

A detailed close-up photograph of a metal bending operation. A thick metal plate is being bent around a semi-circular die. The metal surface shows signs of wear and machining marks. The background is a blurred industrial setting with various metal components and bolts.

HARDOX®
WELDOX®

pliage / cisailage

SSAB
OXELÖSUND

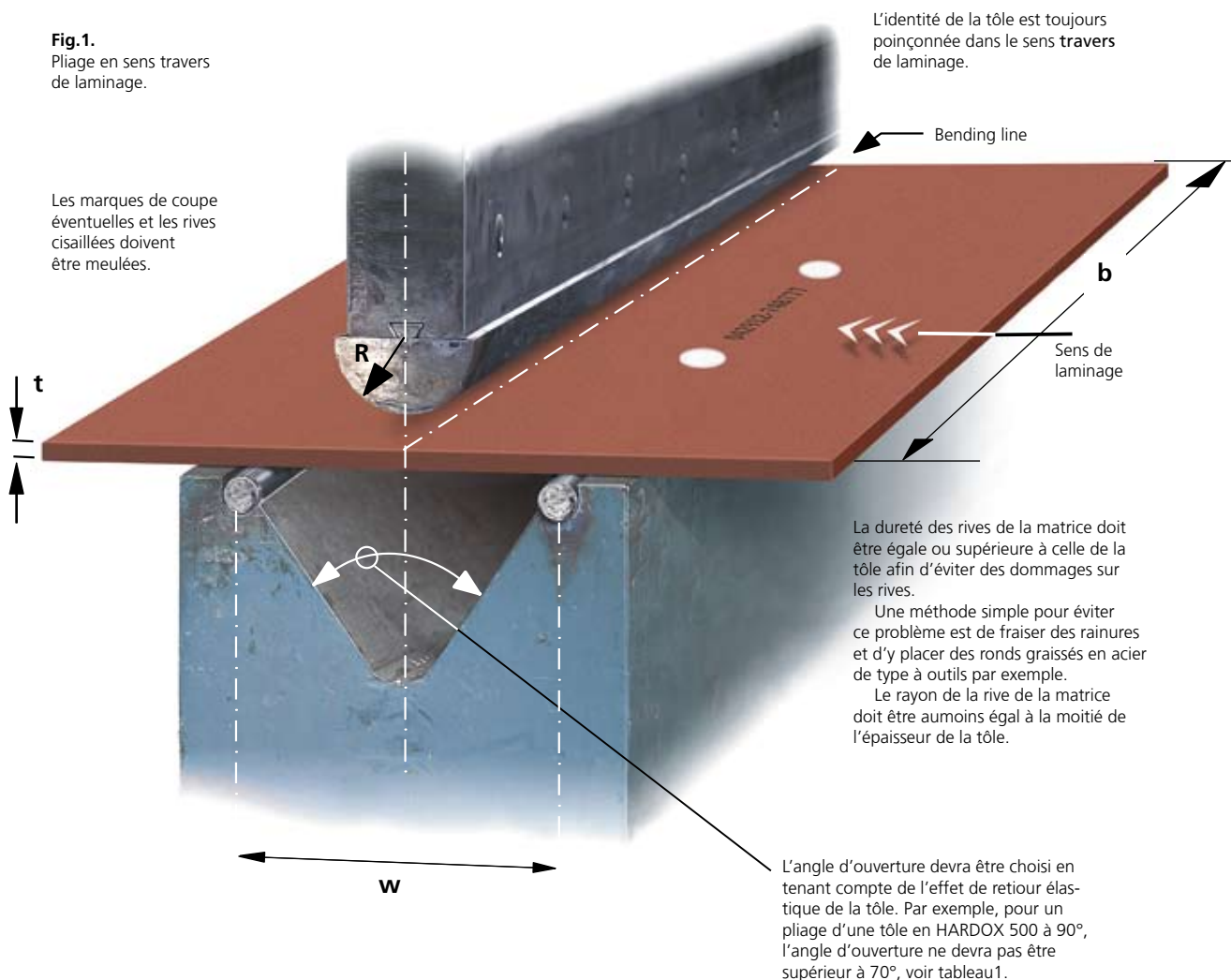
Cette brochure traite du pliage libre et du cisailage des tôles d'usure HARDOX® et des tôles de construction WELDOX®. Ces deux aciers se caractérisent par une haute limite d'élasticité associée à une haute pureté ainsi qu'à des tolérances serrées en épaisseur, autant de propriétés assurant à ces aciers une bonne aptitude au pliage à froid.

Vous trouverez ci-dessous des recommandations qui vous permettront d'obtenir les meilleurs résultats de pliage et de cisailage de nos tôles d'usure et à haute limite d'élasticité.

Pliage

Ce chapitre décrit la méthode de pliage libre mais nos tôles peuvent bien entendu également être cintrées. La qualité du pliage est fonction de plusieurs facteurs que nous avons rassemblés sous trois rubriques: la tôle, l'outil et l'exécution. Nous exposons ces facteurs pages 3 et 4 où vous trouverez également des exemples de calcul.

Les caractéristiques types des différentes nuances sont indiquées dans le tableau 4 à la dernière page.



La qualité du pliage est fonction de la tôle, de l'outil et de l'exécution:

LA TOLE

– Nuance d'acier

Observer que l'effort de pliage et l'effet ressort augmentent en fonction de la résistance de la tôle. (Voir valeurs types de limite de rupture, tableau 4.)

Ainsi, plus la résistance et la dureté de la tôle sont élevées ...

- plus important devra être l'effort de pliage
- plus important sera l'effet ressort
- plus grand devra être le rayon du poinçon
- plus grande devra être l'ouverture de la matrice

– Etat de surface de la tôle

Nos recommandations s'appliquent aux tôles grenaillées et revêtues d'une protection anticorrosion. Les tôles non traitées peuvent être pliées dans des rayons légèrement plus petits. Les défauts de surface et la corrosion sur la face de tôle subissant l'étrépage peuvent réduire considérablement son aptitude au pliage. Dans les cas critiques, ces défauts devront être éliminés par meulage.

– Rives des tôles

Les rives coupées et cisailées doivent être ébarbées et chanfreinées à la meulées.

– Epaisseur de tôle (t)

Les tôles de faibles épaisseurs autorisent normalement des rayons de pliage inférieurs. Voir tableau 1.

– Sens de laminage de la tôle

Comparé à un pliage en sens long, une tôle peut être pliée dans des rayons plus petits lorsque la ligne de pliage est dans le sens travers de laminage. Voir figure 1 et tableau 1.

– Longueur de pliage (b)

Si la longueur de pliage (voir fig. 1) est inférieure à 10 fois l'épaisseur de la tôle, le pliage pourra souvent être effectué dans des rayons plus petits que ceux indiqués au tableau 1.

L'OUTIL

– Rayon du poinçon (R)

Le choix du rayon du poinçon est prépondérant pour le pliage de HARDOX et de WELDOX. (Voir figure 1.)

Pour les nuances d'acier plus doux, jusqu'à WELDOX 500 y compris, nous recommandons un rayon de poinçon égal ou légèrement inférieur au rayon de pliage désiré.

Tandis que pour les aciers à résistance plus élevée, nous recommandons un rayon de poinçon égal ou légèrement supérieur au rayon de pliage désiré.

Le tableau 1 indique les rayons de poinçon minimum recommandés pour éviter la formation de fissures pour un pliage à 90°.

suite ➤

Tableau 1

Rayons de poinçon minimum recommandés (R) et ouvertures de matrice (W) en fonction de l'épaisseur de tôle (t) pour pliage à 90° en sens travers et en sens long de laminage avec l'effet ressort résultant.

	Epaisseur [mm]	Sens travers R/t	Sens long R/t	W/t	Sens long W/t	Effet ressort [°]
S 355 selon EN 10025		2,5	3,0	7,5	8,5	3-5
WELDOX 700	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	1,5 2,0 3,0	2,0 3,0 4,0	7,0 7,0 8,5	8,5 8,5 10,0	6-10
WELDOX 900/960	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	2,5 3,0 4,0	3,0 4,0 5,0	8,5 8,5 10,0	10,0 10,0 12,0	8-12
WELDOX 1030	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,0 3,5 4,5	3,5 4,5 5,5	9,0 9,0 11,0	10,0 11,0 13,0	10-32
WELDOX 1100*	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,5 4,0 5,0	4,0 5,0 6,0	10,0 10,0 12,0	10,0 12,0 14,0	11-18
WELDOX 1300*	t < 6 6 ≤ t < 10	3,5 4,0	4,0 5,0	10,0 12,0	12,0 14,0	12-45
HARDOX 400	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	2,5 3,0 4,5	3,0 4,0 5,0	8,5 10,0 12,0	10,0 10,0 12,0	9-13
HARDOX 450*	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,5 4,0 5,0	4,0 5,0 6,0	10,0 10,0 12,0	10,0 12,0 14,0	11-18
HARDOX 500*	t < 8 8 ≤ t < 20 t ≥ 20	4,0 5,0 7,0	5,0 6,0 8,0	10,0 12,0 16,0	12,0 14,0 18,0	12-2

*) Pour le pliage des tôles HARDOX 450, HARDOX 500, WELDOX 1100 et WELDOX 1300, des précautions particulières devront être observées en raison de leur haute résistance et de l'important effort de pliage requis. En effet, il existe certains risques de projection de fragments dans le sens du pliage dans le cas où la tôle se fissurerait. Pour cette raison, l'opérateur ou toute autre personne devra se tenir sur le côté de la machine et non dans l'alignement du pliage.

L'OUTIL (suite)

– Ouverture de la matrice (W)

Le tableau 1 indique l'ouverture de matrice minimum recommandée pour obtenir le plus faible effet ressort possible. Il est certain qu'une plus grande ouverture permet de réduire la force appliquée et de limiter les éventuelles empreintes mais l'effet ressort sera alors plus important.

Observer que l'angle d'ouverture de la matrice devra être choisi afin de permettre un surpliage suffisant, voir figure 1 et tableau 1. Lors du cintrage, l'effet ressort sera considérablement plus important que celui indiqué dans le tableau.

EXECUTION

– Friction

Les rives de la matrice doivent être propres et non endommagées. Des ronds tournant librement à l'ouverture du Vet/ ou le graissage des rives de la matrice permettent de réduire l'effort de pliage tout en limitant les risques de fissuration.

– Rayon de pliage

Les recommandations du tableau 1 correspondent à un angle de pliage de 90°. Pour un pliage moins important, on pourra utiliser un poinçon d'un rayon inférieur à celui indiqué dans le tableau.

Observer que l'importance de l'angle de pliage influence moins l'effort de pliage et l'effet ressort que par exemple l'ouverture de la matrice et la nuance d'acier.

L'effet ressort sera compensé par un surpliage correspondant au nombre de degrés.

– Effort de pliage (P)

L'effort de pliage requis se calcule à l'aide de la formule ci-dessous. L'effort est donné en tonnes (1 tonne étant égale à 10 kN) avec une précision de $\pm 20\%$, toutes les dimensions étant indiquées en mm. Voir figure 1 pour les symboles et tableau 4 pour les limites de rupture de la tôle (R_m).

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

Un pliage avec des rayons de poinçon considérablement plus importants que ceux indiqués au tableau 1 nécessitera un effort de pliage plus élevé que celui obtenu à l'aide de la formule, si l'on n'augmente pas l'ouverture de la matrice d'autant.

Exemple 1:

Soit une presse plieuse qui permet de plier une tôle de 20 mm d'épaisseur en acier S355 avec une ouverture de matrice de 150 mm.

Si l'on utilise la même matrice pour une même longueur de pliage, quelle épaisseur de tôle en HARDOX 400 pourra-t-on plier avec cette machine?

Les efforts de pliage seront identiques, seuls changeront l'épaisseur de tôle (t) et la limite de rupture (R_m). Soit selon la formule:

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

L'épaisseur de tôle (t) HARDOX sera de 13,3 mm

Le rapport W/t de la tôle en HARDOX sera dans ce cas $150/13,3 = 11,3$ ce qui est dans les limites indiquées au tableau 1.

Exemple 2:

On désire une console pliée sur une longueur de 2000 mm.

Deux choix se présentent, soit utiliser

a) une tôle S355 de 10 mm d'une limite de rupture type de 550 MPa, ou

b) une tôle WELDOX 700 de 7 mm d'une limite de rupture type de 860 MPa.

Dans les deux cas, on pense utiliser la matrice existante ayant une ouverture de 100 mm. Quelle sera la force de presse nécessaire pour plier ces tôles de nuances différentes?

Pour S355 nous obtenons:

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

Pour WELDOX 700 nous obtenons:

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

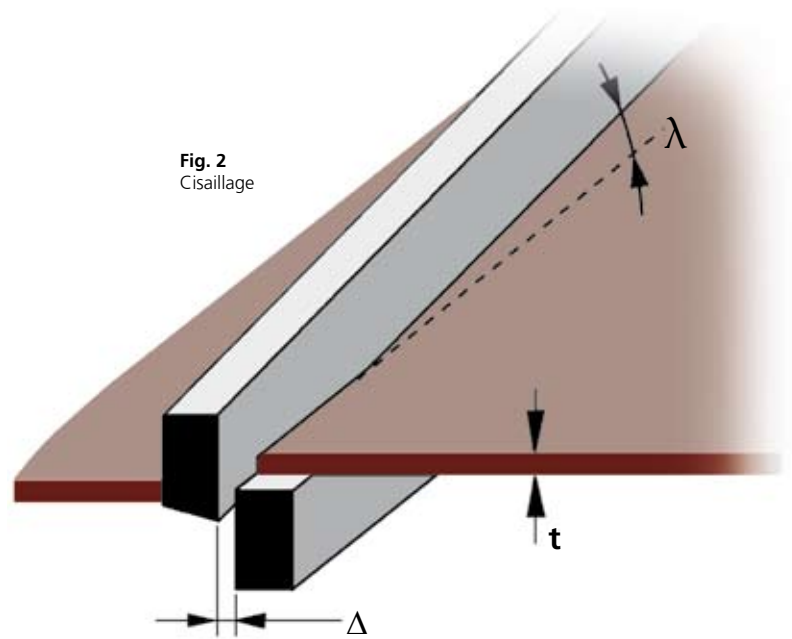
L'épaisseur de tôle ayant plus d'influence que sa résistance, la force nécessaire s'avère inférieure pour le pliage de la tôle WELDOX.

	Epaisseurs de tôle, mm			
S 355 – EN 10025	10	20	30	60
WELDOX 700	8	16	24	48
WELDOX 900 / 960	7	14	21	42
HARDOX 400	6	13	19	38
Effort de pliage par mètre, [tonnes]	120	240	330	660
... pour une ouverture de matrice (W) [mm]	75	150	240	480

Tableau 2

Epaisseurs de tôle requérant le même effort de pliage par mètre à plier avec différentes ouvertures de matrice (W).

Fig. 2
Cisaillage



Cisaillage

Le cisaillage convient également aux tôles à résistance élevée. En règle générale, plus la résistance à la rupture est élevée, plus la force de coupe nécessaire sera importante. Toutefois, l'usure des outils augmentant avec la résistance, nous ne recommandons pas le cisaillage des tôles WELDOX 1100, HARDOX 450 et les nuances de résistance supérieure.

Le cisaillage d'une tôle à haute résistance exige des outils performants et un choix correct des paramètres. Il faut cependant noter que nos recommandations ne sont que d'ordre général. En effet, dans la pratique la stabilité de la machine et l'état des lames devront être pris en compte pour le choix des paramètres.

Lames de la cisaille

Les lames doivent être en acier dur et tranchantes avec un fil légèrement arrondi.

Jeu entre les lames, Δ

Le jeu est le paramètre est le plus important pour obtenir un résultat satisfaisant. Plus la résistance à la rupture est élevée, plus le jeu devra être grand entre la lame fixe et la lame mobile, voir tableau 3. Un jeu incorrect se traduira par une surface de coupe de moindre qualité pouvant provoquer des fissures lors des opérations de soudage ou de pliage.

Angle de coupe, λ

Plus l'angle est grand, plus l'effort de cisaillage requis sera faible, par contre les risques de glissement ou de déformations (torsion) de la tôle augmenteront. D'une manière générale, il est recommandé d'augmenter l'angle pour le cisaillage des tôles à haute résistance. Voir fig. 2 et tableau 3 ci-dessous.

Effort de cisaillage, P

Cet effort est proportionnel à l'augmentation de la résistance de la tôle pour un angle de coupe constant. Voir figure 3 et tableau 4.

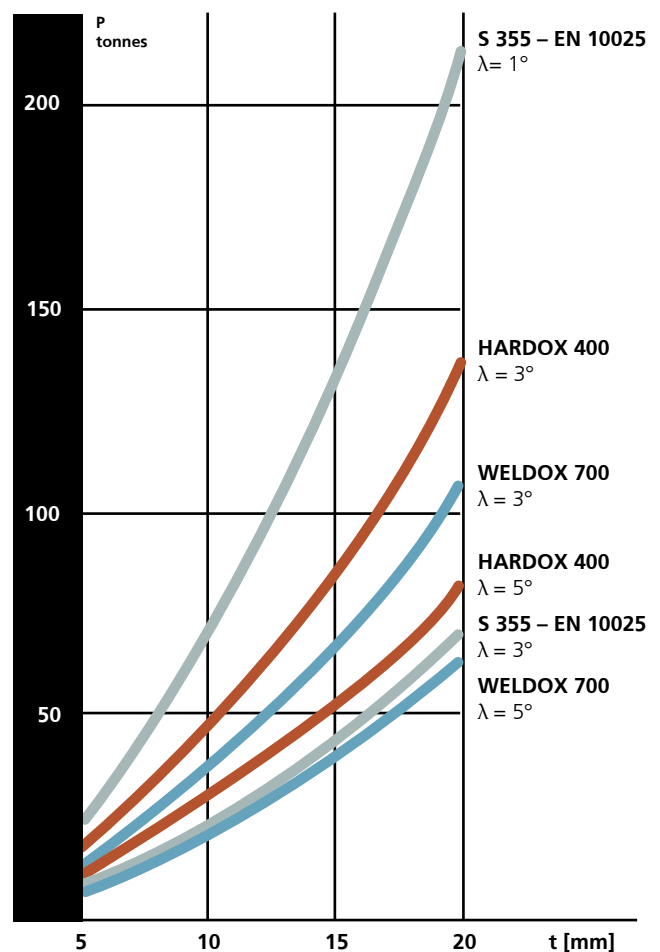


Fig. 3. Effort de cisaillage en fonction des épaisseurs et des angles de coupe λ

	Jeu, Δ en % de t	Angle de coupe, λ [°]
S 355 – EN 10025	8-10	1-5
WELDOX 700	12-15	3-5
WELDOX 900	14-16	3-5
WELDOX 960	14-16	3-5
HARDOX 400	16-18	3-5

Table 3.
Choix du jeu et de l'angle de coupe.

Tableau 4.

Caractéristiques types des différentes nuances d'acier

	Limite de rupture R_m [MPa]	Allongement A_5 [%]	Dureté [HBW]
S 355 selon EN10025	550	28	~ 180
WELDOX 700	860	17	~ 270
WELDOX 900	1030	15	~ 330
WELDOX 960	1070	15	~ 340
WELDOX 1030	1340	11	~ 430
WELDOX 1100	1440	11	~ 460
WELDOX 1300	1540	10	~ 490
HARDOX 400	1250	10	~ 400
HARDOX 450	1440	9	~ 450
HARDOX 500	1550	8	~ 500

Notre Service technique clients se tient à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire.

La brochure *Pliage / cisailage* fait partie d'une série de publications donnant des conseils et des recommandations pour la mise en oeuvre des tôles HARDOX et WELDOX. Les brochures *Soudage* et *Usinage* dans cette même série vous seront adressées sur simple demande auprès de notre Service Communication Marketing.



SSAB Oxelösund
SE-613 80 Oxelösund
Suède

Tel: + 46 155 25 40 00
Fax: +46 155 25 40 73
www.ssabox.com