

HARDOX®
WEAR PLATE

SPAWANIE HARDOX®



SSAB

SPIS TREŚCI

Spawanie trudnościeralnej blachy Hardox®	3
Metody przygotowania złącza	4
Doprowadzane ciepło	5
Unikanie pęknięcia wodorowego	6
Minimalne temperatury podgrzewania i międzyścięgowe	8
Zalecane temperatury podgrzewania	10
Uzyskanie i pomiar temperatury podgrzewania	12
Napawanie utwardzające	13
Zalecenia dla ograniczenia odkształceń	14
Czas chłodzenia t 8/5	16
Sekwencja spawania i rozmiar szczeliny spoiny	17
Materiały spawalnicze	18
Materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej	20
Gaz osłonowy	21
Spawanie na powłoce gruntowej	22
Obróbka cieplna po spawaniu	22
Nowości w technologii spawania	23



Podręcznik spawania SSAB

Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej o spawaniu, zalecamy skorzystanie z Podręcznika spawania SSAB. Ten 132-stronicowy dokument zawiera mnóstwo przydatnych informacji i rekomendacji dla techników, inżynierów i innych specjalistów. Znajdują się w nim wskazówki, jak osiągnąć najlepsze efekty podczas spawania trudnościeralnych blach Hardox® oraz wysokowytrzymałych stali Strenx®. Opisuje cykl i przepływ ciepła, jak uniknąć pęknięć, jak poprawić strefę HAZ, wybrać materiały spawalnicze czy geometrię spoiny.

Możesz pobrać wersję cyfrową lub zamówić wersję drukowaną podręcznika na stronie:

ssab.com/support/steel-handbooks

SPAWANIE TRUDNOŚCIERALNEJ BLACHY HARDOX®

Trudnościeralne blachy Hardox®, w tym także arkusze, pręty okrągłe i rury, łączą 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 właściwości stali Hardox®. Niniejsza broszura zawiera odniesienia do:

- ▶ Dokumentów TechSupport ze szczegółowymi informacjami i sposobami np. na uniknięcie przerwania ciągłości. Dokumenty te wymieniają też przykładowych dostawców materiałów spawalniczych. Dokumenty TechSupport można znaleźć w sekcji Do pobrania na stronie: ssab.com/download-center.
- ▶ WeldCalc™ jako aplikacji mobilnej lub stacjonarnej, która umożliwi optymalizację spawania w oparciu o konkretne warunki i wymagania odnośnie do spawanej konstrukcji. WeldCalc™ można pobrać na stronie: ssab.com/support/calculators-and-tools.

Informacje zawarte w broszurze mają charakter orientacyjny. SSAB AB nie ponosi odpowiedzialności za stosowność danych dla konkretnego zastosowania. Obowiązkiem użytkownika jest niezależne sprawdzenie odpowiedniego charakteru wszystkich produktów i/lub zastosowań. Informacje dostarczone poniżej przez SSAB AB są zgodne z obecnie dostępnym stanem wiedzy, a całość ryzyka z nimi związanymi leży po stronie użytkownika.



WAŻNE PARAMETRY SPAWANIA

Aby zapewnić wysoką jakość spoiny, przed spawaniem należy oczyścić miejsce na spoinę, usuwając ciała obce, wilgoć, pozostałości oleju lub inne zanieczyszczenia. Dodatkowo, poza higieną spawania, istotne są następujące kwestie:

- ▶ Wybór materiałów spawalniczych
- ▶ Temperatury podgrzewania i międzyścięgowe
- ▶ Doprowadzane ciepło
- ▶ Kolejność układania ściągów i rozmiar szczeliny spoiny

METODY PRZYGOTOWANIA ZŁĄCZA

Złącza mogą być przygotowane tradycyjnymi metodami, jak cięcie termiczne i obróbka maszynowa. Jeśli stosowane jest cięcie termiczne, pojawi się cienka warstwa tlenku lub azotku o grubości do 0.2 mm. Warstwy te usuwa się przed spawaniem, z reguły szlifierką.

DOPROWADZANE CIEPŁO

Większość procedur spawania wykonywana jest ze spawaniem DC lub AC. Dla spawania DC i AC, doprowadzane ciepło obliczane jest wg poniższego wzoru.

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

Doprowadzane ciepło dla spawania tukiem pulsującym można obliczyć za pomocą dowolnego z poniższych dwóch wzorów:

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1000} \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{kJ/inch} \end{matrix}$$

lub

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1000} \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{kJ/inch} \end{matrix}$$

Q = Doprowadzane ciepło kJ/mm (kJ/inch)
 k = Sprawność cieplna (niemianowana)
 U = Napięcie (V)
 I = Natężenie [A]
 v = Prędkość spawania mm/min (inch/min)
 L = Długość spoiny [mm lub inch]
 IE = Energia chwilowa [J]
 IP = Moc chwilowa [W]

Różne sposoby spawania charakteryzują się różnymi poziomami sprawności cieplnej. W Tabeli 1 przedstawiono przybliżone wartości dla różnych metod spawania.

Sprawność cieplna różnych metod spawania

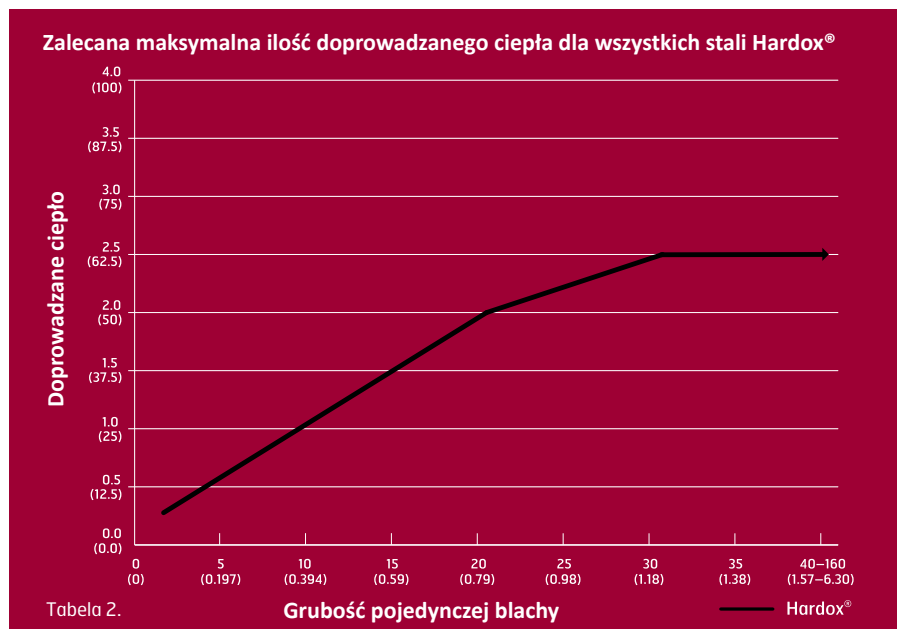
METODA SPAWANIA	SPRAWNOŚĆ CIEPLNA (K)
MAG/ GMAW	0,8
MMA/ SMAW	0,8
SAW	1,0
TIG/ GTAW	0,6

Tabela 1.

Nadmierna ilość doprowadzonego 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 doprowadzanego ciepła przynosi następujące korzyści:

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

Bardzo niska ilość doprowadzanego ciepła może jednak wpłynąć negatywnie na udurowienie (wartości t 8/5 poniżej 3 sekund). Tabela 2 pokazuje zalecane maksymalne ilości doprowadzanego ciepła (Q) dla stali Hardox®.



* patrz definicja na str. 16

UNIKANIE PĘKANIA WODOROWEGO

Ze względu na relatywnie niski równoważnik węgla, wszystkie gatunki stali Hardox® są w większym stopniu odporne na pękanie wodorowe niż inne stale trudnościeralne.

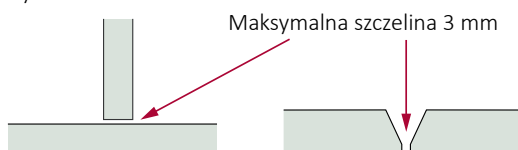
Ryzyko pękania wodorowego można ograniczyć, stosując się do następujących zaleceń:

- ▶ Podgrzej obszar spoiny do zalecanej temperatury minimalnej.
- ▶ Zmierz temperaturę podgrzewania zgodnie z zaleceniami na str. 10.
- ▶ Korzystaj z procesów i materiałów spawalniczych, których maksymalna zawartość wodoru wynosi 5ml/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. (więcej o materiałach spawalniczych na str.18)
- ▶ Stosuj właściwą sekwencję spawania, aby ograniczyć do minimum naprężenia szczątkowe.
- ▶ Umieść początek i koniec spoiny najlepiej co najmniej 50-100 mm od narożnika, aby uniknąć nadmiernych naprężeń w tych miejscach, patrz Rysunek 1.
- ▶ Unikaj szczelin spoin przekraczających 3 mm; patrz Rysunek 2.
- ▶ Wielkość szczeliny nie powinna przekraczać 3 mm, patrz Rysunek 2.

Rysunek 1.



Rysunek 2.





MINIMALNE 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 Hardox® podczas spawania. Na jej podstawie można obliczyć wartość równoważnika węgla. Równoważnik węgla jest z reguły określany jako CEV lub CET i wyliczany zgodnie z wzorami po prawej stronie.

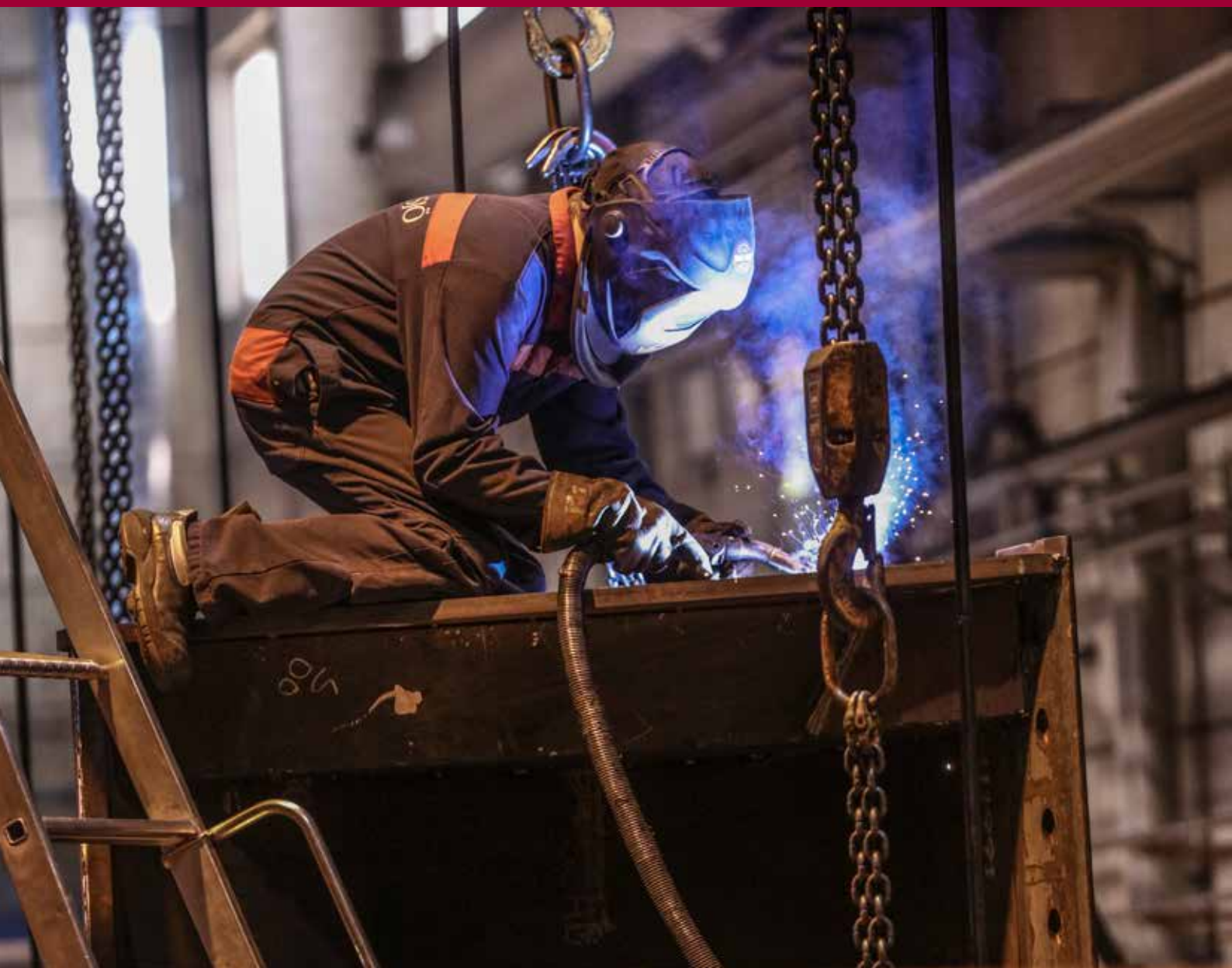
Zawartość pierwiastków stopowych określona jest w certyfikacie z odbioru hutniczego stali Hardox® i umieszczana w poniższych wzorach jako odsetek wagowy. Wyższy równoważnik węgla zazwyczaj wymaga wyższej temperatury podgrzewania i

międzyściegowej. Typowa wartość równoważnika węgla dla wszystkich gatunków Hardox® gwarantowana jest w kartach produktowych SSAB dostępnych na www.hardox.com.

Niemniej jednak, jeśli przestrzegane są minimalne temperatury podgrzewania podane w niniejszym dokumencie, obliczenia równoważnika węgla nie są potrzebne.

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

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

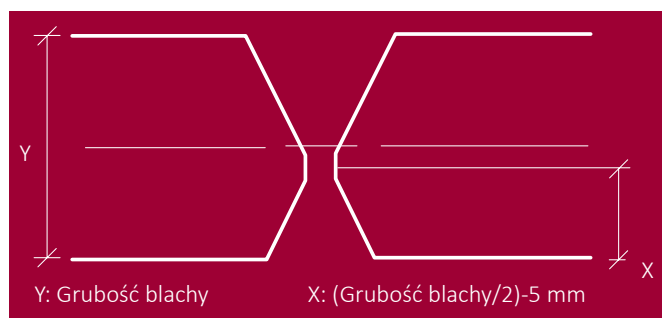


Temperatury podgrzewania i międzyścięgowe dla całego zakresu trudnościeralnych stali Hardox®

Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i temperatury międzyścięgowe w trakcie spawania podano w Tabelach 3, 4a i 5. 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 międzyścięgową; patrz Rysunek 4.
- ▶ Jeśli spawane są różne gatunki stali, blacha wymagająca najwyższej temperatury podgrzewania determinuje wymagane temperatury podgrzewania i międzyścięgowe.
- ▶ Tabele 4a i 4b dotyczą doprowadzanego ciepła o wartości 1.7 kJ/mm lub wyższej. Jeśli ilość doprowadzonego ciepła 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 dużej wilgotności otoczenia lub temperatury poniżej 5°C, najniższe zalecane temperatury podgrzewania podane w Tabeli 4a i 4b należy podwyższyć o 25°C.
- ▶ W przypadku spoin czołowych 2V o grubościach powyżej 25 mm, zalecamy odsunięcie ściegu graniowego o około 5 mm od linii środkowej blachy.

* Blacha gruba, pręt okrągły i rura.



Rysunek 3.

Maksymalna zalecana temperatura międzyścięgowa/temperatura podgrzewania

Hardox® HiTemp**	300°C (572°F)
Hardox® HiTuf**	300°C (572°F)
Hardox® HiAce	225°C (437°F)
Hardox® 400/400 Rura i pręt okrągły	225°C (437°F)
Hardox® 450	225°C (437°F)
Hardox® 500/500 Rura	225°C (437°F)
Hardox® 500 Tuf	225°C (437°F)
Hardox® 550	225°C (437°F)
Hardox® 600	225°C (437°F)
Hardox® Extreme	100°C (212°F)

Tabela 3.

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

Temperatura międzyścięgowa pokazana w Tabeli 3 jest maksymalną zalecaną temperaturą w spoinie (na metalu spoiny) lub w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny (punkt startowy), zaraz przed rozpoczęciem kolejnego ściegu.

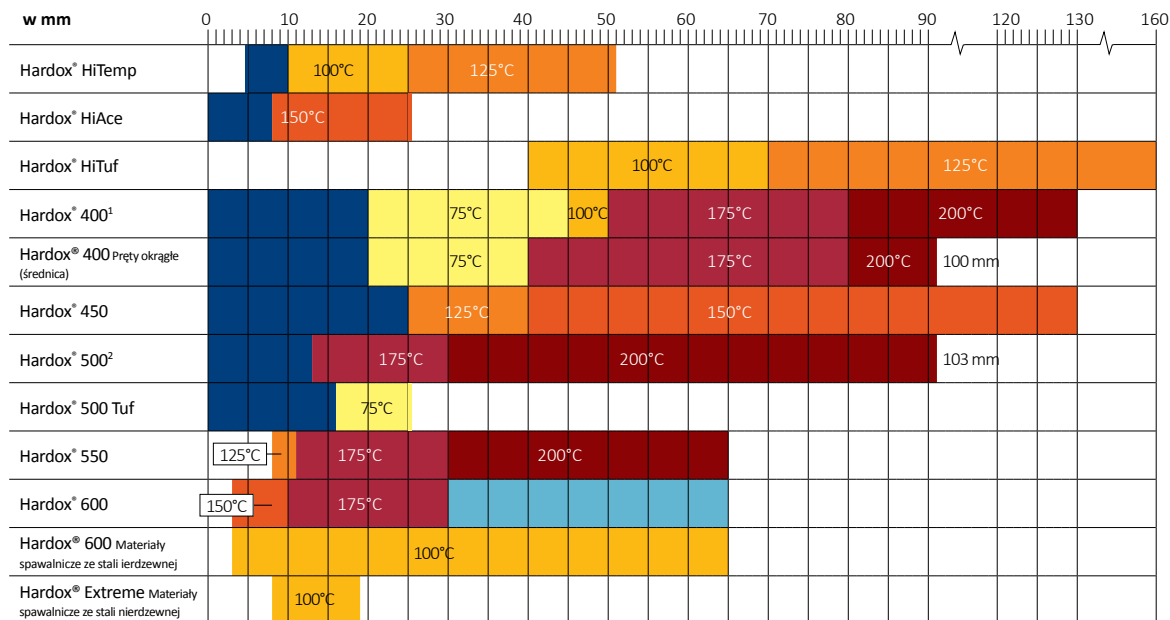
Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i maksymalne temperatury międzyścięgowe pokazane w Tabelach 3, 4a i 5 nie mają wpływu na doprowadzone ciepło wyższe niż 1.7 kJ/mm. Powyższe zdanie zakłada, że spoinę pozostawia się do ochłodzenia na wolnym powietrzu.

Należy zwrócić uwagę, że zalecenia te dotyczą również spoin sczepnych i ściegów graniowych. Każda ze spoin sczepnych powinna mieć co najmniej 50 mm długości. W przypadku blach o grubości poniżej 8 mm, można też używać krótszych spoin. Odległość między spoinami sczepnymi może być różna, w zależności od wymagań.

ZALECANE TEMPERATURY PODGRZEWANIA

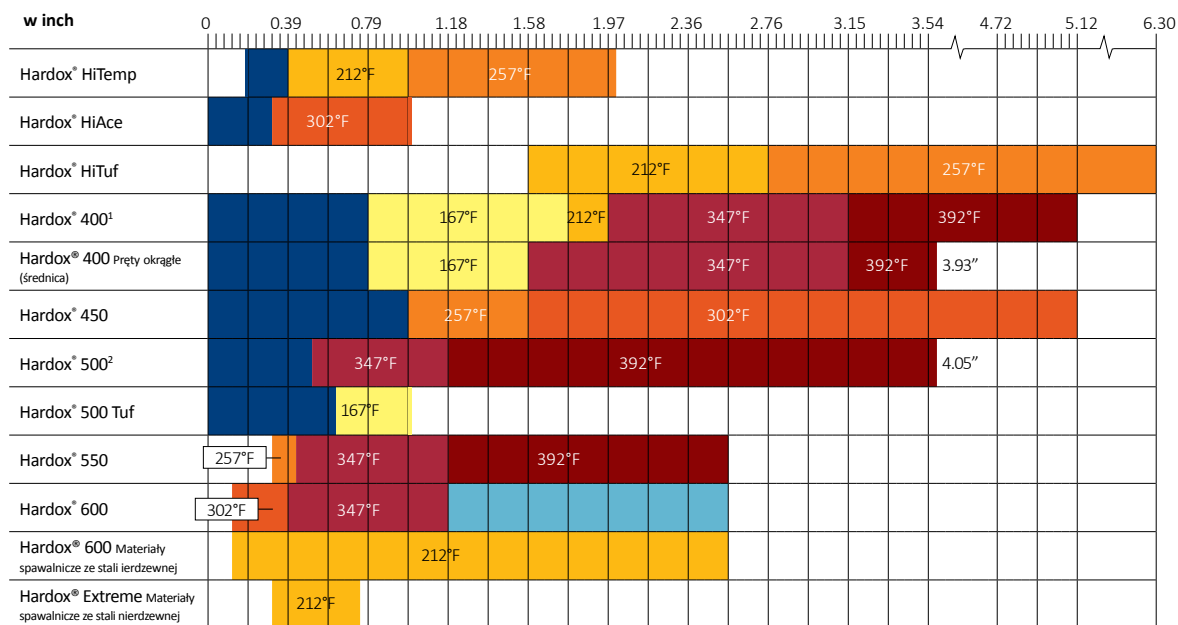
Grubość jednej blachy (średnica) pokazana jest na osi X. Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i międzyścigowe podane są dla różnych grubości pojedynczych blach. Proszę pamiętać, że każdy wzrost temperatury zaczyna się 0,1 mm powyżej grubości podanej na wykresach.

Tabela 4a.



Temperatura pokojowa (ok. 20°C)
 Poza zakresem rozmiarów
 Wyłącznie materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej
 Temperatura podgrzewania i międzyścigowa co najmniej 100°C

Tabela 4b.



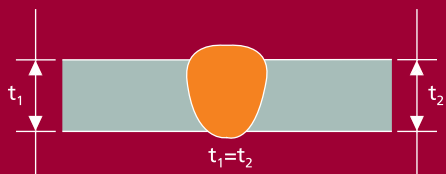
Temperatura pokojowa (ok. 68°F)
 Poza zakresem rozmiarów
 Wyłącznie materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej
 Temperatura podgrzewania i międzyścigowa co najmniej 212°F

¹ Temperatura podgrzewania dla Hardox[®] 400 dotyczy również rur Hardox[®] 400, dostępnych w zakresie grubości 3 - 6 mm.

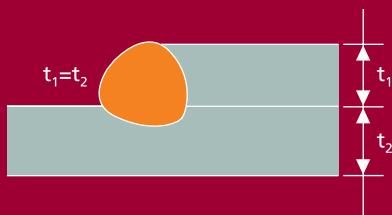
² Temperatura podgrzewania dla Hardox[®] 500 dotyczy również rur Hardox[®] 500, dostępnych w zakresie grubości 3 - 6 mm.

Schematyczny rysunek pokazujący "grubość pojedynczej blachy" (średnica)

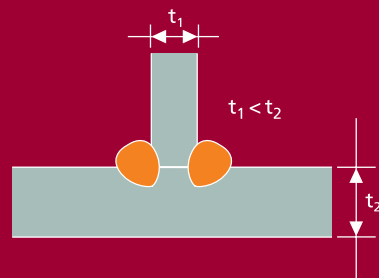
Rysunek 4.



$t_1 = t_2$ Grubość jednej blachy wynosi t_1 lub t_2 , pod warunkiem, że użyto tego samego gatunku stali.



$t_1 = t_2$ Grubość jednej blachy wynosi t_1 lub t_2 , pod warunkiem, że użyto tego samego gatunku stali.



$t_1 < t_2$ W tym przypadku grubość jednej blachy wynosi t_2 , pod warunkiem, że użyto tego samego gatunku stali.

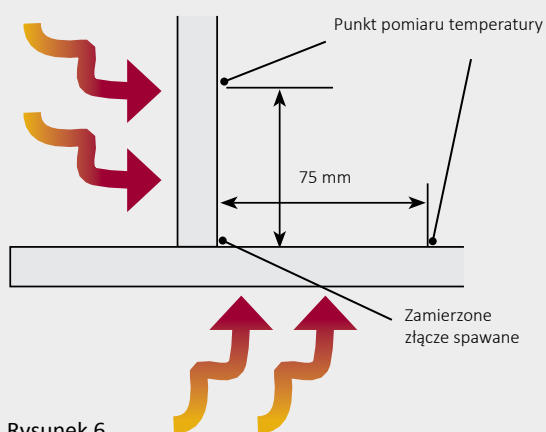


UZYSKANIE I POMIAR TEMPERATURY PODGRZEWANIA

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.

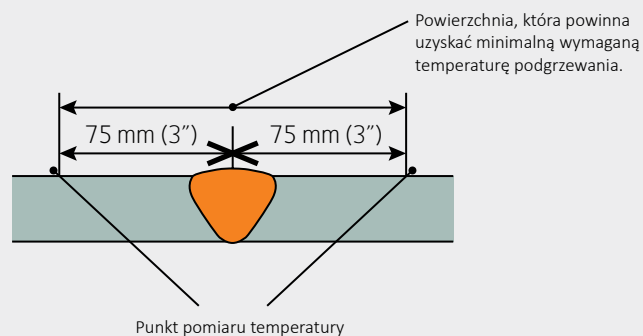
Rysunek 5. Przykład podgrzewacza

Zalecana procedura podgrzewania



Rysunek 6.

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



Temperaturę międzyściogową można również mierzyć w spoinie lub w bezpośrednio przylegającym materiale rodzimym.

NAPAWANIE UTWARDZAJĄCE

Jeśli spoina znajduje się w miejscu, od którego oczekuje się dużej odporności na ścieranie, można zastosować napawanie utwardzające przy użyciu specjalnych materiałów spawalniczych, aby zwiększyć odporność metalu spoiny na ścieranie. Należy przestrzegać instrukcji dotyczących łączenia i napawania utwardzającego stali Hardox®.

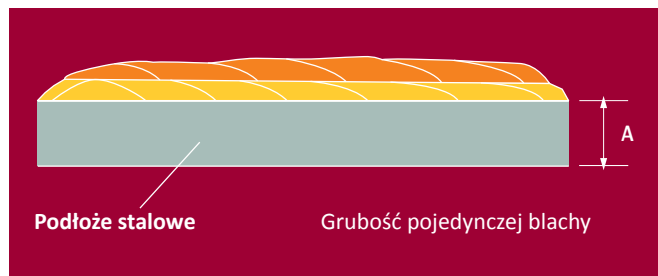
Niektóre materiały spawalnicze do napawania utwardzającego wymagają bardzo wysokiej temperatury podgrzania, która może przekroczyć maksymalną zalecaną temperaturę międzyściegową dla stali Hardox®.

Warto zauważyć, że zastosowanie temperatury podgrzewania powyżej maksymalnej zalecanej temperatury międzyściegowej dla stali Hardox® może zmniejszyć twardość blachy bazowej i skutkować pogorszeniem odporności podgrzanego obszaru na ścieranie.

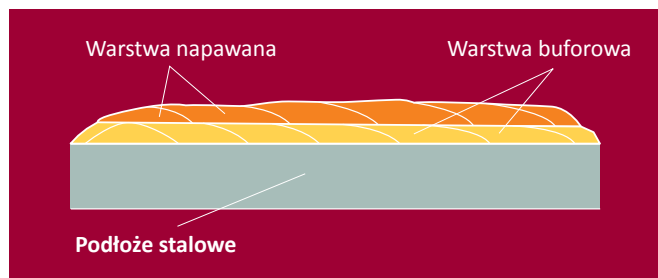
Minimalne i maksymalne temperatury podgrzewania są takie same, jak przy tradycyjnych metodach spawania; patrz Tabela 4a i 4b. Grubość jednej blachy dla napawania utwardzającego można sprawdzić na Rysunku 7.

Korzystne jest spawanie warstwy buforowej o wyjątkowo dużej wytrzymałości między zwykłą spoiną lub blachą a napawaniem utwardzającym. Wybór materiałów spawalniczych dla warstwy buforowej powinien być zgodny z zalecaniami 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.

Rysunek 7. Określenie grubości pojedynczej blachy



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

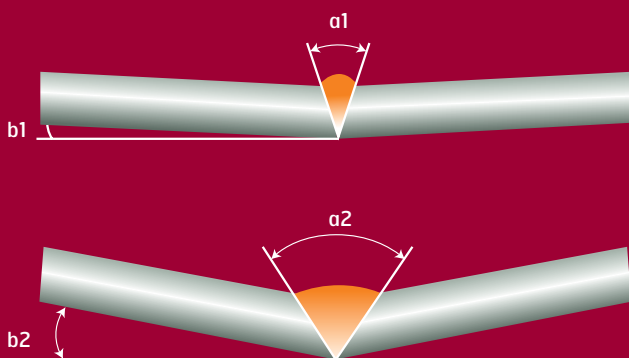


ZALECENIA DLA OGRANICZENIA ODKSZTAŁCEŃ

Ilość odkształceń w trakcie i po spawaniu zależy od grubości blachy bazowej i procedury spawania. Należy minimalizować odkształcenia, szczególnie przy spawaniu cieńszych blach, przestrzegając następujących zaleceń:

- ▶ Spawaj z maksymalnie niską ilością doprowadzanego ciepła (spawanie jednościgowe).
- ▶ Zmniejsz do minimum przekrój poprzeczny; patrz Rysunek 9.
- ▶ Stosuj spoiny symetryczne; patrz Rysunek 10.
- ▶ Zginanie i dociskanie elementów wykonaj przed spawaniem, aby zrównoważyć odkształcenia; patrz Rysunek 11.
- ▶ Unikaj nieregularnych szczelin.
- ▶ Ogranicz do minimum wzmocnienia i zoptymalizuj grubość spoin pachwinowych.
- ▶ Zmniejsz odstęp między spoinami szepnymi.
- ▶ Stosuj spawanie techniką krokową. Przy spawaniu ściegiem krokowym, wszystkie ściegi spawane są w przeciwnym kierunku do ogólnego kierunku. Przy spawaniu ściegiem przerywanym, wszystkie sekwencje nie muszą być kierowane przeciwnie do ogólnego kierunku, patrz Rysunek 12.
- ▶ Spawaj od sztywnych powierzchni po luźne końce, patrz Rysunek 13.

Rysunek 9. Przekrój poprzeczny spoiny i jego wpływ na odkształcenia



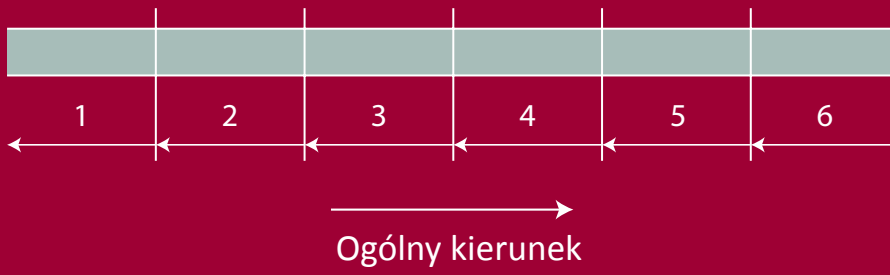
Rysunek 11. Ustawienia dla spoiny pachwinowej i spoiny czołowej V



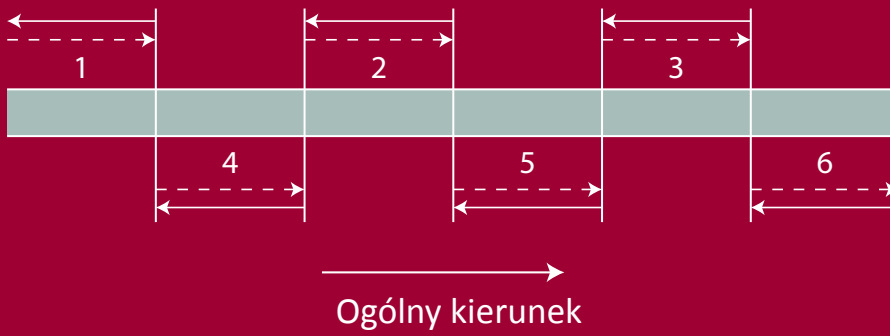
Rysunek 10.



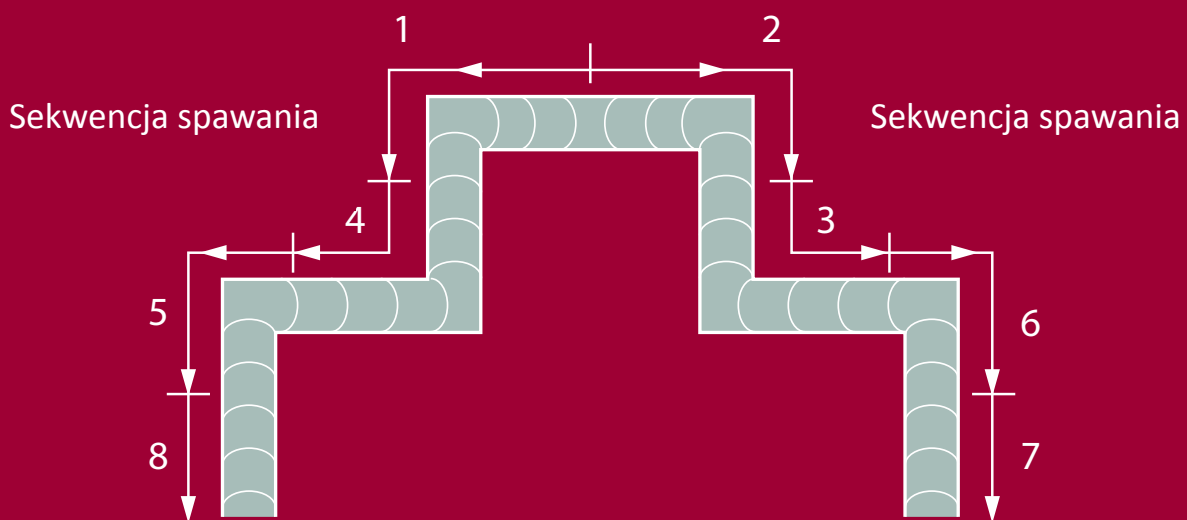
Przykład kierunku spawania w spawaniu ściegiem krokowym



Przykład kierunku spawania w spawaniu ściegiem przerywanym



Rysunek 13.



CZAS CHŁODZENIA

t 8/5

Czas chłodzenia (t 8/5) to czas potrzebny na schłodzenie spoiny od temperatury 800° do 500°C, stanowi on dobry opis efektu cieplnego spawania.

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.



WeldCalc™ oferuje optymalne zalecenia dotyczące spawania.

Aplikacja SSAB WeldCalc dostarcza informacji na temat poprawnych ustawień maszyny spawalniczej, w tym zalecanej ilości doprowadzanego ciepła, temperatur podgrzewania, napięcia, natężenia i prędkości spawania. Pobierz aplikację mobilną WeldCalc App lub wersję na komputery stacjonarne na stronie: ssab.com/support/calculators-and-tools lub zeskanuj poniższe kody QR dla aplikacji iOS i Android:



App store



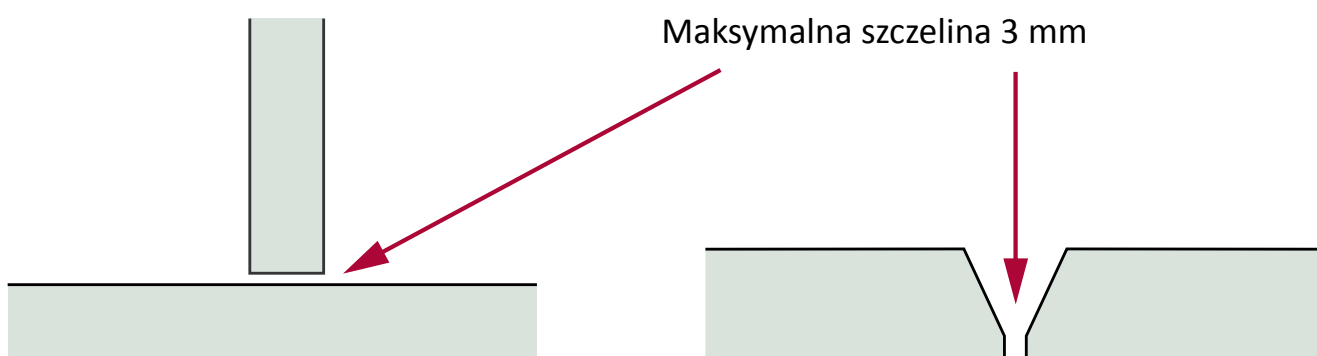
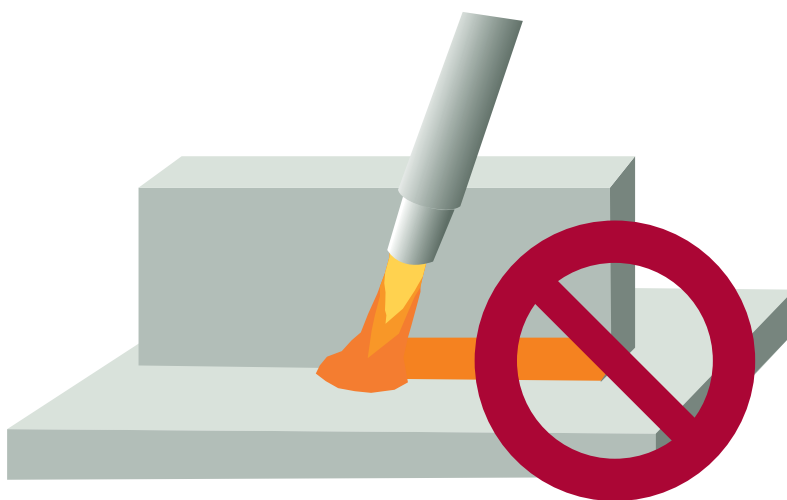
Google play

SEKWENCJA SPAWANIA I ROZMIAR SZCZELINY SPOINY

Ważne jest, by odstęp pomiędzy spawanymi elementami nie przekraczał 3 mm (1/8"); patrz Rysunek 14. Odstęp ten powinien być maksymalnie równomierny wzdłuż całego spawu.

Punkt rozpoczęcia i zakończenia spawu nie powinien znajdować się w miejscach naprężeń. Jeżeli to możliwe, spaw powinien zaczynać się i kończyć przynajmniej 50–100 mm od narożnika; patrz Rysunek 14. Podczas spawania z krawędziami blach, warto zastosować blachę wybiegową.

Rysunek 14. Należy unikać umieszczenia punktu rozpoczęcia i zakończenia spawu w narożnikach. Wielkość szczeliny nie powinna przekraczać 3 mm.



MATERIAŁY SPAVALNICZE

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 większą twardość metalu spoiny, co redukuje szybkość jego ścierania. Jeśli ta cecha metalu spoiny ma kluczowe znaczenie, górna część spoiny może być spawana za pomocą materiałów spawalniczych używanych do napawania utwardzającego; patrz rozdział "Napawanie utwardzające" na str. 13.

Dodatkowo, zalecane materiały spawalnicze dla stali Hardox® oraz ich oznaczenia wg klasyfikacji AWS i EN znaleźć można w Tabeli 5.

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 pełnym metodami MAG/GMA i TIG/GTA. Informacje odnośnie zawartości wodoru dla materiałów spawalniczych innych rodzajów najlepiej uzyskać od ich producentów. SSAB podaje przykłady stosownych materiałów spawalniczych w dokumencie TechSupport Nr. 60, dostępnym na naszej stronie www.ssab.com.

Jeśli materiały są przechowywane zgodnie z zaleceniami producenta, zawartość wodoru będzie spełniać poniższy warunek. Dotyczy to także wszystkich materiałów powlekanych i topników.

Tabela 5: Zalecane materiały spawalnicze dla wszystkich stali w gamie trudnościeralnych blach Hardox®

METODA SPAWANIA	KLASYFIKACJA AWS	KLASYFIKACJA EN
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
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, pręt)	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



MATERIAŁY SPAWALNICZE ZE STALI NIERDZEWNEJ

Materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej austenitycznej mogą być używane do spawania wszystkich produktów Hardox®, jak pokazano w Tabeli 6.

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. SSAB podaje przykłady stosownych materiałów spawalniczych w dokumencie TechSupport Nr. 60, dostępnym na naszej stronie www.ssab.com.

Tabela 6: Zalecane materiały spawalnicze ze stali nierdzewnej dla trudnościeralnej blachy Hardox®

METODA SPAWANIA	KLASYFIKACJA AWS	KLASYFIKACJA EN
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	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, pręt)	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 15. Zalecenia dot. gazu osłonowego dla różnych metod spawania znajdują się w Tabeli 7. Mieszanki gazów wymienione w Tabeli 7 to ogólne mieszanki, które można stosować do spawania łukiem krótkim i natryskowym.

Rysunek 15. Mieszanki gazu osłonowego i ich wpływ na spawanie

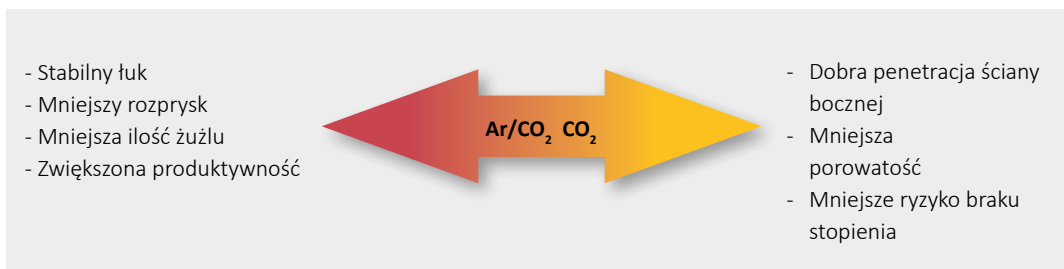


Tabela 7: Przykłady mieszanek gazów osłonowych i zalecenia

METODA SPAWANIA	TYP ŁUKU	STRONA	GAZ OSŁONOWY
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	Krótki łuk	Wszystkie strony	18 – 25% CO ₂ w Ar
MAG/ MCAW, drut rdzeniowy	Krótki łuk	Wszystkie strony	18 – 25% CO ₂ w Ar
MAG/ GMAW, drut spawalniczy pełny	Łuk natryskowy	pozioma	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/ GMAW, FCAW	Łuk natryskowy	wszystkie	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/GMAW, MCAW	Łuk natryskowy	pozioma	15 – 20% CO ₂ w Ar
MAG/GMAW, automatyczne	Łuk 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.

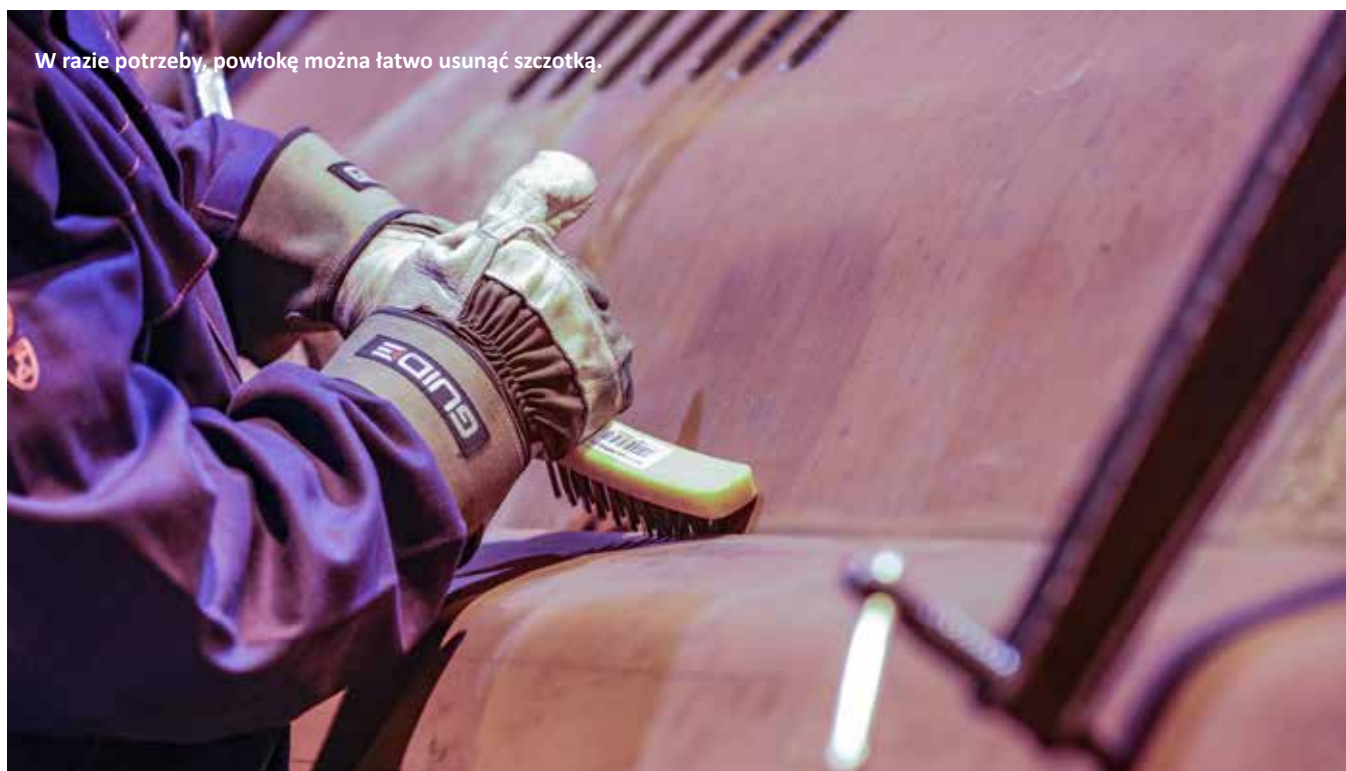
Przy każdej metodzie spawania z wykorzystaniem gazu osłonowego, przepływ gazu jest uzależniony od procedury spawania. Ogólną zasadą jest to, że przepływ gazu osłonowego w l/min powinien mieć tę samą wartość co wewnętrzna średnica dyszy mierzona w mm.

SPAWANIE NA POWŁOCE GRUNTOWEJ

Niska zawartość cynku w powłoce gruntowej stali 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 poniżej.

Usunięcie powłoki gruntowej przed spawaniem może korzystnie wpłynąć na proces, minimalizując porowatość spawu, a także ułatwić spawanie w pozycjach innych niż pozioma. Jeżeli warstwa gruntowa pozostanie, wtedy porowatość metalu spoiny nieznacznie wzrośnie. Spawanie techniką FCAW z wykorzystaniem drutu rdzeniowego topnikowego zapewnia najmniejszą porowatość.

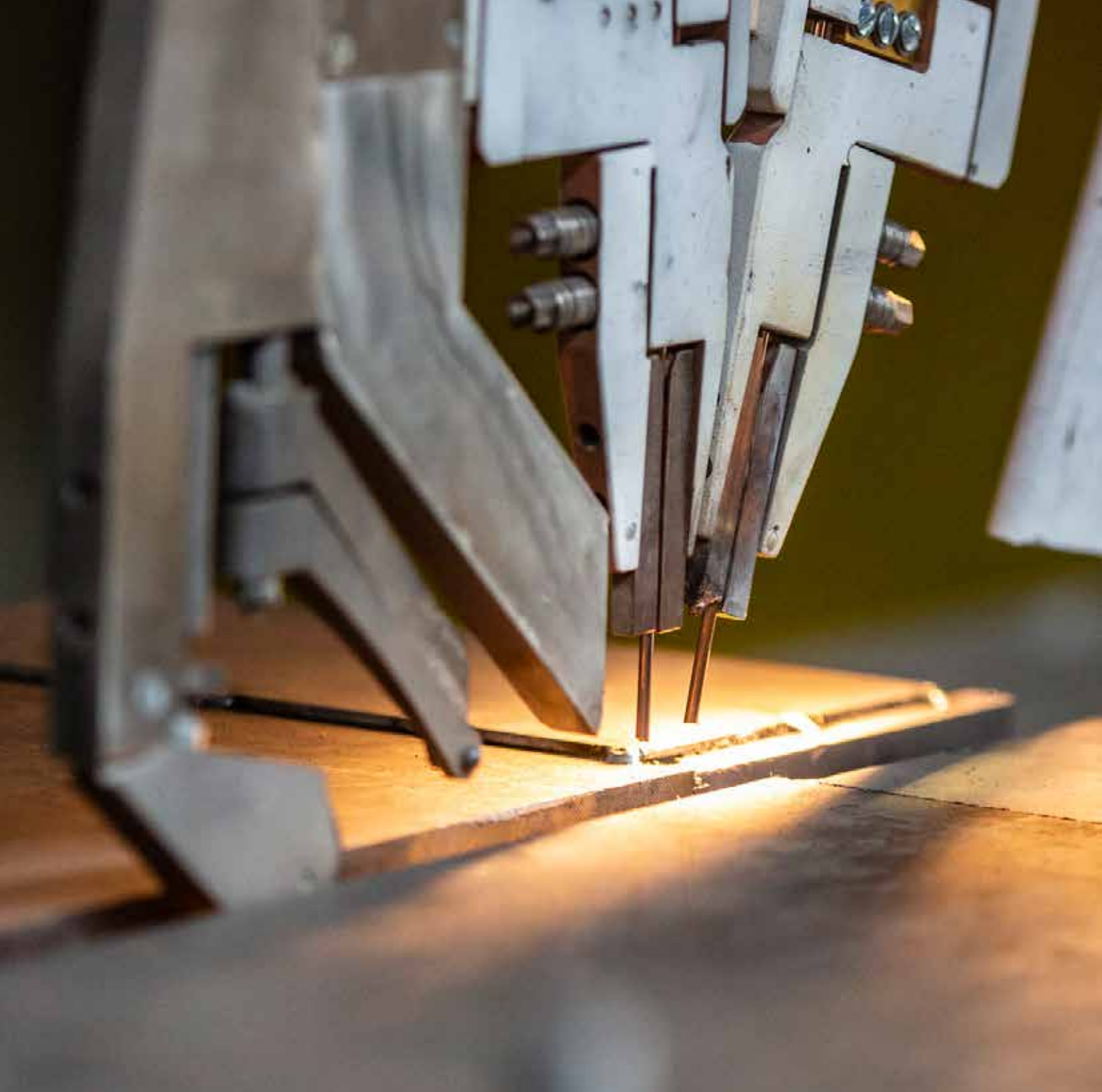
Przy każdym spawaniu należy zapewnić odpowiednią wentylację – dzięki temu powłoka gruntowa nie będzie miała szkodliwego wpływu na spawacza i jego otoczenie.



OBRÓBKA CIEPLNA PO SPAWANIU

Stal typu Hardox® HiTuf i Hardox® HiTemp może być odpuszczana poprzez obróbkę cieplną po spawaniu, niemniej jest to rzadko wymagane. W przypadku innych typów stali Hardox®, korzystanie z tej metody odpuszczania jest niewskazane, gdyż może wpłynąć na pogorszenie własności mechanicznych stali. Dodatkowe informacje znajdują się w podręczniku spawania dostępnym w SSAB. Pobierz kopię Podręcznika Spawania SSAB na ssab.com/support/steel-handbooks.





NOWOŚCI W TECHNOLOGII SPAWANIA

Na własnych stanowiskach spawania SSAB w naszym centrum badań i rozwoju nieustannie testujemy najnowsze technologie i maszyny, by móc przekazać najlepsze rekomendacje w zakresie spawania.

W technologii SAW z wąską szczeliną i użyciem jednego lub dwóch drutów możesz spawać większe grubości trudnościeralnej blachy Hardox®. Uzyskasz wysokiej jakości rezultaty przy mniejszej ilości drutu spawalniczego i proszku topnika, jednocześnie redukując czas pracy maszyny, oszczędzając energię i koszty produkcji. A dzięki metodzie SAW ICE możesz zwiększyć prędkość spawania, obniżyć doprowadzane ciepło.

Bez względu na to, który proces wybierzesz, pomożemy Ci osiągnąć lepsze własności spawanego materiału i większą produktywność.

SSAB jest firmą produkującą stal 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 w Sztokholmie oraz na giełdzie Nasdaq w Helsinkach. www.ssab.com. Dołącz do nas również w mediach społecznościowych: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter i YouTube.



SSAB
SE-613 80 Oxelösund
Szwecja

Tel. +46 155 25 40 00
Faks +46 155 25 40 73
contact@ssab.com

www.hardox.com

Hardox® jest znakiem handlowym Grupy SSAB. Wszelkie prawa zastrzeżone. Informacje zawarte w broszurze mają charakter orientacyjny. SSAB AB nie ponosi odpowiedzialności za stosowność danych dla konkretnego zastosowania. Obowiązkiem użytkownika jest niezależne sprawdzenie odpowiedniego charakteru wszystkich produktów i/lub zastosowań. Informacje dostarczone poniżej przez SSAB AB są zgodne z obecnie dostępnym stanem wiedzy, a całość ryzyka z nimi związanymi leży po stronie użytkownika.

SSAB