

A close-up photograph of a heavy-duty metal assembly. The image shows a central vertical metal rod or pin passing through a horizontal metal plate. The plate has several circular holes, some of which contain bolts. The metal surfaces are dark and show signs of wear and use. The lighting is dramatic, highlighting the textures and metallic sheen of the components.

HARDOX[®]

WELDOX[®]

ohýbanie / strihanie

SSAB
OXELÖSUND

Táto publikácia sa zaoberá ohýbaním a strihaním konštrukčných ocelí WELDOX® a oteruvzdorných ocelí HARDOX®. V týchto typoch ocelí sme spojili vysokú pevnosť s vysokou čistotou a dodržiavame presné tolerancie hrúbky. Vďaka tomu je oceľ vhodná na ohýbanie za studena.

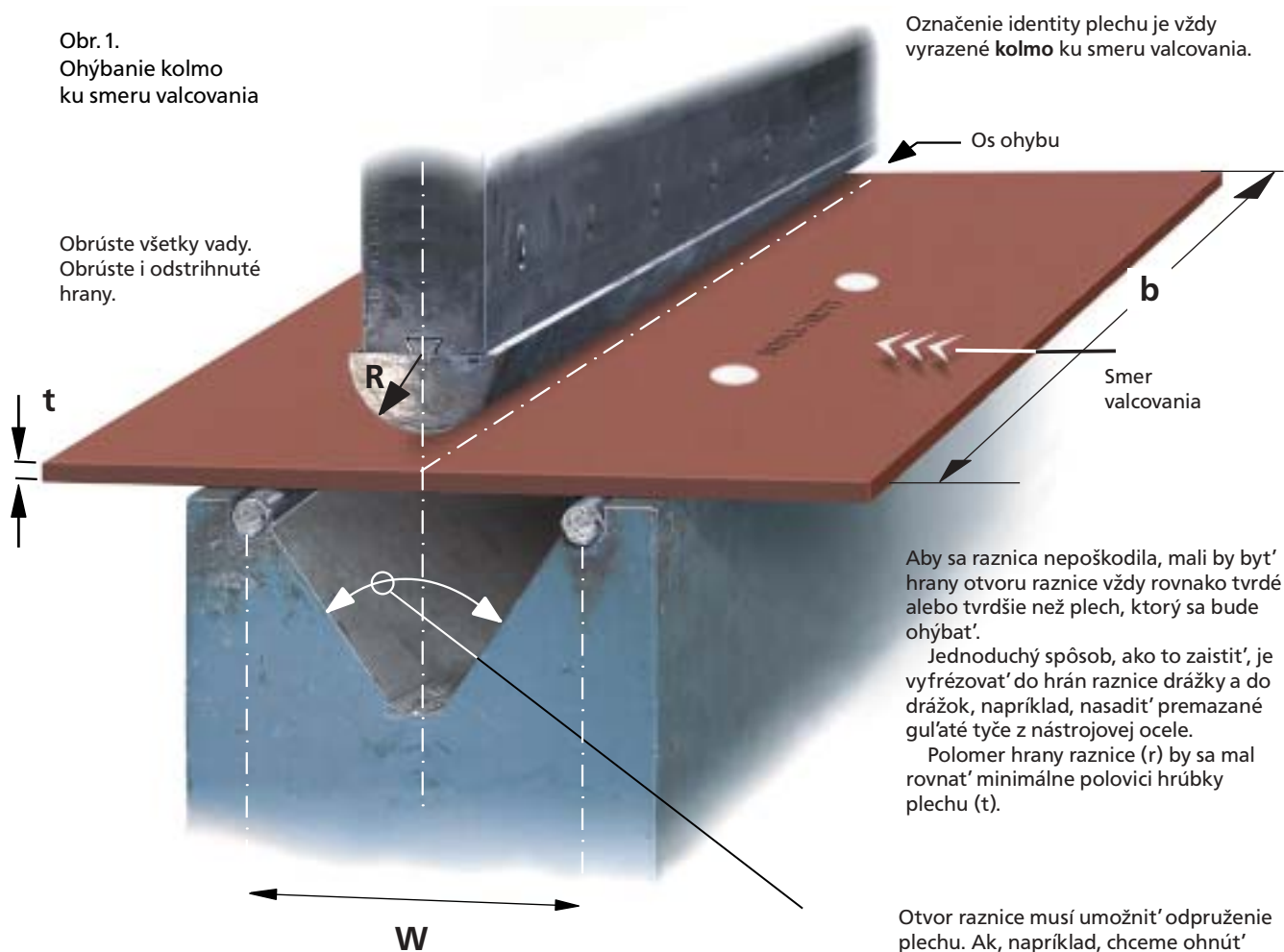
Ďalej nasledujú naše odporúčania pre zaistenie optimálnych výsledkov pri ohýbaní a strihaní našich konštrukčných a oteruvzdorných ocelí.

Ohýbanie

V tejto kapitole sa budeme venovať voľnému ohýbaniu, aj keď je samozrejme možné použiť i skružovanie. Výsledky ohýbania závisia od mnohých činiteľov, ktoré sme rozdelili do troch kapitol: plech, nástroje a postup. Problematika jednotlivých činiteľov je popísaná na strane 3 a 4. Na týchto stranách uvádzame i niekoľko spracovaných príkladov.

V tabuľke 4 na poslednej strane sú uvedené mechanické vlastnosti materiálov.

Obr. 1.
Ohýbanie kolmo
ku smeru valcovania



Na výsledky ohýbania má vplyv plech, použité nástroje a postup:

PLECH

– Akosť ocele

Všimnite si, že so zvyšujúcou sa pevnosťou plechu sa zvyšuje sila ohnutia a odpruženia plechu (Bežné hodnoty pevnosti v ťahu sú uvedené v tab. 4).

Takže čím je plech pevnejší a tvrdší,

- tým vyššia je sila nutná k ohnutiu plechu
- tým väčšie bude odpruženie plechu
- tým väčší je raziaci uhol, ktorý je pre ohnutie plechu potrebný
- tým väčšia je šírka otvoru raznice, potrebná k ohnutiu plechu

– Povrch plechu

Naše odporúčania platí pre otryskaný plech s antikoroziou náterom. Neotryskané plechy je možné ohýbať na o niečo menšie polomery. Na ohýbatelnosť plechu môžu mať značný nepriaznivý vplyv vady povrchu a rez na tej strane plechu, ktorá bude počas ohýbania vystavená ťahu. V kritických prípadoch je nutné tieto vady obrúsiť.

– Hrany plechu

Pálené alebo strihané hrany je nutné zbaviť nerovností, vzniknutých pri pálení, a obrúsiť.

– Hrúbka plechu (t)

Spravidla je možné tenší plech ohnúť na menší polomer. Vid' tab. 1.

– Smer valcovania plechu

Plech je možné ohýbať na menšie polomery skôr kolmo k smeru valcovania než v smere valcovania. Vid' obr. 1 a tab. 1.

– Dĺžka ohýbania (b)

Pokiaľ je dĺžka plechu (vid' obr. 1) menšia než desaťnásobok hrúbky plechu, je možné plech často ohnúť na menší priemer, než sú hodnoty uvedené v tabuľke 1.

NÁSTROJE

– Razný uhol (R)

Pri ohýbaní plechov HARDOX a WELDOX je najdôležitejším. Činiteľom správny razný polomer (Vid' obr. 1).

V prípade mäkkších ocelí (až do plechu WELDOX 500 vrátane) odporúčame ohýbať plech pri raznom polomere rovnakom alebo trochu menšom, než je požadovaný polomer ohybu.

U tvrdších ocelí odporúčame ohýbať plech pri raziacom polomere rovnakom alebo trochu väčšom než je požadovaný polomer ohybu.

V tab. 1 je uvedený odporúčaný minimálny raziaci polomer, pri ktorom plech ohýbaný na 90° nepraskne.

Pokračovanie ▷

Tab. 1.

Minimálny odporúčaný raziaci polomer (R) šírka otvoru (W) pre plech s hrúbkou (t) v prípade ohýbania plechu na 90° v smere valcovania a kolmo na smer valcovania, i s príslušnou hodnotou odpruženia plechu.

	Hrúbka [mm]	Kolmo R/t	V smere R/t	Kolmo W/t	V smere W/t	Odpruženie [°]
EN10025 (S355)		2,5	3,0	7,5	8,5	3-5
EUROX 355		1,0	1,5	6,0	7,5	3-5
WELDOX 420/500		1,0	1,5	6,0	7,5	3-6
WELDOX 700	t < 8	1,5	2,0	7,0	8,5	6–10
	8 ≤ t < 20	2,0	3,0	7,0	8,5	
	t ≥ 20	3,0	4,0	8,5	10,0	
WELDOX 900/960	t < 8	2,5	3,0	8,5	10,0	8–12
	8 ≤ t < 20	3,0	4,0	8,5	10,0	
	t ≥ 20	4,0	5,0	10,0	12,0	
WELDOX 1100 *	t < 8	3,5	4,0	10,0	10,0	11–18
	8 ≤ t < 20	4,0	5,0	10,0	12,0	
	t ≥ 20	5,0	6,0	12,0	14,0	
HARDOX 400	t < 8	2,5	3,0	8,5	10,0	9–13
	8 ≤ t < 20	3,0	4,0	10,0	10,0	
	t ≥ 20	4,5	5,0	12,0	12,0	
HARDOX 450 *	t < 8	3,5	4,0	10,0	10,0	11–18
	8 ≤ t < 20	4,0	5,0	10,0	12,0	
	t ≥ 20	5,0	6,0	12,0	14,0	
HARDOX 500 *	t < 8	4,0	5,0	10,0	12,0	12–20
	8 ≤ t < 20	5,0	6,0	12,0	14,0	
	t ≥ 20	7,0	8,0	16,0	18,0	

*) Pri ohýbaní plechov HARDOX 450, HARDOX 500 a WELDOX 1100 je treba postupovať veľmi opatrne. Tieto plechy majú vysokú pevnosť a na ohnutie je potrebná veľká sila. Pokiaľ plech praskne, kusy materiálu odletia v smere ohýbania. Preto pri ohýbaní obsluha a všetci ostatní pracovníci nesmú stáť pred strojom a mali by sa postaviť stranou.

NÁSTROJE (pokračovanie)

– Šírka otvoru raznice (W)

V tab. 1 je uvedený odporúčaný minimálny otvor raznice pre minimálne odpruženie. Pokiaľ sa táto šírka zvýši, zníži sa značne i ohýbacia sila a otláčenie, avšak na úkor väčšieho odpruženia plechu.

Všimnite si, že uhol otvorenia musí byť natol'ko malý, aby umožnil dostatočné prehnutie. (Vid' obr. 1 a tab. 1). V prípade skružovania bude odpruženie oveľa väčšie, ako sú hodnoty uvedené v tabuľkách.

POSTUP OHÝBANIA

– Trenie

Hrany raznice musia byť čisté a nepoškodené. Potrebnú silu ohybu je možné znížiť tak, že sa ako hrany raznice použijú rotujúce guľaté tyče, prípadne sa hrany raznice namastia. Takto sa zníži riziko prasknutia.

– Uhol ohybu

Odporúčané hodnoty v tab. 1 platia pre ohýbanie na uhol 90°. Pokiaľ je uhol ohybu menší, je možné použiť raznicu s menším polomerom, než je uvedené v tabuľke.

Všimnite si, že uhol ohybu má na potrebnú silu a odpruženie plechu menší vplyv ako napríklad šírka otvoru raznice a akosť ocele.

Odpruženie plechu je možné kompenzovať prehnutím o rovnaký počet stupňov.

– Sila ohybu (P)

Potrebnú silu ohybu je možné odhadnúť podľa tohto vzorca. Sila vychádza v tonách (1 tona zodpovedá 10 kN) s presnosťou ±20%, a to za predpokladu, že všetky rozmery sú v mm. Použité symboly sú uvedené na obr. 1. Hodnotu pevnosti plechu v ťahu R_m zistíte z tab. 4.

$$P = \frac{1,6 \times b \times t^2 \times R_m}{10000 \times W}$$

Ak je polomer raziaceho trhu pre ohýbanie plechu omnoho väčší ako polomer uvedený v tab. 1, potrebná sila môže byť väčšia než hodnota, ktorá vychádza z tohto vzorca, pokiaľ nezvýšite primerane šírku otvoru raznice.

Príklad 1:

Ohýbaci lis dokáže ohnúť len 20 mm silný oceľový plech EN 10025 (S 355), (11 523 podľa ČSN) v raznici s otvorom širokým 150 mm.

Pokiaľ sa použije rovnaká raznica a pokiaľ je dĺžka ohybu rovnaká, aký hrubý bude plech HARDOX 400, ktorý lis dokáže ohnúť?

Sila ohybu by mala byť rovnaká. Bude sa líšiť len hrúbka plechu (t) a pevnosť v ťahu (R_m). Keď do vzorca dosadíme hodnoty a rovnicu zjednodušíme, dostaneme:

$$20^2 \times 550 = t^2 \times 1250$$

Hrúbka (t) plechu HARDOX bude 13,3 mm

Pomer W/t pre plech HARDOX bude teda 150/13,3 = 11,3, čo podľa tab. 1 stačí.

Príklad 2:

Je treba ohnúť plech a vyrobiť tak 2000 mm dlhú konzolu. Sú dve možnosti:

- 10 mm silný plech EN 10025 (S 355), (11 523 podľa ČSN) s bežnou pevnosťou v ťahu 550 N/mm², alebo
- 7 mm hrubý plech WELDOX 700 s bežnou pevnosťou v ťahu 860 N/mm²

V oboch prípadoch sa použije dostupná raznica so šírkou otvoru 100 mm. Aká sila lisu je potrebná pre obe akosti ocelí?

Pre 11 523

$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 10 \times 10 \times 550}{10000 \times 100} = 176 \text{ ton}$$

Pre WELDOX 700

$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 7 \times 7 \times 860}{10000 \times 100} = 135 \text{ ton}$$

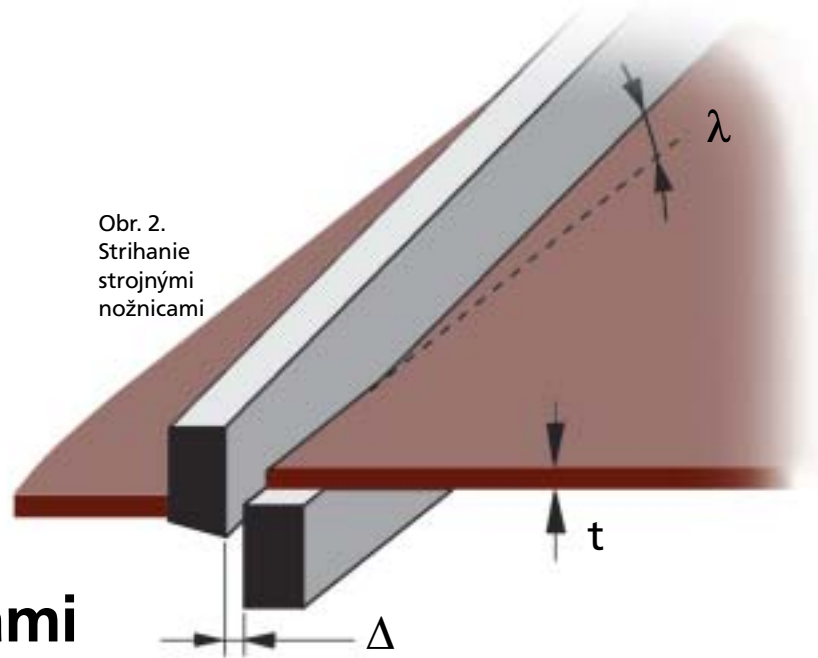
Nakol'ko hrúbka plechu má väčší vplyv než pevnosť, tak sila potrebná pre ohnutie plechu WELDOX bude v tomto konkrétnom prípade menšia.

	Hrúbka plechu, mm			
	10	20	30	60
S 355 / EUROX 355	10	20	30	60
WELDOX 700	8	16	24	48
WELDOX 900 / 960	7	14	21	42
HARDOX 400	6	13	19	38
	↓	↓	↓	↓
Sila ohybu na meter [tony]	120	240	330	660
... pri šírke otvoru raznice (W), [mm]	75	150	240	480

Tab. 2

V tabuľke sú uvedené hrúbky plechu, pre ktoré je potrebná rovnaká sila ohybu na meter dĺžky ohybu so šírkou otvoru raznice (W) podľa tabuľky.

Obr. 2.
Strihanie
strojnými
nožnicami



Strihanie strojnými nožnicami

Ocele s vysokou pevnosťou je možné i strihať. Spravidla, čím je vyššia pevnosť v ťahu, tým vyššia sila je pre strihanie potrebná. So zvyšujúcou sa pevnosťou v ťahu sa zvyšuje i opotrebenie nástrojov. Preto neodporúčame strihať WELDOX 1100, HARDOX 450 a ocele s vyššou pevnosťou.

Predpokladom pre úspešné strihanie plechov s vysokou pevnosťou sú vhodné nástroje a správne nastavenie parametrov pre strihanie. Nezabudnite, že nami navrhované parametre sú len všeobecné odporúčané hodnoty. V praxi má na voľbu parametrov vplyv stabilita stroja a stav nožov.

Nože

Nože by mali byť tvrdé a ostré. Hrany nožov by mali byť mierne zaoblené.

Vôľa, Δ

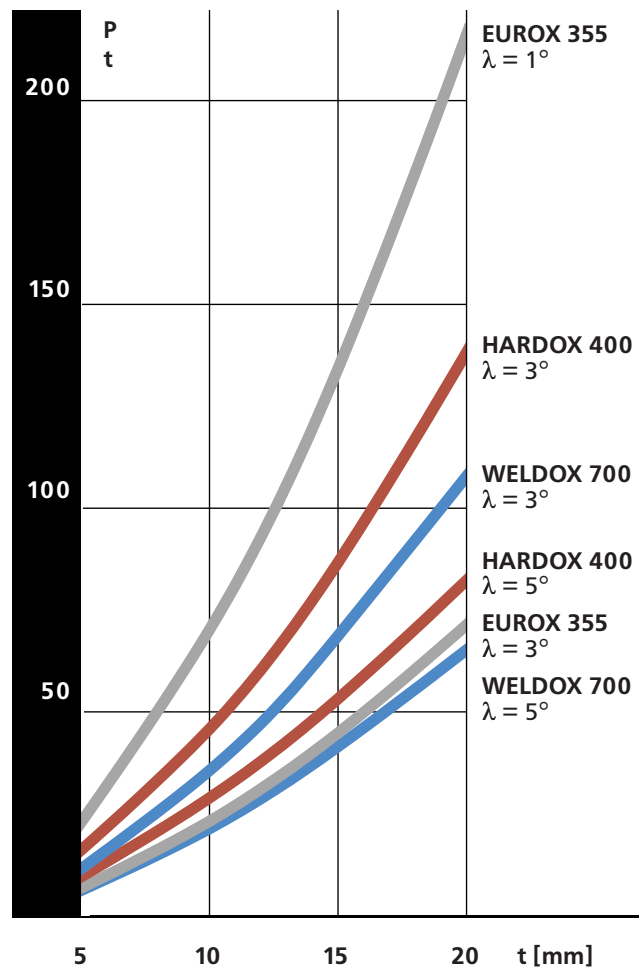
Vôľa je najdôležitejší parameter potrebný pre dosiahnutie správnych výsledkov. So zvyšujúcou sa pevnosťou v ťahu by sa mala zvyšovať i vôľa medzi pohyblivou a pevnou čepelou (vid' obr. 3). Pokiaľ nie je vôľa nastavená správne, plochy budú zle ostrihané a pri následnom ohýbaní alebo zvarovaní môže plech prasknúť.

Uhol čela noža, λ

Čím je uhol čela noža väčší, tým je menšia strižná sila, a to i preto, že sa zvýši nebezpečie, že plech po strane sklzne alebo že sa odstrihnutý plech deformuje (skrúti). Spravidla pri strihaní plechu s vysokou pevnosťou by sa uhol čela noža mal zvýšiť. Vid' ďalej obr. 2 a tab. 3.

Strižná sila, P

Pre daný uhol čela čepele strižná sila lineárne rastie so zvyšujúcou sa pevnosťou plechu. Vid' obr. 3 a tab. 4.



Obr. 3 Strižná sila ako funkcia hrúbky a uhlu čela noža λ

Tab. 3.
Hodnoty vôle a uhlu čela noža pre rôzne typy plechov

	Vôľa, Δ v % t	Uhol čela čepele, λ [°]
EUROX 355	8–10	1–5
WELDOX 420	8–10	1–5
WELDOX 500	9–12	2–5
WELDOX 700	12–15	3–5
WELDOX 900	14–16	3–5
WELDOX 960	14–16	3–5
HARDOX 400	16–18	3–5

Tab. 4.
Mechanické vlastnosti

	Pevnosť v ťahu R_m [N/mm ²]	Predĺženie A_5 [%]	Tvrdosť [HBW]
EN10025 (S355)	550	28	~ 180
EUROX 355	525	28	~ 170
WELDOX 420	550	23	~ 180
WELDOX 500	620	20	~ 200
WELDOX 700	860	17	~ 260
WELDOX 900	1030	15	~ 315
WELDOX 960	1050	15	~ 325
WELDOX 1100	1350	11	~ 430
HARDOX 400	1250	10	~ 400
HARDOX 450	1400	9	~ 450
HARDOX 500	1550	8	~ 500

Pokiaľ potrebujete ďalšie informácie, kontaktujte prosím naše Technické oddelenie služieb zákazníkom.

Táto publikácia o *Ohýbaní a strihaní* plechov patrí do sady publikácií, ktoré obsahujú informácie a odporúčania na použitie plechov HARDOX a WELDOX. K dispozícii sú tiež brožúry *Zvarovanie* a *Obrábanie*. Tieto publikácie si môžete vyžiadať na našom oddelení pre komunikáciu so zákazníkmi.



SSAB Oxelösund AB
SE-613 80 Oxelösund
Sweden
Tel. +46 155 25 40 00
Fax +46 155 25 40 73
www.ssabox.com

WINFA s.r.o.
Skladová 2/A
917 00 Trnava, Slovakia
Tel./fax: 00421 / 33 / 5545475, 5545570
Fax: 00421 / 33 / 5545475
www.winfa.sk