649 B 564	SB 649	400	

Table 1 – Designations and standards

Chemical composition

	Ni	Cr	Fe	S	Si	Mn	P	Mo	Cu	N	C
Min.	30.0	26.0						6.0	1.0	0.15	
Max.	32.0	28.0	balance	0.010	0.3	2.0	0.020	7.0	1.4	0.25	0.015

Table 2 – Chemical composition (%) according to UNS N08031

Physical properties

Density	Melting range	Relative magnetic permeability at 20 °C (68 °F)
8.05 g/cm ³ (0.29 lb/in ³) at 20 °C (68 °F)	1,330-1,370 °C (2,426-2,498 °F)	1.001

Temperature		Thermal conductivity ¹⁾		Electrical resistivity	Modulus of elasticity ¹⁾		Coefficient of thermal expansion ¹⁾	
°C	°F	W m · K	Btu · in sq. ft · h · °F	μΩ · cm	GPa	10 ³ ksi	10 ⁻⁶ K	10 ⁻⁶ °F
20	68	11.7	81.2	104	198	28.7		
100	212	13.2	91.6	107	189	27.4	14.3	7.94
200	392	15	104.1	110	183	26.5	14.7	8.17
300	572	16.8	116.6	113	176	25.5	15.1	8.39
400	762	18.5	128.4	116	170	24.7	15.5	8.61
500	932	20.2	140.1	118	163	23.6	15.7	8.72
600	1,112	21.9 ²⁾	151.9	120	158	22.9	15.9	8.83

¹⁾ values according to VdTÜV material data sheet 509

²⁾ extrapolated value

Table 3 – Typical physical properties of VDM® Alloy 31 at room temperature and elevated temperatures

Microstructural properties

VDM® Alloy 31 has a face-centered cubic lattice. The 0.2% nitrogen content stabilizes the austenite and reduces the precipitation rate of intermetallic sigma phases.

Mechanical properties

The following mechanical properties apply to VDM® Alloy 31 in the solution-annealed and quenched condition and in the stated semi-finished forms and dimensions.

Temperature		Yield strength ¹⁾		Tensile strength ¹⁾		Elongation
°C	°F	R _{p0.2}		R _m		A
		MPa	ksi	MPa	ksi	%
20	68	280	40.6	650	94.3	40
100	212	210	30.5	630	91.4	40
200	392	180	26.1	580	84.1	40
300	572	165	23.9	530	76.9	40
400	762	150	21.8	500	72.5	40
500	932	135	19.6	470	68.2	40
550	1,022	125	18.1	450	65.3	40

1) values according to VdTÜV material data sheet 509

Table 4 – Typical short-term properties at room temperature and elevated temperatures for sheet products

Product form	Dimensions		Yield strength		Yield strength		Tensile strength		Elongation
	mm	in	R _{p0.2}		R _{p1.0}		R _m		A
			MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	%
Sheet, plate	≤ 50	≤ 1.97							
Strip	≤ 3	≤ 0.12							
Rod, bar	≤ 300	≤ 11.81	≥ 280	≥ 40.6	≥ 310	≥ 45.0	≥ 650	≥ 94.3	≥ 40
Wire	≤ 12	≤ 0.47							

Table 5 – Mechanical properties at room temperature according to ASTM B625 (plate, sheet and strip), B649 (bar and wire)

ISO V-notch impact toughness

Average value, room temperature: ≥ 185 J/cm²

Average value, -196 °C (-320.8 °F): ≥ 140 J/cm²

Minimum impact values at room temperature for sheet products according to VdTÜV material data sheet 509.

Corrosion resistance

Optimal corrosion resistance is only ensured if the material is used in a solution annealed, clean and metallic bright condition. The chemical composition of VDM® Alloy 31 is designed to enable the achievement of a high corrosion resistance in halide-containing media. At the same time, the material has excellent resistance in pure and contaminated sulfuric acid over a broad range of concentrations and temperatures up to 80 °C (176 °F). Figure 1 shows the ISO corrosion diagram of VDM® Alloy 31 in lightly aerated sulfuric acid of technical purity, determined in immersion tests of at least 120 h.

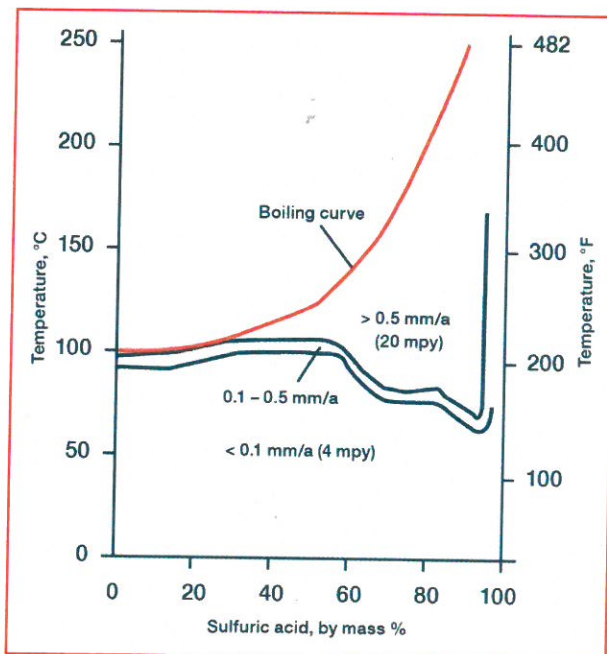


Figure 1 – ISO corrosion diagram of VDM® Alloy 31 in weakly aerated sulfuric acid of technical purity, determined in immersion tests of at least 120 h

Under heavy stress from erosion corrosion in the wet digestion process in the production of phosphoric acid, VDM® Alloy 31 has proven to be a true alternative to nickel alloys. Tests in chlorine dioxide bleaching plants in the pulp and paper industry have shown that VDM® Alloy 31 withstands the harshest operating conditions.

The resistance to inter-crystalline corrosion (IC) was determined both according to ASTM G 28, method A, and according to SEP 1877. II. Figure 2 shows, that VDM® Alloy 31 becomes sensitized only after prolonged exposure. The resistance to pitting was determined via potential measurements and through testing according to ASTM G 48 under staged temperature increases and the use of the same samples. Figure 3 shows the results in comparison with other materials. Even in other corrosive media, VDM® Alloy 31 demonstrates significant advantages compared with other alloys.

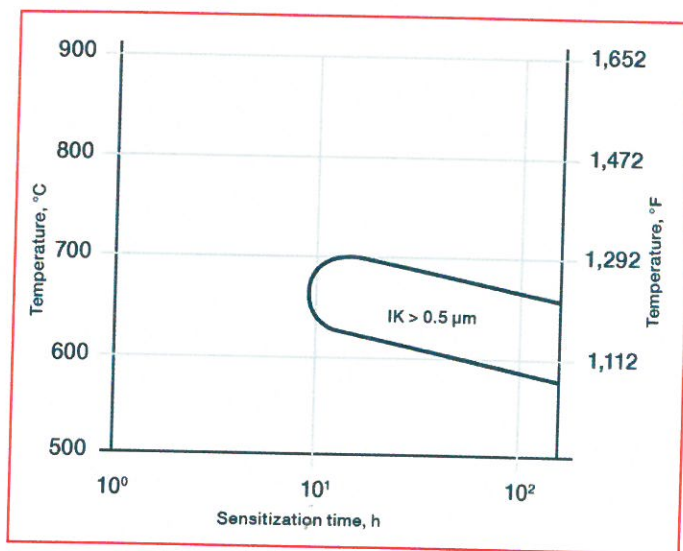


Figure 2 – Time-temperature sensitization diagram (TTS), IC attack based on testing according to ASTM G 28, method A

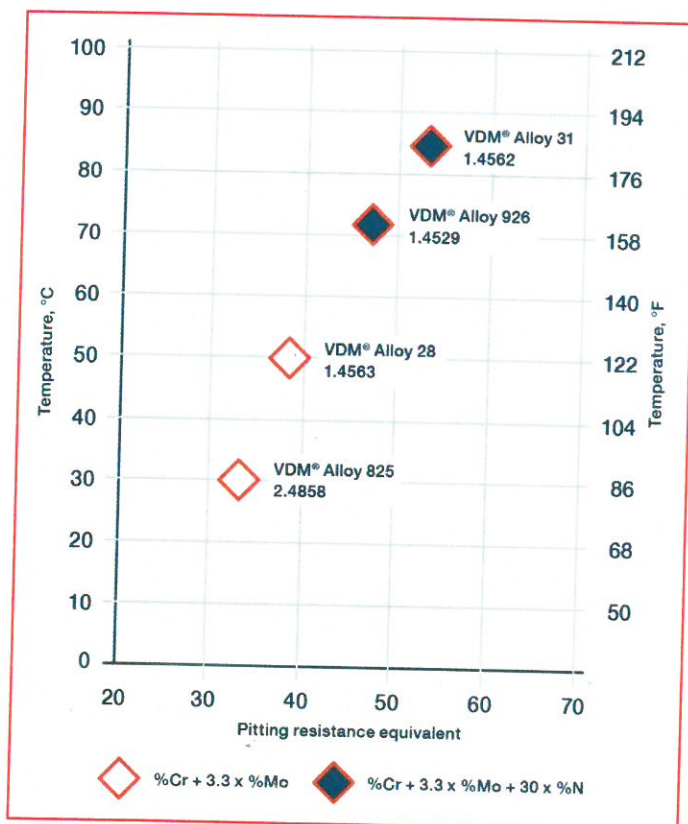


Figure 3 – Critical pitting temperature (CPT) in 10% FeCl₃ x 6 H₂O as a function of the corresponding pitting resistance equivalents; determination with staged temperature increases using the same samples

VDM® Alloy 31 is suitable only for applications in organic chemistry and for processes in which hydrochloric acid occurs only in low concentrations below 5% and this only at room temperature or slightly elevated temperatures. This is clearly shown by the ISO corrosion diagram in hydrochloric acid in Figure 4 and by other investigations at room temperature as well as with acid concentrations in the range of 10 to 30%, which yielded erosive corrosion rates of up to 0.5 mm/year (0.02 in/year).

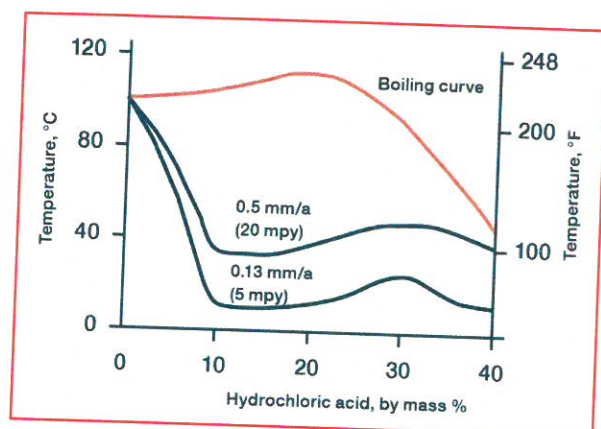


Figure 4 – ISO corrosion diagram of VDM® Alloy 31 in hydrochloric acid, determined via static immersion tests

Fields of application

Typical fields of application for VDM® Alloy 31 are:

- Components for flue gas desulfurization plants
- Plants for the production of phosphoric acid via the wet digestion process
- Pipes and heat exchangers for sulfuric acids contaminated with chlorides
- Pipes containing ocean water and brackish water, condensers and chillers
- Pickling plants for sulfuric acid as well as nitric-hydrofluoric acid
- Treatment of sulfuric acids from waste
- Evaporation and crystallization of salts
- Components for the cellulose and paper industry
- Digestion of ores, e.g. in HIPAL (high-pressure acid leach) plants for the digestion of laterite ores
- Mineral oil production and refineries
- Organic acids and ester synthesis
- Fine chemicals
- Strain-hardened transport and feed pipes as well as slicklines, wirelines and flowlines in the transport of oil and gas

Fabrication and heat treatment

VDM® Alloy 31 can be easily formed both hot and cold and can also be machined.

Heating

It is important that the workpieces are clean and free of any contaminants before and during heat treatment. Sulfur, phosphorus, lead and other low-melting-point metals can result in damage during the heat treatment of the material. This type of contamination is also contained in marking and temperature-indicating paints or pens as well as in lubricating grease, oils, fuels and similar materials. The sulfur content of fuels must be as low as possible. Natural gas should contain less than 0.1% by weight of sulfur. Heating oil with a maximum sulfur content of 0.5% by weight is also suitable. Electric furnaces are to be preferred due to precise temperature control and lack of contaminants due to fuel. The furnace temperature should be set between neutral and slightly oxidizing and should not change between oxidizing and reducing. The workpieces must not come in direct contact with flames.

Hot forming

VDM® Alloy 31 should be hot-formed in a temperature range of 1,200 to 1,050 °C (2,192 to 1,922 °F) with subsequent rapid cooling in water or in air. For heating up, workpieces should be placed in a furnace that has been heated up to the maximum hot-forming temperature (solution annealing temperature). Once the furnace has reached its temperature again, the workpieces should remain in the furnace for around 60 minutes per 100 mm (3.94 in) of thickness. After this, they should be removed from the furnace immediately and formed within the temperature range stated above, with reheating necessary once the temperature reaches 1,050 °C (1,922 °F). Heat treatment after hot forming is recommended in order to achieve optimal properties.

Cold forming

The workpieces should be in the annealed condition for cold forming. VDM® Alloy 31 has a significantly higher work hardening rate than other widely used austenitic stainless steels. This must be taken into account during the design and selection of forming tools and equipment and during the planning of forming processes. Intermediate annealing is necessary for major cold forming work. For cold forming of > 15%, a final solution annealing must be conducted.

Heat treatment

Solution annealing should take place at temperatures between 1,150 and 1,180 °C (2,102 and 2,156 °F). The retention time during annealing depends on the semi-finished product thickness and can be calculated as follows:

- For thickness $d \leq 10$ mm (0.39 in), the retention time is $t = d \cdot 3$ min/mm
- For thickness $d = 10$ to 20 mm (0.39-0.79 in), the retention time is $t = 30 \text{ min} + (d - 10 \text{ mm}) \cdot 2 \text{ min/mm}$
- For thickness $d > 20$ mm (0.79 in), the retention time is $t = 50 \text{ min} + (d - 20 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ min/mm}$

The retention time commences with material temperature equalization; longer times are generally considerably less critical than retention times that are too short.

For maximum corrosion resistance, the workpieces must be quickly cooled from the annealing temperature of at least 1,100 to 500 °C (2,012 to 932 °F) with a cooling rate of >150 °C/min (>302 °F/min). The material must be placed in a furnace that has been heated up to the maximum annealing temperature before any heat treatment. The cleanliness requirements listed under "Heating" must be observed. For strip products, the heat treatment can be performed in a continuous furnace at a speed and temperature that is adapted to the strip thickness.

Descaling and pickling

Oxides of VDM® Alloy 31 and discoloration adjacent to welds are more adherent than on stainless steels. Grinding using extremely fine abrasive belts or grinding discs is recommended. It is imperative that grinding burns be avoided. Before pickling in nitric-hydrofluoric acid mixtures, the oxide layers should be destroyed by abrasive blasting or fine grinding, or pre-treated in a fused salt bath. The pickling baths used should be carefully monitored with regard to concentration and temperature.

Machining

VDM® Alloy 31 should be machined in the heat-treated condition. Because of the considerably elevated tendency toward work hardening in comparison with low-alloy austenitic stainless steels, a low cutting speed and a feed level that is not too high should be selected and the cutting tool should be engaged at all times. An adequate depth of cut is important in order to cut below the previously formed strain-hardened zone. Optimum heat dissipation through the use of large quantities of suitable, preferably aqueous, lubricants has considerable influence on a stable machining process.

Welding information

When welding nickel alloys and special stainless steels, the following information should be taken into account:

Workplace

A separately located workplace, which is specifically separated from areas in which C-steel is being processed, must be provided. Maximum cleanliness is required, and drafts should be avoided during gas-shielded welding.

Auxiliary equipment and clothing

Clean fine leather gloves and clean working clothes must be used.

Tools and machines

Tools that have been used for other materials may not be used for nickel alloys and stainless steels. Only stainless steel brushes may be used. Processing and treatment machines such as shears, punches or rollers must be fitted (felt, cardboard, films) so that the workpiece surfaces cannot be damaged by the pressing in of iron particles through such equipment, as this can lead to corrosion.

Edge preparation

Welding seam preparation should preferably be carried out using mechanical methods through lathing, milling or planing. Abrasive waterjet cutting or plasma cutting is also possible. In the latter case, however, the cut edge (seam flank) must be cleanly reworked. Careful grinding without overheating is also permissible.

Striking the arc

The arc should only be struck in the seam area, such as on the weld edges or on an outlet piece, and not on the component surface. Scaling areas are areas in which corrosion more easily occurs.

Included angle

Compared to C-steels, nickel alloys and special stainless steels exhibit lower heat conductivity and greater heat expansion. These properties must be taken into account by larger root openings or root gaps (1 to 3 mm, 0.039 to 0.118 in). Due to the viscosity of the welding material (compared to standard austenites) and the tendency to shrink, opening angles of 60 to 70° – as shown in Figure 5 – have to be provided for butt welds.

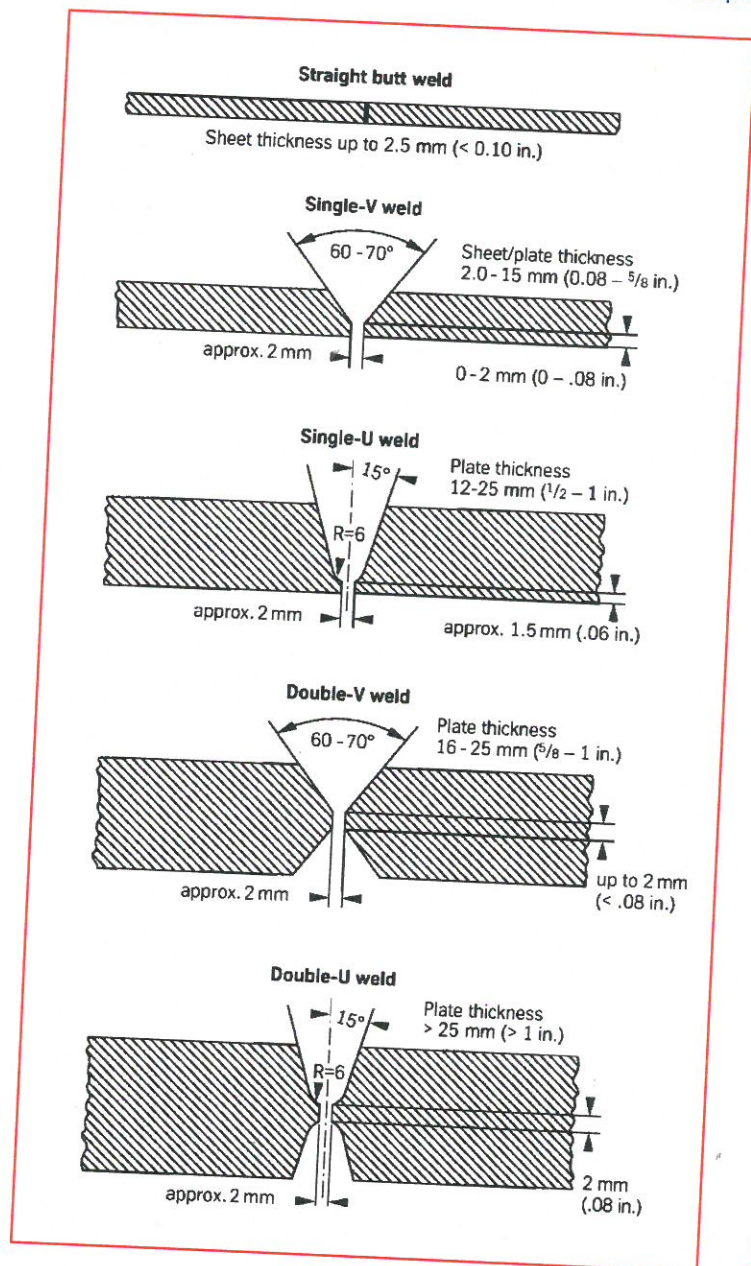


Figure 5 – Seam preparation for welding nickel alloys and special stainless steels

Cleaning

Cleaning of the base material in the seam area (both sides) and the welding filler (e.g. welding rod) should be carried out using acetone.

Welding technique

VDM® Alloy 31 can be welded using conventional processes with metals of the same type as well as many other metals. This includes GTAW (TIG), GMAW (MIG/MAG) and plasma welding. Pulsed arc welding is preferred for gas-shielded welding processes. The use of a multi-component shielding gas (Ar + He + H₂ + CO₂) is recommended for the MAG processes. For welding, VDM® Alloy 31 should be in a solution-annealed condition and free of scale, grease and mark-

ings. When welding the root, care should be taken to achieve best quality root protection using pure argon (argon 4.6) so that the welding edge is free of oxides after welding the root. Root protection is also recommended for the first and, in certain cases depending on the welded construction, also for the second intermediate layer weld after root welding. Any tempering colors must be removed while the welding edge is still hot, preferably using a stainless steel brush.

Welding filler

The use of the following fillers is recommended for gas-shielded welding methods:

Welding rods and wire electrodes:

VDM® FM 59 (material no. 2.4607)
UNS N06059 AWS A5.14: ERNiCrMo-13
DIN EN ISO 18274: S Ni 6059 (NiCr23Mo16)

or

VDM® FM 31 (material no. 1.4562)
UNS N08031
DIN EN ISO 18274: X1 NiCrMoCu32-28-7

The use of coated electrodes is possible.

Welding parameters and influences

It must be ensured that work is carried out using targeted heat application and low heat input as listed in Table 6 as an example. The stringer bead technique is recommended. The interpass temperature should not exceed 120 °C (248 °F). In principle, checking of welding parameters is necessary.

Heat input Q can be calculated as follows:

$$Q = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1,000} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{cm}} \right)$$

U = arc voltage, volts

I = welding current strength, amperes

v = welding speed, cm/min

Post-treatment

For the optimal performance of the work, insert the brush immediately after welding, i.e., while still warm, without additional pickling to the desired surface condition, i.e., discoloration can be removed completely. Pickling, if required, should generally be the last operation in the welding process. Information contained in the section entitled "Descaling and pickling" must be observed. Heat treatments are normally not required before or after welding.

Stabilizing annealing should be carried out on semi-finished products that have already been used at temperatures of between 600 and 650 °C (1,112 and 1,202 °F) before they are used in this critical temperature range again after a repair welding.

Thickness (mm)	Welding technique	Filler material		Root pass ¹⁾		Intermediate and final passes		Welding speed (cm/min)	Shielding gas	
		Diameter (mm)	Speed (m/min)	I in (A)	U in (V)	I in (A)	U in (V)		Type	Rate (l/min)
3	manual TIG	2	-	90	10	110-120	11	15	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
6	manual TIG	2-2.4	-	100-110	10	120-140	12	14-16	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
8	manual TIG	2.4	-	100-110	11	130-140	12	14-16	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
10	manual TIG	2.4	-	100-110	11	130-140	12	14-16	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
3	autom. TIG ²⁾	1.2	1.2	-	-	150	11	25	I1, R1 mit max. 3% H2	12-14
5	autom. TIG ²⁾	1.2	1.4	-	-	180	12	25	I1, R1 mit max. 3% H2	12-14
2	autom. TIG HD ²⁾	1	-	-	-	180	11	80	I1, R1 mit max. 3% H2	12-14
10	autom. TIG HD ²⁾	1.2	-	-	-	220	12	40	I1, R1 mit max. 3% H2	12-14
4	Plasma ³⁾	1.2	1	180	25	-	-	30	I1, R1 mit max. 3% H2	30
6	Plasma ³⁾	1.2	1	200-220	26	-	-	26	I1, R1 mit max. 3% H2	30
8	GMAW ⁴⁾	1	6-7	-	-	130-140	23-27	24-30	I1	18
10	GMAW ⁴⁾	1.2	6-7	-	-	130-140	23-27	25-30	I1	18

¹⁾ It must be ensured that there is sufficient root protection, for example using Ar 4.6, for all inert gas welding processes.

²⁾ The root pass should be welded manually (see manual TIG).

³⁾ Recommended plasma gas Ar 4.6 / rate 3.0 to 3.5 l/min

⁴⁾ For MAG welding the use of multicomponent inert gases is recommended.

Section energy kJ/cm:

autom. TIG HD max. 6; manual TIG, GMAW manual, autom. max. 8; Plasma max. 10

Figures are for guidance only and are intended to facilitate setting of the welding machines.

Table 6 – Welding parameters

Availability

VDM® Alloy 31 is available in the following standard semi-finished forms:

Sheet

Delivery condition: Hot- or cold-rolled, heat-treated, de-scaled or pickled

Condition	Thickness mm (in)	Width mm (in)	Length mm (in)	Piece weight Kg (lb)
Cold rolled	1-7 (0.04-0.28)	≤ 2,500 (98.43)	≤ 12,500 (492.13)	
Hot rolled*	3-60 (0.12-2.36)	≤ 2,500 (98.43)	≤ 12,500 (492.13)	≤ 1,650 (3,637.63)

* 2 mm (0.08 in) thickness on request

Strip

Delivery condition: Cold-rolled, heat-treated, pickled or bright annealed

Thickness mm (in)	Width mm (in)	Coil - inside diameter mm			
0.02-0.15 (0.0008-0.006)	4-230 (0.16-9.06)	300	400	500	—
0.15-0.25 (0.006-0.01)	4-720 (0.16-28.34)	300	400	500	—
0.25-0.6 (0.01-0.024)	6-750 (0.24-29.5)	—	400	500	600
0.6-1 (0.024-0.04)	8-750 (0.32-29.5)	—	400	500	600
1-2 (0.04-0.08)	15-750 (0.6-29.5)	—	400	500	600
2-3 (0.08-0.12)	25-750 (0.98-29.5)	—	400	500	600

Rolled sheet – separated from the coil – are available in lengths from 250 to 4,000 mm (9.84 to 157.48 in).

Rod

Delivery condition: Forged, rolled, drawn, heat-treated, oxidized, de-scaled or pickled, twisted, peeled, ground or polished

Dimensions*	Outside diameter mm (in)	Length mm (in)
General dimensions	6-800 (0.24-31.50)	1,500-12,000 (59.06-472.44)
Material specific dimensions	10-400 (0.39-15.75)	1,500-12,000 (59.06-472.44)

* Further dimensions on request

Wire

Delivery condition: Drawn bright, ¼ hard to hard, bright annealed in rings, containers, on spools and headstocks

Drawn mm (in)	Hot rolled mm (in)
0.16-10 (0.006-0.4)	5.5-19 (0.22-0.75)

Publications

The following technical literature has been published about the material VDM® Alloy 31:

- U. Heubner et al: Alloy 31, A New High-Alloyed Nickel-Chromium-Molybdenum Steel for the Refinery Industry and Related Applications; CORROSION 1991, Paper No. 321, NACE International, Houston, 1991.
- M. Rockel und W. Herda: Zwei neue hochlegierte austenitische Sonderstähle mit höherem Molybdäengehalt und Stickstoffzusätzen; Reprint from Stahl '92, Vol. 1, March 1992.
- F. White: Superaustenitic stainless steels; Stainless Steel Europe, October 1992.
- U. Heubner: Neue Werkstoffe für den Apparatebau; Chemische Produktion, Vol. 11, November 1992.
- M. Jasner, U. Heubner: Alloy 31, a New 6 Mo Stainless Steel with Improved Corrosion Resistance in Seawater; CORROSION 1995, Paper No. 279, NACE International, Houston, 1995.
- R. Kirchheiner, F. White, G. K. Grossmann: Nicrofer 3127 hMo – alloy 31: Ein austenitischer Sonderedelstahl – Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung in der Chemie und Umweltindustrie; Stainless Steel, 70 – 72 (1996).
- U. Heubner, T. Hoffmann, M. Köhler: Neue Werkstoffe für die Chemische Verfahrenstechnik mit besonderen Anforderungen an den Apparatebau; Materials and Corrosion 48, 785 – 790 (1997).
- C. Voigt, G. Riedel, H. Werner, M. Köhler: Kühlwasserseitige Korrosionsbeständigkeit von metallischen Werkstoffen zur Handhabung von Schwefelsäure; Materials and Corrosion 49, 489 – 495 (1998).
- R. Mast, I. Rommerskirchen, L. Schambach, U. Brill: Alloy 31 – A high-alloyed Ni-Cr-Mo steel. Properties and applications for the process industry; Kovine, Zliti, Technologie 32, 481 – 485 (1998).
- F. White, E. M. Jallouli, A. Moustaqssa, D. C. Agarwal: Experience with Nicrofer 3127 hMo – alloy 31: A cost effective alloy in extensive use in the phosphoric acid industry; Conference on Phosphate Technology, 1 – 12 (1999).
- J. Klöwer, H. Schlerkmann, R. Pöpperling: H₂S-resistant materials for oil and gas production; CORROSION 2001, Paper No. 01004, NACE International, Houston, 2001.
- U. Heubner, J. Klöwer et al.: Nickelwerkstoffe und hochlegierte Sonderedelstähle; expert Verlag; 3., neu bearbeitete Auflage, 2002; ISBN 3-8169-1885-9.
- D.C. Agarwal: Application case histories of Ni-Cr-Mo and 6 Mo alloys in the petrochemical and chemical process industries; Stainless Steel World, May 2002.
- H. Decking, G. K. Grossmann: Verarbeitungshinweise für austenitische Edelmetalle und Nickelbasislegierungen; ThyssenKrupp VDM GmbH, Werdohl Publikation N 579, Juni 2002.
- D.C. Agarwal: Phosphoric Acid Production for Fertilizer Applications; Stainless Steel World, September 2002.
- D. C. Agarwal: Alloy 31 - A Cost Effective Super 6 Mo Alloy for Solving Corrosion Problems in Process Industries; CORROSION 2004, Paper No. 04225, NACE International, Houston, 2004.
- M. Weltschew, R. Baessler, H. Werner, R. Behrens: Suitability of more noble materials for tanks for transport of dangerous goods; CORROSION 2004, Paper No. 04228, NACE international, Houston, 2004.
- D.C. Agarwal: Phosphoric Acid Production: Corrosion Problems - Alloys - Solutions - Case histories; AIChE Annual Conference, Clearwater, Florida, 2004.
- R. Behrens: Korrosionsbeständige Werkstoffe für die Öl- und Gasindustrie Seminar: Hochlegierte nichtrostende Stähle und Nickellegierungen in der Prozesstechnik; IKS Dresden, October 2004.
- D.C. Agarwal: High-chromium alloy resists aqueous corrosion; Advanced Materials & Processes, November 2004.

D.C. Agarwal, H. Alves, M.B. Rockel: Nicrofer 3127 hMo – alloy 31 (N08031) a new superaustenitic special stainless steel for chemical process technology and other process industries; VDM Case History 6, July, 2005.

H. Alves, D. C. Agarwal, F. Stenner, A. Hoxa: Alloys suitable for phosphoric acid applications; CORROSION 2006, Paper No. 06221, NACE International, Houston, 2006.

H. Alves, D. C. Agarwal, H. Werner: Corrosion performance and applications of alloy 31 and alloy 59 in sulfuric acid media; CORROSION 2006, Paper No. 06222, NACE International, Houston, 2006.

Legal notice

22 November 2016

Publisher

VDM Metals International GmbH
Plettenberger Strasse 2
58791 Werdohl
Germany

Disclaimer

All information contained in this data sheet is based on the results of research and development work carried out by VDM Metals International GmbH and the data contained in the specifications and standards listed available at the time of printing. The information does not represent a guarantee of specific properties. VDM Metals reserves the right to change information without notice. All information contained in this data sheet is compiled to the best of our knowledge and is provided without liability. Deliveries and services are subject exclusively to the relevant contractual conditions and the General Terms and Conditions issued by VDM Metals. Use of the most up-to-date version of this data sheet is the responsibility of the customer.

VDM Metals International GmbH
Plettenberger Strasse 2
58791 Werdohl
Germany

Phone +49 (0)2392 55 0
Fax +49 (0)2392 55 22 17

vdm@vdm-metals.com
www.vdm-metals.com