

STRENX, HARDOX I DOCOL
– GIĘCIE STALI O WYSOKIEJ WYTRZYMAŁOŚCI

SSAB

Niniejsza broszura zawiera informacje na temat gięcia stali o wysokiej wytrzymałości, takich jak Strenx, Hardox i Docol. Broszura ma charakter poradnika i przedstawia ogólne sugestie dotyczące najlepszych technik gięcia.

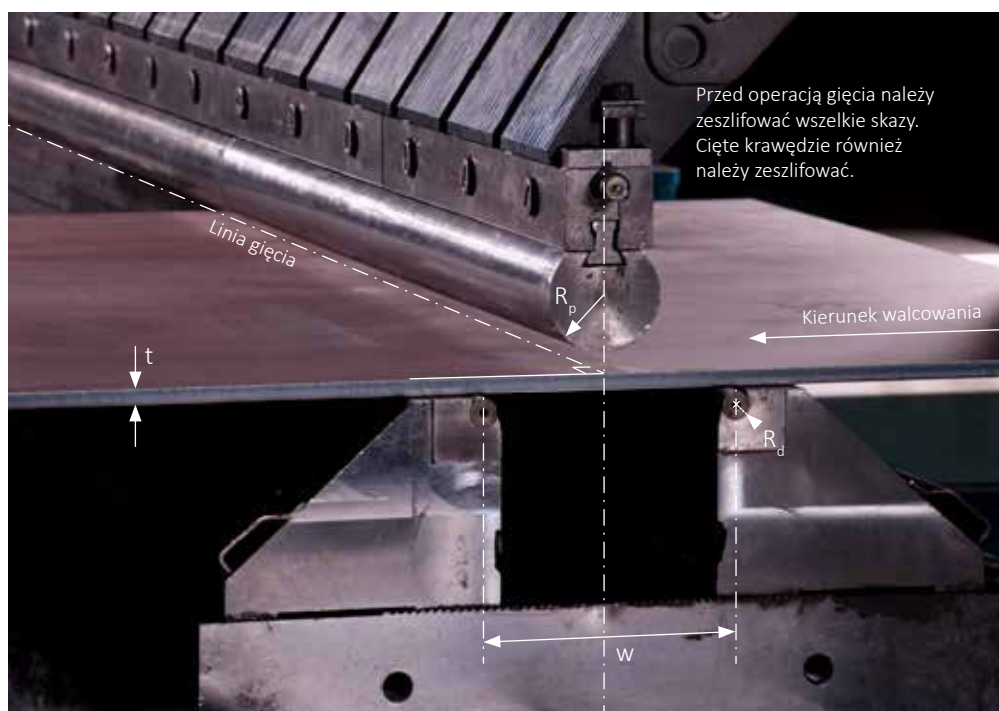
Gięcie arkuszy i blach grubych ze stali o wysokiej wytrzymałości rzadko sprawia trudności, niemniej jednak należy zachować pewne parametry opisane w tym dokumencie.

Dla osiągnięcia dobrych wyników gięcia, fundamentalne znaczenie ma materiał o dużej czystości i niewielkiej ilości wtrąceń. Nowoczesne procesy obróbki SSAB umożliwiają uzyskanie wysokich standardów w zakresie jakości powierzchni, tolerancji i własności mechanicznych.

PRZYGOTOWANIE DO GIĘCIA

- Sprawdź kierunek walcowania blachy. Jeśli to możliwe, ustaw kierunek walcowania prostopadłe do linii gięcia. Dzięki temu blacha może być często gięta pod mniejszym kątem niż w przypadku linii gięcia równoległej do kierunku walcowania, rysunek 1.
- Sprawdź jakość powierzchni blachy. Uszkodzenia powierzchni mogą pogorszyć gięcie, powodując pęknięcia. W przypadku blach grubych, wady blachy w postaci zarysowań i rdzy można często usunąć poprzez staranne szlifowanie. Najlepiej, by zeszlifowane miejsca znalazły się prostopadłe do linii gięcia.
- Wygląd szlifierką cięte termicznie i ścinane krawędzie.
- Sprawdź stan narzędzi.
- Aby uniknąć nadmiernego ścierania, używaj narzędzi twardszych od obrabianego elementu.
- Sprawdź, czy rodzaj narzędzi i ich ustawienia są zgodne z zaleceniami zawartymi w niniejszej broszurze.

RYSUNEK 1 Gięcie pod kątem prostym do kierunku walcowania



Krawędzie przyśmy matrycy powinny być zawsze tak samo twarde lub twardsze niż gięta blacha, aby podczas gięcia matryca nie uległa uszkodzeniu.

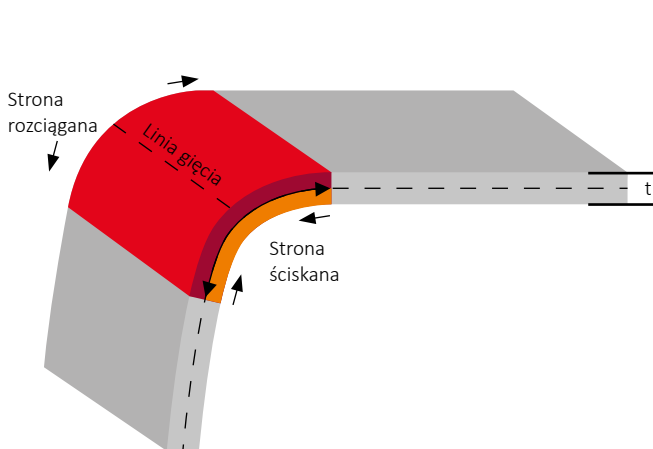
Można to osiągnąć w prosty sposób poprzez wyfrezowanie rowków w krawędziach matrycy i umieszczenie w nich nasmarowanych prętów o okrągłym przekroju, np. ze stali srebrzanki.

Promień krawędzi matrycy powinien wynosić przynajmniej połowę grubości blachy.

WAŻNE!

- Zwróć uwagę na bezpieczeństwo i przestrzegaj lokalnych przepisów BHP. W pobliżu maszyny mogą znajdować się wyłącznie osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje. Podczas gięcia stali o wysokiej wytrzymałości nikt nie powinien stać przed prasą krawędziową.
- Sprawdź, czy stempel razem z giętą blachą nie osiągną najniższego punktu pryzmy.
- Zwróć uwagę na sprężynowanie. Unikaj ponownego gięcia w celu korekty kąta profilu. Poddanie materiału poprzednim procesom formowania zmniejsza w znacznym stopniu jego podatność na gięcie.
- Siła gięcia, efekt sprężynowania oraz minimalny zalecany promień stempla zwiększają wytrzymałość stali.
- W przypadku wielu produktów Strenx i Hardox, numer identyfikacyjny blachy wybity jest w poprzek do kierunku walcowania. Unikaj umieszczania blachy tak, by wybite znajdowało się na linii gięcia, aby zapobiec ryzyku pęknięcia.
- Nadmierne czyszczenie strumieniowo-ściernie może mieć negatywny wpływ na podatność na gięcie. Zalecenia dla blach Strenx i Hardox oparte są na badaniach powierzchni po czyszczeniu strumieniowo-ściernym i malowaniu. Zalecenia dla taśm Strenx i blach Docol oparte są na badaniach powierzchni bez ww. czyszczenia.
- Wysokie naprężenie może spowodować lokalny wzrost temperatury w zgięciu. Może to wpłynąć negatywnie na gięcie, zwłaszcza w przypadku grubości powyżej 20 mm. Jeśli to możliwe, zredukuj prędkość gięcia, by zmniejszyć różnicę temperatur w obrębie obrabianego elementu.

RYSUNEK 2 Gięcie



NARZĘDZIA

SZEROKOŚĆ ROZWARCIA MATRYCY

Efekt sprężynowania zwiększa się wraz ze wzrostem szerokości rozwarcia matrycy, podczas gdy siła gięcia zmniejsza się. Upewnij się, że kąt otwarcia pryzmy pozwala na przegięcie blachy, w celu kompensacji sprężynowania bez kolizji z najniższym punktem pryzmy. Większe rozwarcie pryzmy pozwala w wielu przypadkach zmniejszyć poziom deformacji w zagięciu. Upewnij się również, że dla wybranego stempla oraz grubości blachy jest wystarczająca ilość miejsca w pryzmie podczas gięcia, aby nie zdeformować matrycy. Minimalne zalecane szerokości rozwarcia matrycy przedstawiono w tabelach 2 i 3.

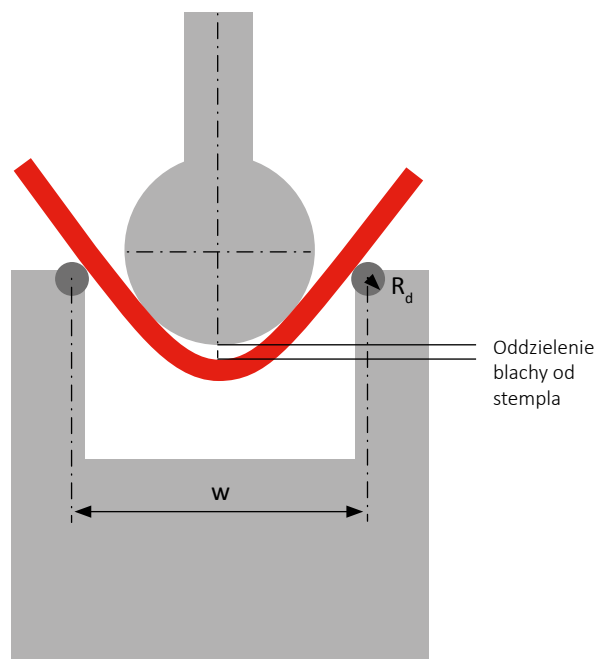
Promień krawędzi matrycy powinien wynosić przynajmniej połowę grubości blachy. Opcjonalnie należy zwiększyć szerokość rozwarcia matrycy, by zminimalizować nacisk na promień krawędzi matrycy i w konsekwencji jego ślady.

PROMIENIĘ STEMPLA

Odpowiedni promień stempla, wraz z szerokością rozwarcia matrycy, jest najważniejszym parametrem. Podczas gięcia stali o wysokiej wytrzymałości, finalny promień wewnętrzny często staje się mniejszy od promienia stempla, rysunek 3. Jeśli między blachą a narzędziami występuje małe tarcie, zjawisko to jest bardziej oczywiste.

Dla stali o granicy wytrzymałości wyższej od 500 MPa zaleca się promień stempla taki sam lub nieznacznie większy od oczekiwanego promienia gięcia. Tabele 2 i 3 na stronie 7 pokazują minimalny zalecany promień stempla dla gięcia do 90°.

RYSUNEK 3 Oddzielenie blachy od stempla podczas gięcia



STAN NARZĘDZI

Ze względu na większy nacisk kontaktowy między blachą a narzędziami podczas gięcia stali o wysokiej wytrzymałości rośnie zużycie narzędzi. Należy regularnie sprawdzać, czy promień stempla i promień krawędzi matrycy są niezmiennie. W wielu przypadkach pęknięcia w giętych obszarach występują od strony ściskanej (rysunek 2). Taki efekt często związany jest ze słabą kondycją powierzchni stempla. Krawędzie matrycy powinny być czyste i nieuszkodzone.

STABILNOŚĆ MASZYN

Wymagana siła nacisku jest często wyższa, kiedy gniemy stal o wysokiej wytrzymałości. Statyczny współczynnik tarcia jest zazwyczaj wyższy niż kinematyczny. To może spowodować, że blacha zostaje zablokowana przy jednej krawędzi pryzmy, a w tym samym czasie ześlizgnie się z drugiej krawędzi. W ten sposób blacha zsunie się do wewnątrz pryzmy w przerywany sposób podczas procesu gięcia. Ten fenomen nazywany jest po angielsku stick-slip i może w rezultacie wpłynąć na wyższe odkształcenia podczas gięcia. Użyj stabilnej maszyny i sztywnie zamocowanego narzędzia. Smarowanie krawędzi pryzmy lub stosowanie wałeczków na krawędziach pryzmy może być pomocne w celu zapobieżenia powyższemu fenomenowi, jak również w celu zmniejszenia siły nacisku.

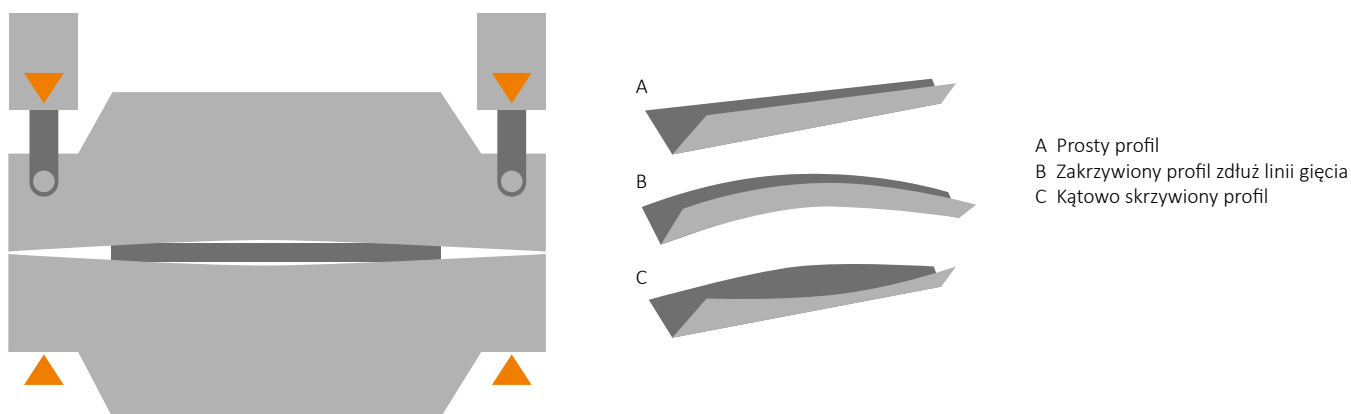
CROWNING

Crowning – specjalny system docisku – kompensuje odkształcenie elastyczne obciążonej prasy krawędziowej, rysunek 4. Centralna część stempla i materycy ugina się najbardziej. Dzięki crowningowi odkształcenie (C) może zostać skompensowane, w rezultacie otrzymujemy ten sam kąt gięcia wzdłuż całego giętego elementu. Jeżeli gięty profil zostaje zakrzywiony wzdłuż linii gięcia (B), taka deformacja nie może być skompensowana przez użycie crowningu.

Po odciążeniu giętego elementu naprężenia ściskające rosną po stronie rozciąganej, w tym samym czasie naprężenia rozciągające pojawiają się na stronie ściskanej, rysunek 2. Dystrybucja naprężeń pojawiająca się na przekroju blachy powoduje naprężenia wzdłuż giętego elementu. To właśnie te naprężenia powodują skrzywienie profilu. Wielkość krzywizny zależy głównie od wysokości półki i sztywności profilu.

Dodatkowo należy rozpatrywać użycie crowningu podczas gięcia sekwencyjnego dla długich profili.

RYSUNEK 4 Crowning



SILA GIĘCIA

W celu oszacowania siły potrzebnej do gięcia, należy zwrócić uwagę nie tylko na długość gięcia, grubość blachy, szerokość rozwarcia matrycy i wytrzymałość na rozciąganie, ale także na zmienny moment gięcia dla odpowiedniego ramienia podczas gięcia. Przypuszcza się, że najwyższy punkt obciążenia osiągany jest przy gięciu z kątem rozwarcia 120° z normalnym tarcim (bez smarowania). Zawsze zaleca się przeprowadzenie prób.

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9\,800}$$

P = Siła gięcia, w tonach
t = Grubość blachy, w mm
W = Szerokość rozwarcia matrycy, w mm (rysunek 1)
b = Długość gięcia, w mm
R_m = Wytrzymałość na rozciąganie, MPa (tabela 1)
R_d = Promień na wejściu rozwarcia matrycy, w mm
R_p = Promień stempla, w mm

Wzór gięcia (SSAB Bending Formula®) sprawdzany jest w badaniach dla gięcia 90°, patrz rysunek 5.

TABLE 1 Typowe wartości wytrzymałości na rozciąganie dla obliczenia siły gięcia.

GATUNEK STALI	TYPOWA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE (MPa)
S355	550
Strenx 600 MC	760
Strenx 650 MC	800
Strenx 700, 700 MC, 700 PLUS	860, 850, 840
Strenx 900, 900 MC, 900 PLUS	1010, 1150, 1060
Strenx 960, 960 MC, 960 PLUS	1060, 1200, 1120
Strenx 1100, 1100 MC	1440, 1320
Strenx 1300	1530
Docol 600 DP/DL	660
Docol 800 DP/DL	860
Docol 1000 DP	1090
Docol 1200 M	1300
Docol 1300 M	1400
Docol 1400 M	1510
Docol 1500 M	1600
Hardox 400	1250
Hardox 450	1400
Hardox 500	1650

PRZYKŁAD 1

Dana prasa krawędziowa ma możliwość gięcia blachy o 20 mm grubości, EN10025 – S355, w matrycy o szerokości rozwarcia 200 mm i przy promieniu na wejściu rozwarcia matrycy 15 mm. Promień stempla wynosi 40 mm.

Jeżeli zastosuje się tę samą matrycę i stempel, a długość gięcia pozostanie niezmienną, to jakiej grubości blachy Hardox 400 można giąć na urządzeniu?

Siły gnące powinny być równe, a jedynie grubość blachy (t) i wytrzymałość na rozciąganie (R_m) ulegnie zmianie. Przez podstawienie do powyższego wzoru i uproszczenie:
 $20^2 \times 550 = t^2 \times 1250$

Grubość (t) blachy Hardox wyniesie 13.3 mm. Stosunek R/t ratio będzie wówczas 40/13.3 = 3.0. Zgodnie z tabelą 2, blachę Hardox 400 można giąć poprzecznie do kierunku walcowania z tym promieniem stempla. Stosunek W/t dla Hardox 400 wyniesie 200/13.3 = 15.0, co, zgodnie z tabelą 2, jest wystarczające.

PRZYKŁAD 2

Planowana jest produkcja wspornika o długości 2000 mm poprzez gięcie blachy. Do wyboru mamy:

a) blachę o grubości 10 mm, EN10025 – S355, o typowej wytrzymałości na rozciąganie 550 MPa

lub

b) blachę Strenx 700 o grubości 7 mm i typowej wytrzymałości na rozciąganie 860 MPa.

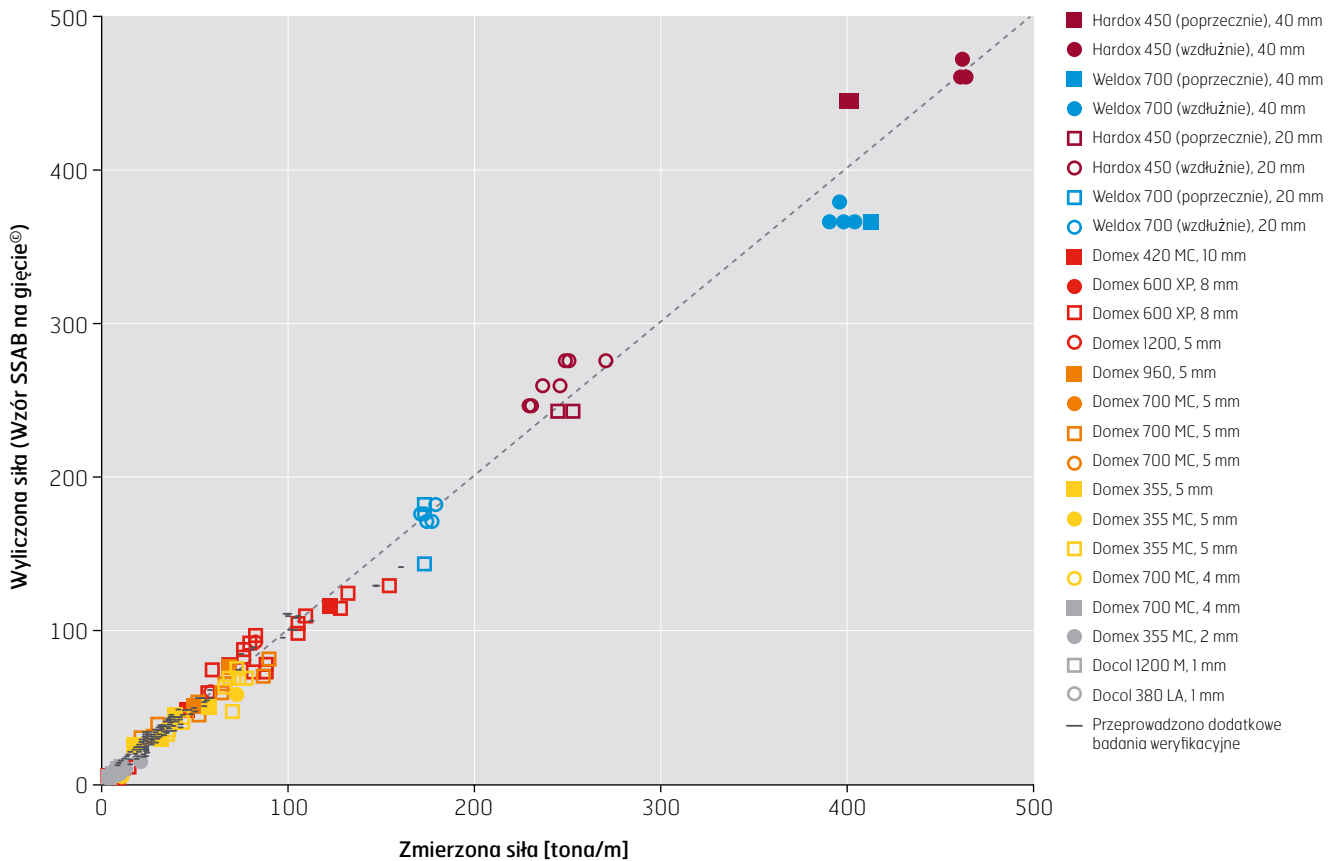
W obu przypadkach istnieje możliwość użycia obecnej matrycy z szerokością rozwarcia 100 mm i promienia na wejściu rozwarcia matrycy 10 mm. W obu przypadkach promień stempla wynosi 14 mm. Jaka siła nacisku będzie potrzebna dla każdego gatunku stali?

$$\text{Dla S355 } P = \frac{2000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 550}{(100 - 10 - 14) \cdot 9\,800} = 148 \text{ ton}$$

$$\text{Dla Strenx 700 } P = \frac{2000 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 860}{(100 - 10 - 14) \cdot 9\,800} = 113 \text{ ton}$$

Ze względu na to, że grubość blachy ma większy wpływ na wytrzymałość, siła wymagana do wygięcia blachy Strenx w tym przypadku jest mniejsza.

RYСУNEK 5 Siła gięcia



Wzór SSAB na gięcie (SSAB Bending Formula©) potwierdziły badania przeprowadzone na szerokim zakresie grubości i gatunków stali, próbki gięte do 90°. Ustawienia narzędzi zgodnie z zalecaniami SSAB dotyczącymi gięcia.

EFEKT SPRĘŻYNOWANIA

Efekt sprężynowania rośnie wraz z wytrzymałością stali oraz stosunkiem między szerokością rozwarcia matrycy a grubością blachy (W/t). Największy wpływ ma granica plastyczności materiału.

Podczas procesu gięcia zmienne naprężenia szczytkowe osiągane są w poprzek giętego przekroju. Poziom odkształcenia plastycznego i dystrybucja tych naprężeń będzie miała wpływ na tendencję do sprężynowania. Wszelkie sprężynowanie jest w pełni elastyczne.

By skompensować sprężynowanie, matryca powinna być w kształcie pozwalającym na przegięcie, bez kolizji giętego materiału.

Bardzo trudno jest precyzyjnie przewidzieć efekt sprężynowania materiału podczas gięcia, gdyż w dużym stopniu zależy on od konkretnego ustawienia narzędzi. Dlatego zaleca się przeprowadzenie prób. W przypadku cieńszych blach lub arkuszy ($t < 10$ mm), można oszacować w stopniach sprężynowanie materiału, dzieląc wytrzymałość na rozciąganie (MPa) przez 100.

Wg oszacowań, szerokość rozwarcia matrycy wynosi około 10–12 x grubość blachy.

PARAMETRY WPŁYWAJĄCE NA EFEKT SPRĘŻYNOWANIA:

- Granica plastyczności materiału – wyższa granica powoduje większe sprężynowanie.
- Promień stempla – większy promień powoduje większe sprężynowanie.

- Szerokość rozwarcia matrycy – większa szerokość powoduje większe sprężynowanie.
- Umocnienie zgniotowe materiału.

ZALECENIA DOTYCZĄCE GIĘCIA

W związku z tym, że produkty SSAB są opracowywane dla różnych typów zastosowań, ich badania i ocena mogą się od siebie różnić.

Zalecany minimalny stosunek między promieniem stempla a grubością blachy/arkusza (R/t) przedstawiono w tabeli 3.

Stosunek między minimalnym promieniem wewnętrznym a grubością arkusza (R_i/t) dla taśm Strenx i produktów Docol przedstawiono w tabeli 2.

Te rekomendacje oparte są o przeprowadzone testy gięcia w jednym kroku do kąta 90° po odjęciu obciążenia z giętego elementu. Szerokość przymy jest wytyczną i może się nieco różnić bez wpływu na wyniki gięcia.

W tabelach 2 i 3 zawarto jedynie niewielki wybór produktów z oferty SSAB. W celu uzyskania informacji na temat innych materiałów, prosimy o kontakt z działem wsparcia technicznego lub sprawdzenie strony www.ssab.com.

Stale Strenx i Hardox dostarczone są z gwarantowanymi własnościami w zakresie gięcia.

Więcej informacji udzielają lokalni przedstawiciele handlowi.

TABELA 2 Zalecenia dotyczące gięcia taśm Strenx i blach Docol z wykorzystaniem stałych krawędzi matrycy i normalnego tarcia (bez smarowania). R_i/t obowiązuje dla wszystkich kierunków gięcia. R_i/t oznacza wewnętrzny promień na arkuszu (R_i) podzielony przez grubość arkusza (t).

		GRUBOŚĆ (t) (mm)	WZDŁUŻ KIERUNKU WALCOWANIA MINIMUM R /t	SZEROKOŚĆ ROZWARCIA MATRYCY (W) MINIMUM W/t
TAŚMA WALCOWANA NA GORĄCO	Strenx 600 MC	$t \leq 3$	0.7	10
		$3 < t \leq 6$	1.1	10
		$t > 6$	1.4	10
	Strenx 650 MC	$t \leq 3$	0.8	10
		$3 < t \leq 6$	1.2	10
		$t > 6$	1.5	10
	Strenx 700 MC	$t \leq 3$	0.8	10
		$3 < t \leq 6$	1.2	10
		$t > 6$	1.6	10
	Strenx 700 MC PLUS	$3 \leq t \leq 10$	1.0	10
$t > 10$		1.5	10	
Strenx 900 MC	$3 \leq t \leq 8$	3.0	12	
	$t > 8$	3.5	12	
Strenx 900 PLUS	$3 \leq t \leq 6$	3.0	12	
Strenx 960 MC	$3 \leq t \leq 10$	3.5	12	
Strenx 960 PLUS	$3 \leq t \leq 6$	3.5	12	
Strenx 1100 MC	$3 \leq t \leq 8$	4.0	14	
TAŚMA WALCOWANA NA ZIMNO	Docol 600 DP/DL	$0.5 \leq t \leq 2.1$	0.5	10
	Docol 800 DP/DL	$0.5 \leq t \leq 2.1$	1.0	10
	Docol 1000 DP	$0.5 \leq t \leq 2.1$	2.0	10
	Docol 1200 M	$0.5 \leq t \leq 2.1$	3.5	12
	Docol 1300 M	$0.5 \leq t \leq 2.1$	3.5	14
	Docol 1400 M	$0.5 \leq t \leq 2.1$	4.0	14
	Docol 1500 M	$0.5 \leq t \leq 2.1$	4.0	14

TABELA 3 Zalecenia dotyczące gięcia blach Strenx i Hardox z wykorzystaniem matryc z rolkami i normalnego tarcia (bez smarowania). R/t oznacza promień stempla (R) podzielony przez grubość arkusza (t).

		GRUBOŚĆ (t) (mm)	POPZECZNIE DO KIERUNKU WALCOWANIA MINIMUM R/t	WZDŁUŻ KIERUNKU WALCOWANIA MINIMUM R/t	SZEROKOŚĆ ROZWARCIA MATRYCY (W) MINIMUM W/t
BLACHA WALCOWANA NA GORĄCO	Strenx 700	$t < 8$	1.5	2.0	10
		$8 \leq t < 15$	1.5	2.0	10
		$15 \leq t < 20$	2.0	2.5	12
		$t \leq 20$	2.0	2.5	12
	Strenx 900/960	$t < 8$	2.5	3.0	12
		$8 \leq t < 15$	2.5	3.0	14
		$15 \leq t < 20$	2.5	3.0	14
		$t \leq 20$	3.0	3.5	16
	Strenx 1100	$t < 8$	3.0	3.5	12
		$8 \leq t < 15$	3.0	3.5	14
		$15 \leq t < 20$	3.0	3.5	14
		$t \leq 20$	3.5	4.0	16
	Strenx 1300	$t < 8$	3.5	4.0	14
		$8 \leq t < 15$	4.0	4.5	14
	Hardox 400	$t < 8$	2.5	3.0	12
		$8 \leq t < 15$	3.0	4.0	14
		$15 \leq t < 20$	3.0	4.0	14
		$20 \leq t < 50$	4.0	5.0	16
	Hardox 450	$t < 8$	3.0	3.5	12
		$8 \leq t < 15$	3.5	4.5	14
		$15 \leq t < 20$	3.5	4.5	14
		$t \leq 20$	4.5	5.0	16
	Hardox 500	$t < 8$	3.5	4.5	14
		$8 \leq t < 15$	4.0	4.5	14
$15 \leq t < 20$		4.5	5.0	16	
$t \leq 20$		5.5	6.0	18	
TAŚMA WALCOWANA NA ZIMNO	Hardox 400	$2 \leq t < 4$	3.0	4.0	12
		$4 \leq t \leq 8$	3.0	3.5	12
	Hardox 450	$2.5 \leq t < 4$	3.0	4.0	12
		$4 \leq t \leq 8$	3.0	3.5	12
	Hardox 500	$3 \leq t \leq 6.5$	3.5	4.0	14

SSAB jest firmą stalową z siedzibami w Skandynawii i Stanach Zjednoczonych. SSAB oferuje produkty i usługi o wartości dodanej opracowane w ścisłej współpracy z klientami, tworząc w ten sposób mocniejsze, lżejsze i bardziej proekologiczne rozwiązania. SSAB zatrudnia pracowników w ponad 50 krajach. SSAB ma zakłady produkcyjne w Szwecji, Finlandii i Stanach Zjednoczonych. Spółka SSAB jest notowana na giełdzie NASDAQ OMX Nordic w Sztokholmie oraz na giełdzie NASDAQ OMX w Helsinkach.

www.ssab.com

SSAB Poland Sp. z o.o.
ul. Kolejowa 15
55-020 Żórawina
tel. +48 608 490 032
e-mail: aleksandra.burska@ssab.com

www.ssab.com

SSAB