

HARDOX[®]
WEAR PLATE

SPAWANIE HARDOX



SSAB



SPAWANIE JEST ŁATWE



Spawanie trudnościeralnej blachy Hardox

Blacha trudnościeralna Hardox® łączy w sobie unikalną wydajność z wyjątkową spawalnością. Do spawania tych stali z innym dowolnym typem stali można użyć każdej tradycyjnej metody spawania.

Niniejsza broszura zawiera wskazówki i informacje przydatne dla wszystkich, którzy chcą uprościć procesy spawania i zwiększyć ich efektywność. Oferuje porady na temat temperatury podgrzewania i temperatury międzyścięgowej, doprowadzanego ciepła, materiałów spawalniczych itd. Dzięki tym praktycznym informacjom, każdy użytkownik może czerpać pełne korzyści z wyjątkowych własności stali Hardox.

SPIS TREŚCI

Jak uzyskać najlepsze wyniki spawania	5
Materiały spawalnicze	5
Wymagania dot. zawartości wodoru w niestopowych i niskostopowych materiałach spawalniczych	6
Materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej	7
Gaz osłonowy	8
Ilość wprowadzanego ciepła	9
Czas chłodzenia $t_{8/5}$	10
Sekwencja spawania i wielkość szczeliny	11
Pękanie wodorowe	11
Temperatury podgrzewania i międzyścięgowe	12
Uzyskanie i pomiar temperatury podgrzewania	14
Napawanie utwardzające	15
Zalecenia dla ograniczenia odkształceń	16
Spawanie na powłoce gruntowej Hardox	19
Obróbka cieplna po spawaniu	19

Hardox

Użytkownicy na całym świecie zaufali gamie trudnościeralnych blach Hardox z SSAB, jeśli chodzi o walkę ze ścieraniem. Hardox zwiększa wydajność i wydłuża czas użytkowania takich produktów, jak koparki, ładowarki kołowe, nadwozia wywrotek, maszyny górnicze, przenośniki, zsypy, kontenery, kruszarki, rozdrabniacze, przesiewacze czy sprzęt do robót rozbiórkowych. Trudnościeralna blacha Hardox potrafi sprostać wyzwaniom w każdym klimacie, terenie i środowisku. W trakcie produkcji i obróbki, Hardox skraca czas realizacji i obniża koszty produkcji.

Hardox przeszedł długą drogę od czasu swych początków. Dostępny jest w dużo szerszym zakresie, a tradycyjna blacha Hardox dostarczana jest także w postaci trudnościeralnych rur, prętów okrągłych, a nawet taśm stalowych. Wyczerpujące informacje na temat programu produkcji Hardox, łącznie z gatunkami stali, warunkami dostaw, danymi technicznymi i przykładami zastosowań znajdują się na stronie www.ssab.pl.

Informacje zawarte w broszurze mają charakter orientacyjny. SSAB AB nie ponosi odpowiedzialności za odpowiedniość danych dla konkretnego zastosowania.

Użytkownik jest odpowiedzialny za wszelkie niezbędne adaptacje i/lub modyfikacje wymagane dla konkretnego zastosowania.

Jak uzyskać najlepsze wyniki spawania

Przed spawaniem należy oczyścić łączone krawędzie, usuwając ciała obce, wilgoć, pozostałości oleju lub inne zanieczyszczenia. Dodatkowo, poza higieną spawania, istotne są następujące kwestie:

- ▶ Wybór materiałów spawalniczych
- ▶ Temperatury podgrzewania i międzyścięgowe
- ▶ Ilość wprowadzanego ciepła
- ▶ Kolejność spawania i rozmiar szczeliny

Materiały spawalnicze

Wytrzymałość niestopowych i niskostopowych materiałów spawalniczych

Do stali Hardox zaleca się ogólnie niestopowe i niskostopowe materiały spawalnicze o maksymalnej wytrzymałości na rozciąganie 500 MPa. Materiały o wyższej wytrzymałości (Re max. 900 MPa) mogą być stosowane do stali Hardox 400 i 450 w przedziale grubości 0.7 – 6.0 mm. Niskostopowe materiały spawalnicze oferują wyższą twardość spoiny, co redukuje szybkość jego ścierania. Jeśli ta cecha spoiny ma kluczowe znaczenie, górna część spoiny może być spawana za pomocą materiałów spawalniczych używanych do napawania; patrz rozdział „Napawanie” na str. 15. Dodatkowo, zalecane materiały spawalnicze dla stali Hardox i ich oznaczenia według klasyfikacji norm AWS i EN znaleźć można w Tabeli 1 na str. 6.

Tabela 1: Materiały spawalnicze zalecane dla trudnościeralnej blachy Hardox

Metoda spawania	Klasyfikacja AWS	Klasyfikacja EN
MAG/ GMAW, drut spawalniczy lity	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 38x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
MAG/ MCAW, drut rdzeniowy	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, drut rdzeniowy proszkowy	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MMA (SMAW)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
TIG/ GTAW	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

UWAGA: X może zastępować jeden lub więcej znaków

Wymagania dotyczące zawartości wodoru w niestopowych i niskostopowych materiałach spawalniczych

Zawartość wodoru powinna być mniejsza lub równa 5 ml wodoru na 100 g spoiny metalu podczas spawania przy użyciu niestopowych lub niskostopowych materiałów spawalniczych.

Tak niską zawartość wodoru w spoinie zapewnia spawanie drutem litym metodami MAG/GMA i TIG/GTA. Informacje odnośnie zawartości wodoru dla materiałów spawalniczych innych rodzajów najlepiej uzyskać od ich producentów.

Jeśli materiały są przechowywane zgodnie z zaleceniami producenta, zawartość wodoru pozostanie na pożądanym poziomie. Dotyczy to także wszystkich materiałów powlekanych i topników.

Materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej

Materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej austenitycznej mogą być używane do spawania wszystkich produktów Hardox, jak pokazano w Tabeli 2. Pozwalają na spawanie w temperaturze pokojowej 5 - 20°C bez wstępnego podgrzewania, poza stalą Hardox 600 i Hardox Extreme.

SSAB zaleca, aby pierwszy wybór skłaniał się w kierunku materiałów zgodnych z AWS 307, a potem AWS 309. Te typy materiałów mają granicę plastyczności do około 500 MPa dla wszystkich metali spoiny.

Typ AWS 307 jest w stanie wytrzymać wpływ pęknięcia na gorąco lepiej niż AWS 309. Należy pamiętać, że producenci rzadko określają zawartość wodoru w materiałach spawalniczych ze stali nierdzewnej, jako że jego zawartość nie wpływa na rezultat tak bardzo, jak w przypadku materiałów niestopowych i niskostopowych. SSAB nie narzuca żadnych ograniczeń co do maksymalnej zawartości wodoru dla tych typów materiałów.

Tabela 2: Zalecane materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej dla trudnościeralnej blachy Hardox

Metoda spawania	Klasyfikacja AWS	Klasyfikacja EN
MAG/ GMAW, drut spawalniczy lity	AWS 5.9 ER307	Zalecane: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Odpowiednie: EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG/ MCAW, drut rdzeniowy	AWS 5.9 EC307	Zalecane: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Odpowiednie: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, drut rdzeniowy proszkowy	AWS 5.22 E307T-X	Zalecane: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Odpowiednie: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA/ SMAW	AWS 5.4 E307-X	Zalecane: EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 Odpowiednie: EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW	AWS 5.9 ER307	Zalecane: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Odpowiednie: EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/ GTAW	AWS 5.9 ER307	Zalecane: EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Odpowiednie: EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

UWAGA: X może zastępować jeden lub więcej znaków

Gaz osłonowy

Gazy osłonowe dla blachy Hardox są ogólnie takie same, jak te zazwyczaj wybierane dla stali niestopowych i niskostopowych.

Gazy osłonowe używane do spawania MAG/ GMA stali Hardox zawierają zazwyczaj mieszankę argonu (Ar) i dwutlenku węgla (CO₂). Razem z Ar i CO₂ używana jest czasami mała ilość tlenu (O₂) w celu stabilizacji łuku i zmniejszenia ilości rozprysków. Do spawania ręcznego zalecana jest mieszanka gazu osłonowego około 18–20% CO₂ w argonie, co ułatwia penetrację materiału i zapewnia umiarkowany rozprysk. Podczas spawania automatycznego można użyć gazu osłonowego zawierającego 8–10% CO₂ w argonie w celu optymalizacji wyniku spawania, jeśli chodzi o produktywność i poziom rozprysków. Wpływ różnych mieszanek gazów osłonowych można zobaczyć na Rysunku 1. Zalecenia dot. gazu osłonowego dla różnych metod spawania znajdują się w Tabeli 3. Mieszanki gazów wymienione w Tabeli 3 to ogólne mieszanki, które można stosować do spawania łukiem krótkim i natryskowym.

Rysunek 1: Mieszanki gazu osłonowego i ich wpływ na spawanie

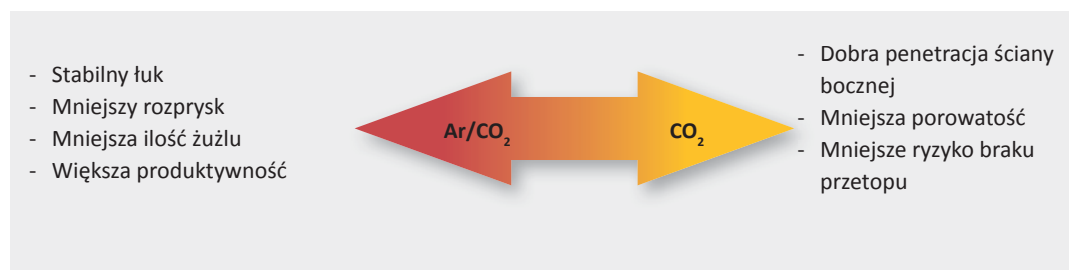


Tabela 3: Przykłady mieszanek gazów osłonowych i zalecenia

Metoda spawania	Typ łuku	Pozycja	Gaz osłonowy
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	zwarciovowy	wszystkie	18 – 25% CO ₂ w Ar
MAG/ MCAW, drut rdzeniowy	zwarciovowy	wszystkie	18 – 25% CO ₂ w Ar
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	natryskowy	pozioma	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/ GMAW, FCAW	natryskowy	wszystkie	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/GMAW, MCAW	natryskowy	pozioma	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/GMAW, automatyczne	natryskowy	pozioma	8 – 18 % CO ₂ w Ar
TIG/ GTAW		wszystkie	100% Ar

UWAGA: Mieszanki gazów zawierające trzy składniki, tj. O₂, CO₂, Ar są czasem stosowane w celu optymalizacji własności spoiny.

Przy każdej metodzie spawania z wykorzystaniem gazu osłonowego, przepływ gazu jest uzależniony od procedury spawania. Ogólną zasadą jest to, że przepływ gazu osłonowego w l/min powinien mieć tę samą wartość, co wewnętrzna średnica dyszy mierzona w mm.

Ilość wprowadzanego ciepła

Ilość wprowadzanego ciepła (Q) to ilość energii dostarczona do materiału bazowego na jednostkę długości. Obliczane jest według poniższego wzoru:

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ kJ/mm}$$

Q = energia liniowa kJ/mm

k = współczynnik wzgl. sprawności cieplnej procesu spawania

U = napięcie

I = natężenie

v = prędkość spawania mm/min

Różne sposoby spawania charakteryzują się różnymi poziomami sprawności cieplnej. W Tabeli 4 przedstawiono przybliżone wartości dla różnych metod spawania.

Tabela 4: Sprawność cieplna różnych metod spawania

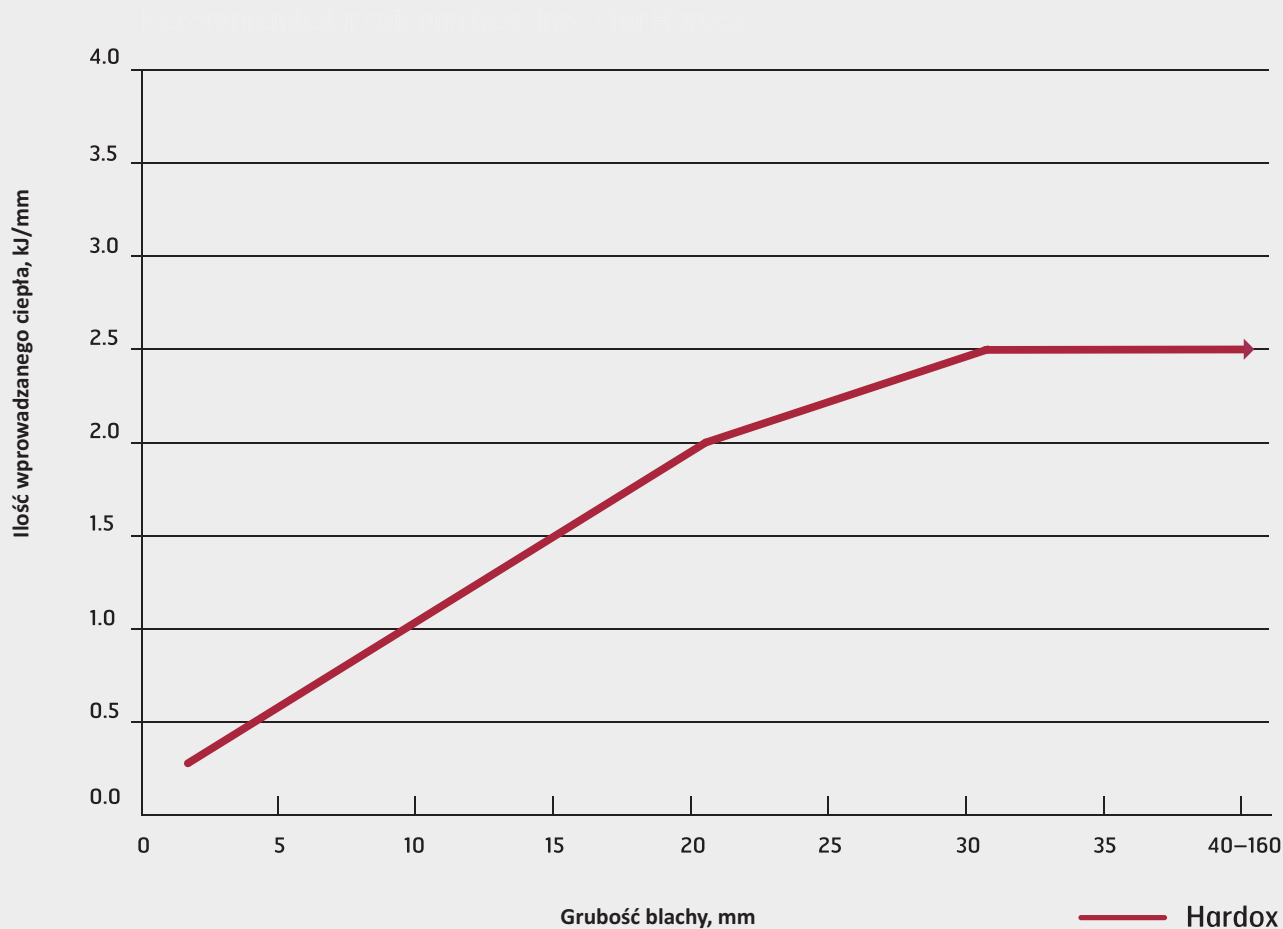
Metoda spawania	Sprawność cieplna (k)
MAG/ GMAW	0.8
MMA/ SMAW	0.8
SAW	1.0
TIG/ GTAW	0.6

Nadmierna ilość wprowadzonego ciepła zwiększa szerokość strefy wpływu ciepła (HAZ), co z kolei wpływa negatywnie na własności mechaniczne oraz odporność strefy HAZ na ścieranie. Spawanie z niską ilością wprowadzanego ciepła przynosi następujące korzyści:

- ▶ Większa odporność HAZ na ścieranie
- ▶ Mniejsze odkształcenie (spoiny jednościgowe)
- ▶ Lepsza udarność złącza
- ▶ Większa wytrzymałość spoiny

Bardzo niska ilość wprowadzanego ciepła może jednak wpłynąć negatywnie na udarność (wartości $t_{8/5}$ poniżej 3 sekund). Rysunek 2 pokazuje zalecane maksymalne ilości wprowadzanego ciepła (Q) dla stali Hardox.

Rysunek 2: Zalecana maksymalna wartość energii liniowej dla blachy Hardox



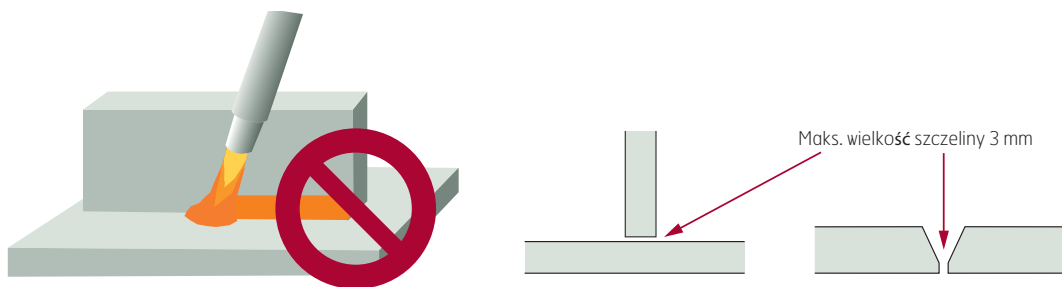
Czas chłodzenia $t_{8/5}$

Czas chłodzenia ($t_{8/5}$) to czas potrzebny na schłodzenie spoiny od temperatury 800 ° – 500 °C, stanowi on kluczowy element finalnej mikrostruktury w złączu spawanym. Zalecane czasy chłodzenia są często podawane dla stali konstrukcyjnych w celu optymalizacji procesu spawania pod kątem konkretnego wymagania, np. docelowej minimalnej udarności. Zalecane maksymalne czasy chłodzenia dla różnych gatunków Hardox dostępne są w aplikacji WeldCalc z SSAB. Aby dowiedzieć się więcej na temat WeldCalc, skontaktuj się z lokalnym przedstawicielem handlowym SSAB.

Sekwencja spawania i rozmiar szczeliny

Ważne jest, by odstęp pomiędzy spawanymi elementami nie przekraczał 3 mm; patrz Rysunek 3. Odstęp ten powinien być maksymalnie równomierny wzdłuż całej spoiny. Punkt rozpoczęcia i zakończenia spoiny nie powinien znajdować się w miejscach bardzo wyężonych. Jeżeli to możliwe, spoina powinna kończyć się przynajmniej 50–100 mm od narożnika; patrz Rysunek 3. Podczas spawania do krawędzi blach, warto zastosować płytki wybiegowe.

Rysunek 3: Należy unikać umieszczania punktu rozpoczęcia i zakończenia spawu w narożnikach. Szerokość szczeliny nie powinna przekraczać 3 mm.



Pękanie wodorowe

Ze względu na relatywnie niski równoważnik węgla, Hardox jest w większym stopniu odporny na pękanie wodorowe niż inne stale trudnościeralne.

Ryzyko pękania wodorowego można ograniczyć, stosując się do następujących zaleceń:

- ▶ Podgrzej obszar spoiny do zalecanej temperatury minimalnej.
- ▶ Zmierz temperaturę podgrzewania zgodnie z zaleceniami SSAB.
- ▶ Korzystaj z procesów i materiałów spawalniczych, których maksymalna zawartość wodoru wynosi 5 ml/100 g metalu spoiny.
- ▶ Unikaj kontaktu obszaru spoiny z zanieczyszczeniami typu rdza, olej, smar czy lód.
- ▶ Korzystaj wyłącznie z klasyfikacji materiałów spawalniczych rekomendowanych przez SSAB.
- ▶ Stosuj właściwą sekwencję spawania, aby ograniczyć do minimum naprężenia cieplne.
- ▶ Unikaj szczelin spoin przekraczających 3 mm (1/8"); patrz Rysunek 3.

Temperatury podgrzewania i międzyściegowe

Aby uniknąć pęknięcia wodorowego, kluczowe znaczenie ma przestrzeganie zalecanej minimalnej temperatury podgrzewania, a także procedury uzyskania i pomiaru temperatury w spoinie i wokół niej.

Wpływ pierwiastków stopowych na wybór temperatury podgrzewania i temperatury międzyściegowej

Unikalna kombinacja pierwiastków stopowych nadaje stali Hardox optymalne właściwości mechaniczne.

Od kombinacji tej zależą temperatura podgrzewania i temperatura międzyściegowa stali podczas spawania. Na jej podstawie można obliczyć wartość równoważnika węgla. Równoważnik węgla jest z reguły określany jako CEV lub CET i wyliczany zgodnie z poniższymi wzorami.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Mo+Cr+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (\%)$$

$$CET = C + \frac{(Mn + Mo)}{10} + \frac{(Cr+Cu)}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$

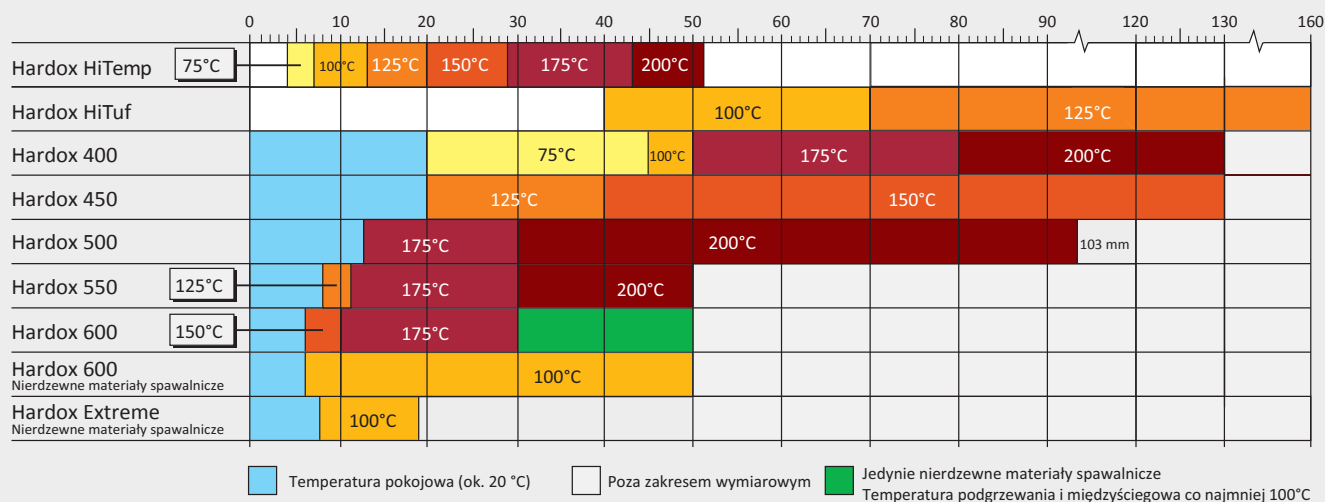
Zawartość pierwiastków stopowych określona jest w certyfikacie materiałowym i umieszczana w poniższych wzorach jako procent wagowy. Wyższy równoważnik węgla zazwyczaj oznacza wyższą temperaturę podgrzewania i międzyściegową. Typowe wartości równoważnika węgla dla stali Hardox podane są w kartach katalogowych SSAB na stronie www.ssab.pl w sekcji Produkty>Marki>Hardox.

Temperatury podgrzewania i międzyściegowe dla Hardox

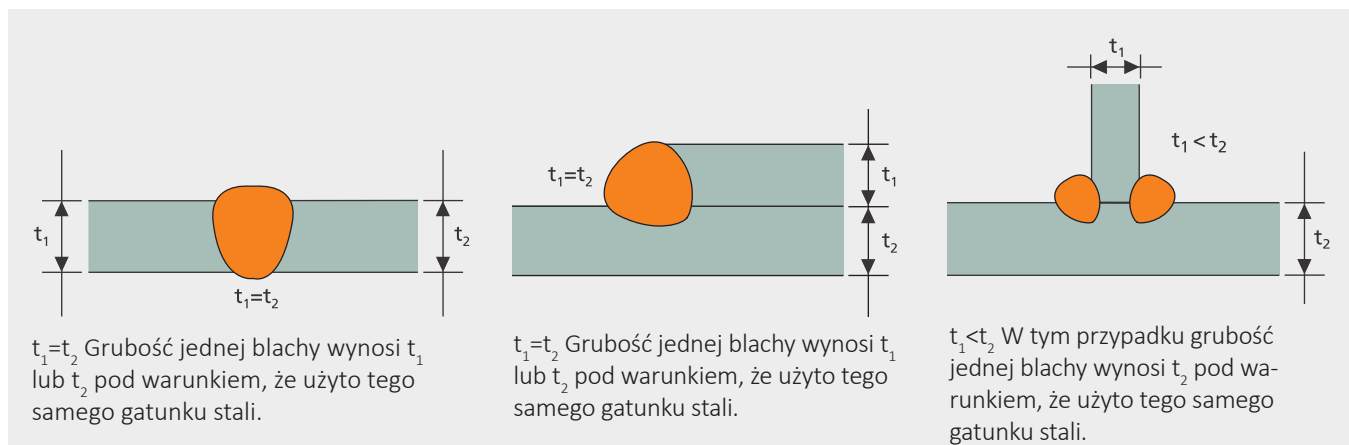
Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i temperatury międzyściegowe w trakcie spawania podano w Tabelach 5 i 6. Jeśli nie określono inaczej, wartości te dotyczą spawania z niestopowymi i niskostopowymi materiałami spawalniczymi.

- ▶ Jeśli spawane są blachy o różnych grubościach, ale w tym samym gatunku stali, grubsza blacha determinuje wymaganą temperaturę podgrzewania i międzyściegową; patrz Rysunek 4.
- ▶ Jeśli spawane są różne gatunki stali, blacha wymagająca najwyższej temperatury podgrzewania determinuje wymagane temperatury podgrzewania i międzyściegowe.
- ▶ Tabela 5 dotyczy ilości doprowadzanego ciepła o wartości 1.7 kJ/mm lub wyższej. Jeśli energia liniowa mieści się w przedziale 1.0 – 1.69 kJ/mm, zalecamy zwiększenie temperatury o 25°C powyżej zalecanej temperatury podgrzewania.
- ▶ Jeśli ilość doprowadzonego ciepła jest mniejsza niż 1.0 kJ/mm, zalecamy skorzystanie z aplikacji WeldCalc z SSAB w celu wyliczenia zalecanej minimalnej temperatury podgrzewania.
- ▶ W przypadku wysokiej wilgotności otoczenia lub temperatury poniżej 5°C, najniższe zalecane temperatury podgrzewania podane w Tabeli 5 należy podwyższyć o 25°C.
- ▶ W przypadku spoin doczołowych X o grubościach powyżej 30 mm, zalecamy odsunięcie ściegu graniowego o około 5 mm od linii środkowej blachy.

Tabela 5: Zalecane minimalne temperatury podgrzewania wstępnego przed spawaniem dla różnych grubości pojedynczej blachy.



Rysunek 4: Schematyczny rysunek pokazujący „grubość jednej blachy”



Temperatura międzyściegowa pokazana w Tabeli 6 jest maksymalną zalecaną temperaturą w spoinie (na metalu spoiny) lub w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny (punkt startowy), zaraz przed rozpoczęciem kolejnego ściegu.

Tabela 6: Maksymalna zalecana temperatura międzyściegowa/temperatura podgrzewania

Hardox HiTemp	300°C (572°F)
Hardox HiTuf**	300°C (572°F)
Hardox 400	225°C (437°F)
Hardox 450	225°C (437°F)
Hardox 500	225°C (437°F)
Hardox 550	225°C (437°F)
Hardox 600	225°C (437°F)
Hardox Extreme	100°C (212°F)

** Temperatury międzyściegowe o wartości do około 400°C mogą być w niektórych przypadkach stosowane dla Hardox HiTuf. W takich sytuacjach należy skorzystać z WeldCalc

Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i maksymalne temperatury międzyściegowe pokazane w Tabelach 5 i 6 nie mają wpływu na ilość doprowadzonego ciepła wyższego niż 1.7 kJ/mm. Powyższa informacja zakłada, że spoinę pozostawia się do ochłodzenia na wolnym powietrzu. Należy zwrócić uwagę, że zalecenia te dotyczą również spoin szczepnych i ściegów graniowych. Każda ze spoin szczepnych powinna mieć co najmniej 50 mm długości. W przypadku blach o grubości poniżej 8 mm, można też używać krótszych spoin. Odległość między spoinami szczepnymi może być różna, w zależności od wymagań.

Uzyskanie i pomiar temperatury podgrzewania

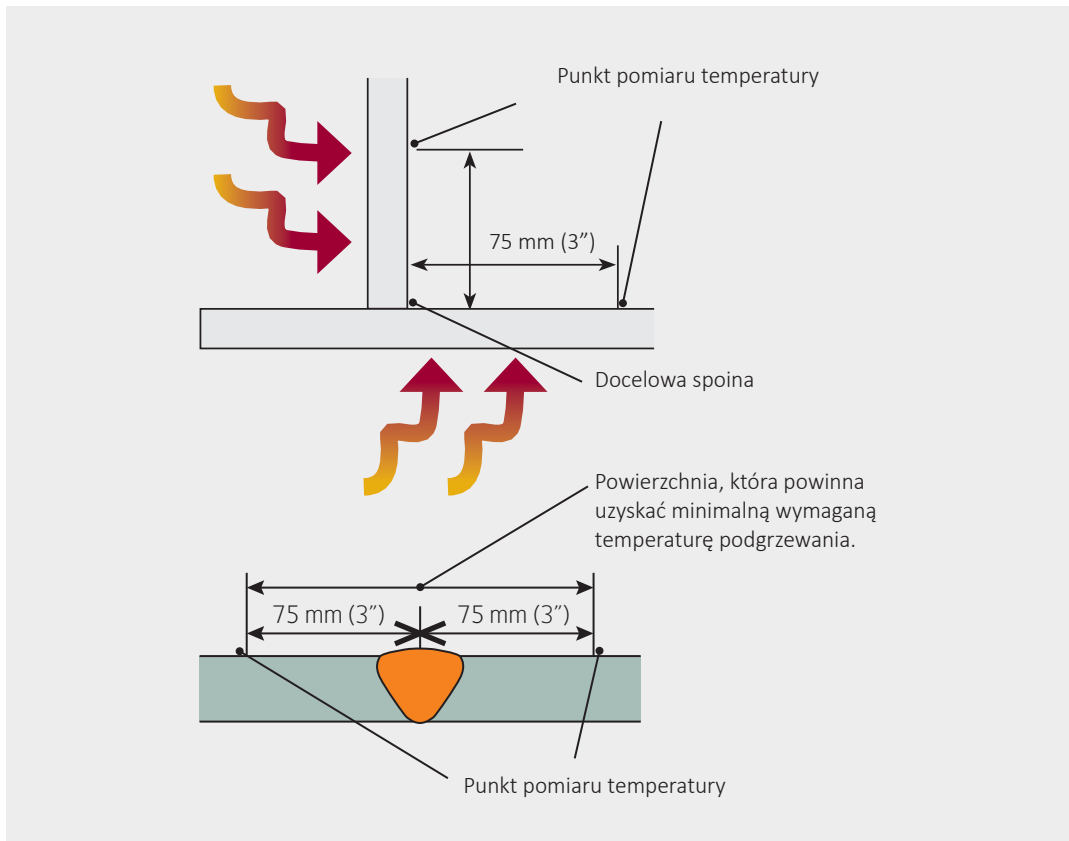
Wymaganą temperaturę podgrzewania można osiągnąć na kilka sposobów. Najlepiej stosować do tego celu elektryczne podgrzewacze (Rysunek 5) umieszczone wokół spoiny, ponieważ zapewniają one równomierne ogrzewanie powierzchni. Temperaturę należy mierzyć np. przy użyciu termometru kontaktowego.

Sugerujemy, by zalecaną temperaturę podgrzewania mierzyć po przeciwnej stronie niż ogrzewanie; patrz Rysunek 6.

Rysunek 5: Przykład podgrzewacza



Rysunek 6: Zalecana temperatura podgrzewania



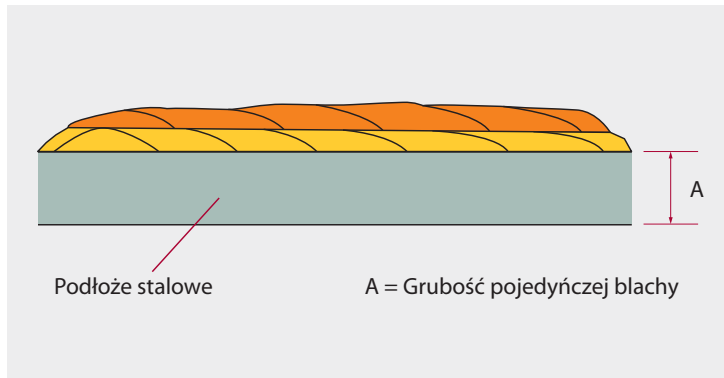
Jeśli blacha ma grubość 25 mm, temperaturę należy zmierzyć 2 minuty po podgrzaniu. Czas ten wydłużyć się odpowiednio o 2 minuty na każde 25 mm. Minimalną temperaturę podgrzewania powinno się uzyskać na powierzchni 75 + 75 mm wokół docelowej spoiny; patrz Rysunek 6.

Napawanie utwardzające

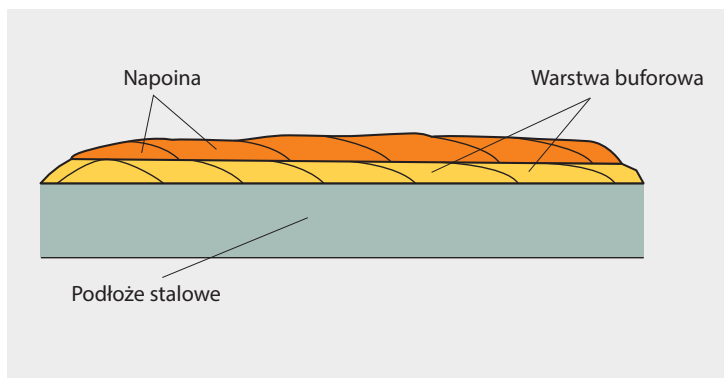
Jeśli spoina znajduje się w miejscu, od którego oczekuje się dużej odporności na ścieranie, można zastosować napawanie przy użyciu specjalnych materiałów spawalniczych, aby zwiększyć odporność metalu spoiny na ścieranie. Należy przestrzegać instrukcji dotyczących łączenia i napawania stali Hardox. Niektóre materiały spawalnicze do napawania wymagają bardzo wysokiej temperatury podgrzewania, która może przekroczyć maksymalną zalecaną temperaturę międzyściogową dla stali Hardox. Warto zauważyć, że zastosowanie temperatury podgrzewania powyżej maksymalnej zalecanej temperatury międzyściogowej dla stali Hardox może zmniejszyć twardość blachy bazowej i skutkować pogorszeniem odporności podgrzanego obszaru na ścieranie.

Minimalne i maksymalne temperatury podgrzewania są takie same, jak przy tradycyjnych metodach spawania; patrz Tabela 5. Grubość jednej blachy dla napawania można sprawdzić na Rysunku 7.

Rysunek 7: Określenie grubości jednej blachy



Rysunek 8: Przykład sekwencji spawania przy użyciu materiałów spawalniczych dla warstwy buforowej i napawania



Korzystne jest położenie warstwy buforowej z materiałów spawalniczych o bardzo wysokiej udarności między zwykłą spoiną lub blachą a napoiną. Wybór materiałów spawalniczych dla warstwy buforowej powinien być zgodny z zaleceniami spawania dla trudnościeralnych blach Hardox. Do warstwy buforowej najlepsze są materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej zgodne z AWS 307 i AWS 309; patrz Rysunek 8.

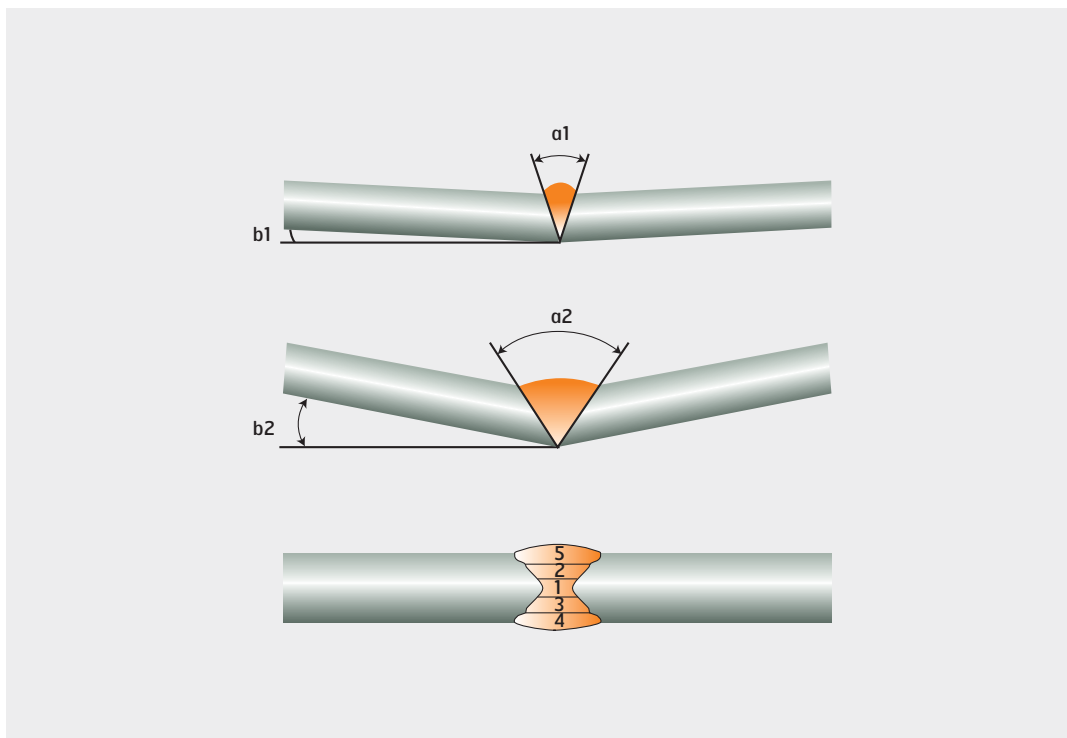
Zalecenia dla ograniczenia odkształceń

Ilość odkształceń w trakcie i po spawaniu zależy od grubości blachy bazowej i procedury spawania. Odkształcenia są bardziej oczywiste w przypadku blach cienkich, a poważne deformacje czy nawet przepalenia mogą spowodować problemy i pogorszyć parametry całej konstrukcji.

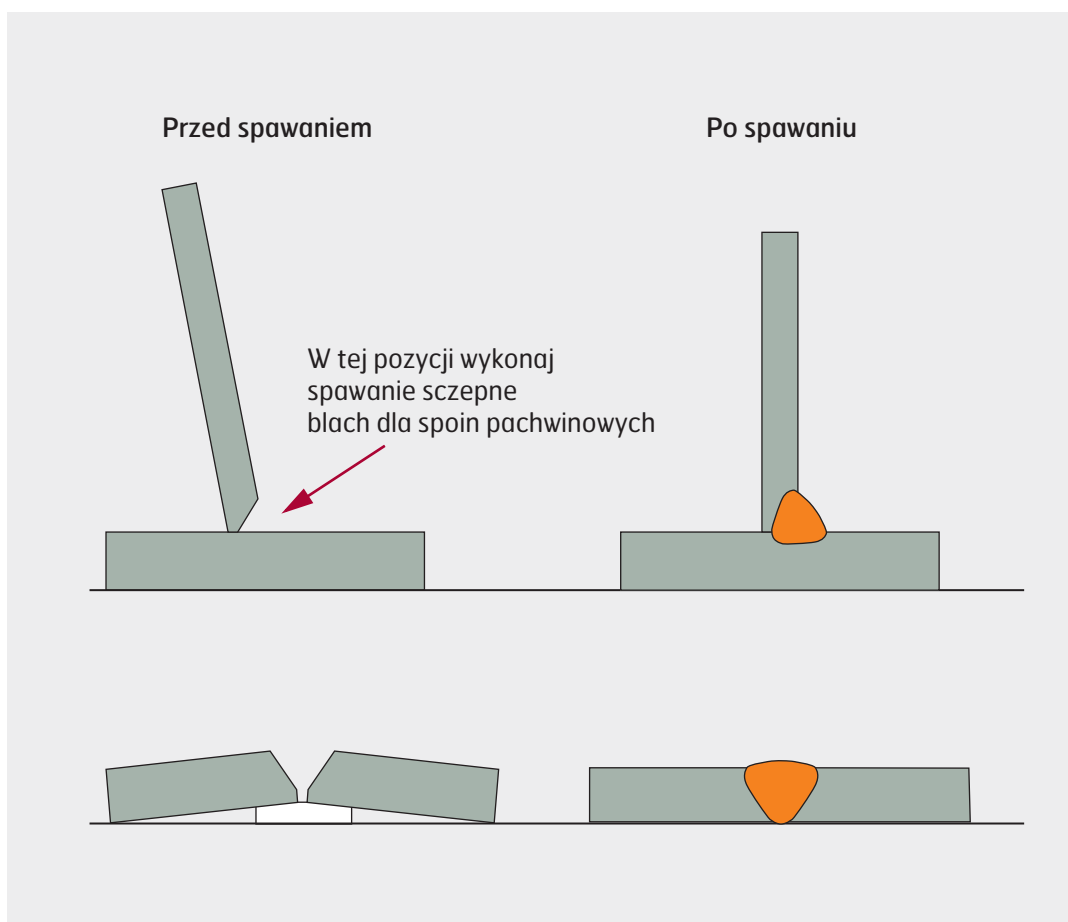
Występowanie odkształceń podczas spawania można ograniczyć do minimum, stosując się do następujących zaleceń:

- ▶ Spawaj z maksymalnie niską ilością wprowadzanego ciepła (spawanie jednościegowe).
- ▶ Zmniejsz do minimum przekrój poprzeczny; patrz Rysunek 9.
- ▶ Przegięcia, mocowanie oraz ustawienia kątowe wykonaj przed rozpoczęciem spawania, w celu kompensacji deformacji; patrz Rysunek 10.
- ▶ Unikaj nieregularnych wielkości szczelin spawalniczych.
- ▶ Stosuj spoiny symetryczne; patrz Rysunek 9.
- ▶ Ogranicz do minimum wzmocnienia i zoptymalizuj grubość spoin pachwinowych.
- ▶ Spawaj od obszarów usztywnionych po luźne końce.
- ▶ Zmniejsz odstęp między spoinami szczipnymi.
- ▶ Stosuj spawanie techniką krokową w tył; patrz Rysunki 11-12.

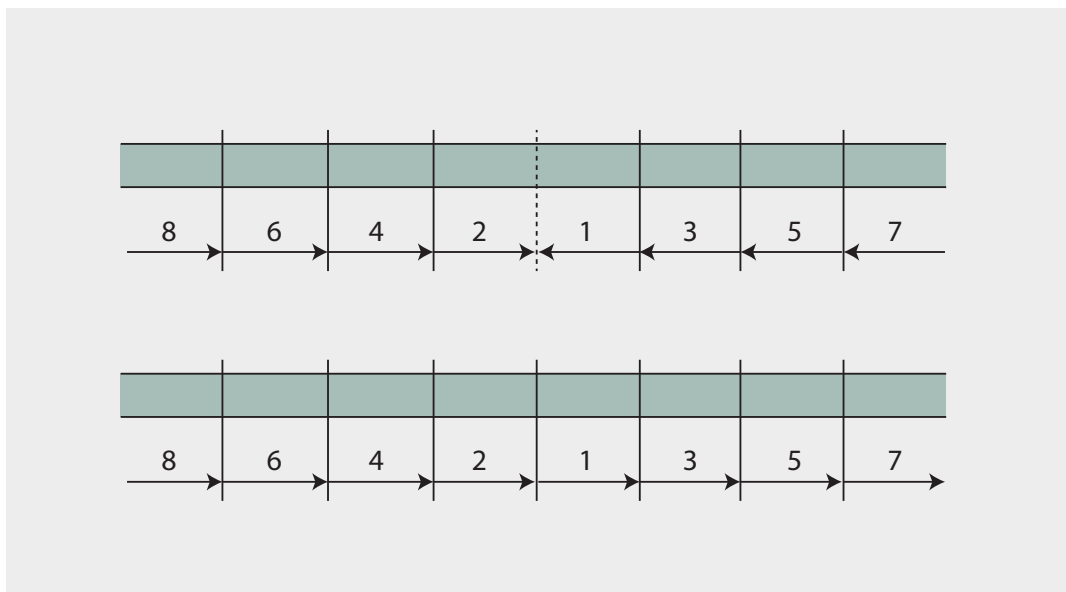
Rysunek 9: Przekrój poprzeczny spoiny i jego wpływ na odkształcenia



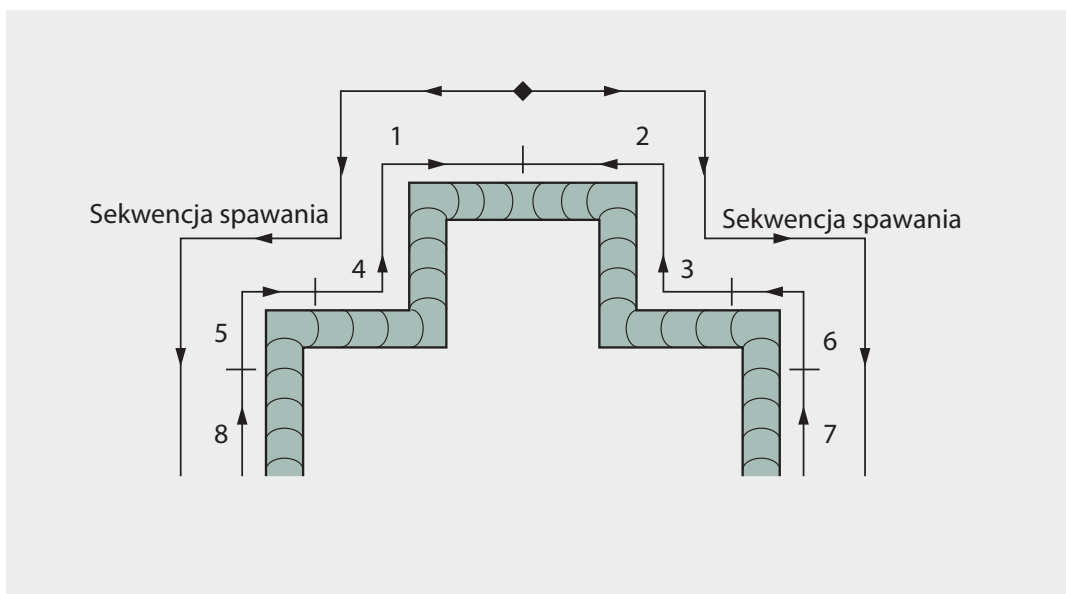
Rysunek 10: Ustawienia dla spoiny pachwinowej i spoiny czołowej V



Rysunek 11: Zastosowanie symetrycznej sekwencji spawania



Rysunek 12: Przykład spawania techniką krokową



Spawanie na powłoce gruntowej Hardox

Niska zawartość cynku w farbie pokrywającej stal Hardox powoduje, że możliwe jest spawanie bezpośrednio na powłoce. Powłokę łatwo jest usunąć szczotką lub zeszlifować w miejscu, gdzie ma znajdować się spoina; patrz Rysunek 13. Usunięcie farby przed spawaniem może korzystnie wpłynąć na proces, minimalizując porowatość spawu, a także ułatwić spawanie w pozycjach innych niż pozioma. Jeżeli warstwa farby będzie pozostawiona, wtedy porowatość metalu spoiny nieznacznie wzrośnie. Spawanie techniką FCAW z wykorzystaniem drutu litego topnikowego zapewnia najmniejszą porowatość. Przy każdym spawaniu należy zapewnić odpowiednią wentylację – dzięki temu farba nie będzie miała szkodliwego wpływu na spawacza i jego otoczenie.

Rysunek 13: W razie potrzeby powłokę można łatwo usunąć szczotką



Obróbka cieplna po spawaniu

Stal typu Hardox HiTuf może być wyżarzana odpężająco poprzez obróbkę cieplną po spawaniu, niemniej jest to rzadko wymagane. W przypadku innych typów stali Hardox, korzystanie z tej metody wyżarzania jest niewskazane, gdyż może wpłynąć na pogorszenie własności mechanicznych stali. Dodatkowe informacje znajdują się w podręczniku spawania dostępnym w SSAB. Podręcznik można zamówić na stronie www.ssab.pl.

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.

Kolejowa 15
55-020 Żórawina
Polska

tel. +48 71 346 73 11
e-mail: biuro.pl@ssab.pl

www.ssab.pl