

**STRENX<sup>®</sup>**  
PERFORMANCE STEEL



# SPAWANIE STALI STRENX<sup>®</sup>



**SSAB**

# SPAWANIE STALI STRENX®

Ekstremalna wytrzymałość stali Strenx® połączona jest z jej wyjątkową spawalnością. Do spawania stali Strenx® z innymi typami stali można użyć każdej tradycyjnej metody spawania.

Ta broszura ma pomóc w uproszczeniu i udoskonaleniu procesów spawania oraz zwiększeniu ich efektywności. Zawiera porady dotyczące ilości wprowadzonego ciepła, materiałów spawalniczych, temperatury podgrzewania i temperatury międzyścięgowej, gazów osłonowych itd. Celem jest umożliwienie każdemu użytkownikowi pełnego wykorzystania unikalnych właściwości stali Strenx®.

Gatunki stali Strenx® omawiane w tej broszurze

- Niektóre gatunki stali Strenx® można zamówić w wersji D, E lub F. W przypadku tych gatunków zalecenia zawarte w tej broszurze odnoszą się do wymagań dotyczących wiązkości dla gatunków Strenx® E. Gatunki E spełniają wymagania dotyczące udarności dla nienaruszonego metalu macierzystego w temperaturze -40°C, która jest najczęstszą temperaturą testową.

Żeby uzyskać zalecenia dotyczące spawania gatunków stali Strenx® o udarności odpowiadającej wersji F, stali Strenx® P700 i Strenx® 700 OME, prosimy o kontakt z SSAB.

Niniejsza broszura zawiera odniesienia do:

- Naszych dokumentów wsparcia technicznego TechSupport, bardziej szczegółowo omawiających określone tematy. Każdy dokument TechSupport poświęcony jest konkretnej kwestii, takiej jak np. sposoby unikania nieciągłości i przykłady odpowiednich marek materiałów eksploatacyjnych.
- Naszego oprogramowania WeldCalc™, które umożliwia optymalizację spawania w oparciu o konkretne warunki i wymagania odnośnie do spawanej konstrukcji.

Dokumenty TechSupport można znaleźć i pobrać z naszej strony [www.ssab.com/download-center](http://www.ssab.com/download-center).

Licencję użytkownika oprogramowania WeldCalc™ można uzyskać, rejestrując się na tej samej stronie. Zarówno dokumenty TechSupport, jak i licencja na użytkowanie oprogramowania WeldCalc™ są bezpłatne.

Informacje zawarte w tej broszurze mają charakter orientacyjny. SSAB AB nie ponosi odpowiedzialności za odpowiedniość danych dla konkretnego zastosowania. Użytkownik odpowiedzialny jest za wszelkie niezbędne adaptacje i modyfikacje wymagane dla konkretnego zastosowania.







## WAŻNE PARAMETRY SPAWANIA

Przed spawaniem oczyścić złącze, aby usunąć ciała obce, takie jak wilgoć i pozostałości oleju. Poza dobrą higieną spawania, istotne są następujące kwestie:

- Temperatury podgrzewania i międzyścięgowe, aby uniknąć pęknięcia wodorowego
- Ilość wprowadzonego ciepła
- Materiały spawalnicze
- Gaz osłonowy
- Sekwencja spawania i wielkość odstępu w złączu

# METODY PRZYGOTOWANIA ZŁĄCZA

W przypadku tych stali można stosować wszystkie konwencjonalne metody przygotowania spoin. Najpopularniejsze metody to obróbka skrawaniem i cięcie termiczne. Płyty o grubości do około 10 mm można również przygotować poprzez cięcie mechaniczne i wybijanie.

W przypadku blach o grubości do około 4 mm wymagania dotyczące krawędzi nie są zbyt surowe dla konwencjonalnego spawania łukowego. W przypadku złączy zakładkowych i złączy pachwinowych wszystkich grubości płyt wymagania dotyczące krawędzi są często umiarkowane. Frezowanie i cięcie termiczne (gazowe, plazmowe lub laserowe) to najczęściej stosowane metody przygotowania złączy. Przygotowanie złączy w przypadku stali Strenx® jest równie łatwe, jak w przypadku stali miękkiej.

Podczas cięcia termicznego na powierzchni złącza może tworzyć się cienka warstwa tlenku. Zaleca się usunięcie tej warstwy przed spawaniem. Jeśli do przygotowania złącza stosuje się cięcie plazmowe, zaleca się stosowanie tlenu jako gazu plazmowego. Azot może powodować porowatość metalu spoiny. Jeśli używany jest azot, zaleca się szlifowanie ciętych powierzchni o minimalną przybliżoną wartość 0,2 mm przed spawaniem. W przypadku cienkich blach do przygotowania złącza można zastosować zwykłe cięcie mechaniczne.

# ILOŚĆ WPROWADZONEGO CIEPŁA

Przestrzeganie zaleceń dotyczących ilości wprowadzonego ciepła podczas spawania skutkuje dobrymi właściwościami mechanicznymi złącza.

Ilość wprowadzonego ciepła (Q) podczas spawania zależy od prądu, napięcia i prędkości spawania. Q opisuje dostarczoną energię/ długość złącza. Wartość ta wpływa na właściwości mechaniczne złącza spawanego. Podczas spawania w łuku dochodzi do utraty energii. Sprawność cieplna (k) to stosunek ilości ciepła wprowadzonego podczas procesu spawania do ciepła przekazanego do złącza. Różne metody spawania cechują się różną sprawnością cieplną. W tabeli poniżej pokazano przybliżone wartości k.

Większość procedur spawalniczych przeprowadza się przy użyciu spawania prądem stałym (DC) lub zmiennym (AC). Dla spawania DC i AC, ilość wprowadzonego ciepła obliczana jest wg poniższego wzoru.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000} \quad [\text{kJ/mm}]$$

Ilość wprowadzonego ciepła dla spawania łukiem pulsującym można obliczyć za pomocą dowolnego z poniższych dwóch wzorów:

$$Q = \frac{k \times IE}{L \times 1000} \quad [\text{kJ/mm}]$$

lub

$$Q = \frac{k \times IP \times 60}{v \times 1000} \quad [\text{kJ/mm}]$$

| Sprawność cieplna   | k [bezwymiarowa] |
|---------------------|------------------|
| MMA                 | 0,8              |
| MAG, wszystkie typy | 0,8              |
| SAW                 | 1,0              |
| TIG                 | 0,6              |

Q = Ilość wprowadzonego ciepła [kJ/mm]  
k = Sprawność cieplna [bezwymiarowa]  
U = Napięcie [V]  
I = Natężenie [A]  
v = Prędkość spawania [mm/min]  
L = Długość spoiny [mm]  
IE = Energia chwilowa [J]  
IP = Moc chwilowa [W]

## Ogólny wpływ ilości wprowadzonego ciepła na złącze spawane

- Lepsza udarność
- Wyższa wytrzymałość
- Mniejsze odkształcenia
- Niższe naprężenia szcztkowe
- Węższa strefa wpływu ciepła

Mniejsza ilość wprowadzonego ciepła

Większa ilość wprowadzonego ciepła

- Wyższa wydajność konwencjonalnych metod spawania





# UNIKANIE PĘKANIA WODOROWEGO

Dzięki niskim wartościom równoważnika węgla stal Strenx® ma bardzo wysoką odporność na pękanie wodorowe. Ryzyko pękania wodorowego można zminimalizować, postępując zgodnie z naszymi zaleceniami.

Dwie zasady unikania pękania wodorowego:

1. Minimalizacja zawartości wodoru w przygotowanym złączy i wokół niego
  - Używać odpowiedniej temperatury podgrzewania i temperatury międzyścigowej
  - Używać materiałów spawalniczych o niskiej zawartości wodoru
  - Nie dopuszczać zanieczyszczeń do obszaru spawania
2. Minimalizacja naprężeń w złączy spawanym
  - Nie używać materiałów spawalniczych o większej wytrzymałości niż to konieczne
  - Zaplanować sekwencję spawania tak, aby zminimalizować naprężenia szczątkowe
  - Ustawić wielkość odstępu w złączy na maksymalnie 3 mm

# MINIMALNE TEMPERATURY PODGRZEWANIA I MIĘDZYŚCIEGOWE

Wszystkie gatunki stali Strenx® można spawać bez ryzyka powstawania pęknięć wodorowych, o ile przestrzegane są nasze zalecenia. Jeżeli nie zaleca się podgrzewania, to zakłada się, że temperatura otoczenia i temperatura złącza wynosi co najmniej 5°C. Jeżeli temperatura powietrza jest niższa niż 5°C, zalecane jest wstępne podgrzanie złącza do temp min. 60°C.

Złącza wielościęgowe mają takie same wymagania dotyczące podgrzewania jak pierwszy ścieg.

## Kręgi Strenx® walcowane na gorąco i na zimno

Ze względu na właściwości stali minimalne temperatury podgrzewania/międzyściegowe nie są wymagane podczas spawania taśm Strenx® walcowanych na gorąco i na zimno, niezależnie od ich grubości, w tym kształtowników i gatunków MC, Plus, MC Plus, CR, MH, MLH, QLH.

Spawanie gatunków Strenx® o granicy plastyczności min. 700 MPa może wymagać wstępnego podgrzania ze względu na właściwości zastosowanych materiałów spawalniczych. Więcej informacji na ten temat można znaleźć pod nagłówkiem „Temperatury podgrzewania/międzyściegowe w oparciu o materiały spawalnicze” na stronie 9.

## Blachy Strenx®

Blachy grube Strenx® są dostępne w większych grubościach niż blachy z kręgu Strenx® walcowane na gorąco i na zimno. Ich poziom wytrzymałości w połączeniu z większymi grubościami blach oznacza, że w przypadku niektórych grubości blach i gatunków stali konieczne jest podgrzewanie wstępne. Nasze zalecenia są zilustrowane na stronie 8. Stale Strenx® o granicy plastyczności 900 MPa lub wyższej są zwykle spawane przy użyciu materiałów spawalniczych o wysokiej wytrzymałości, które mogą narzucać minimalną temperaturę podgrzewania, nawet jeśli nie jest ona wymagana ze względu na samą stal.

## Jak pierwiastki stopowe wpływają na temperatury podgrzewania wstępnego i temperatury międzyściegowe

Unikalna kombinacja pierwiastków stopowych nadaje stali Strenx® optymalne właściwości mechaniczne.

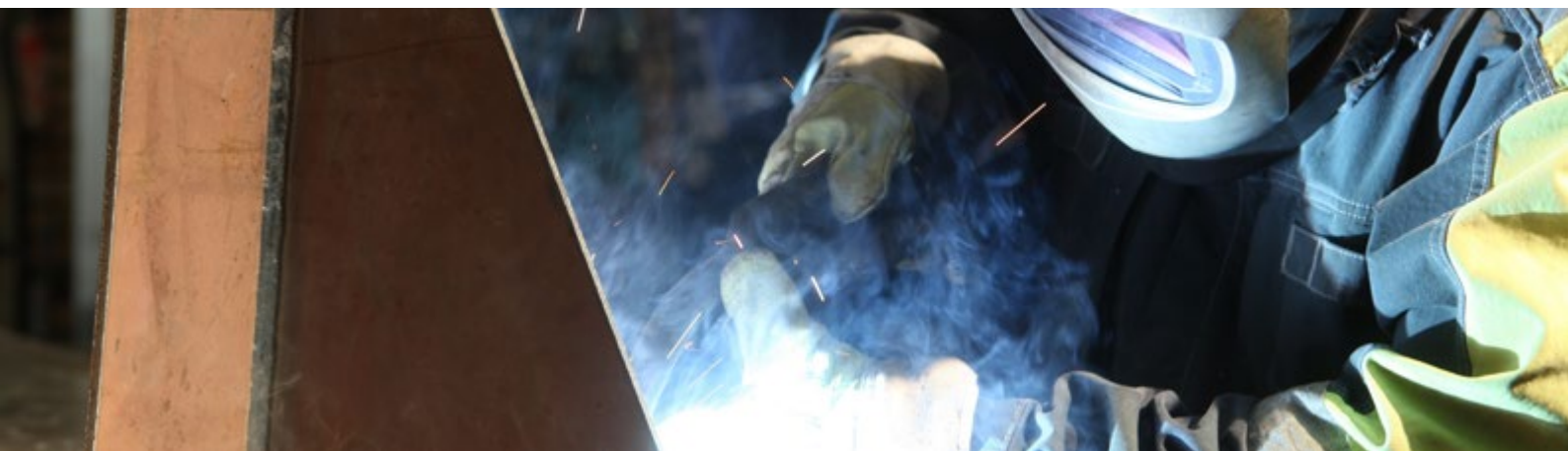
Od kombinacji tej zależy minimalna temperatura podgrzewania stali podczas spawania. Na jej podstawie można obliczyć wartość równoważnika węgla.

Równoważnik węgla jest z reguły określany jako CEV lub CET i wyliczany zgodnie z poniższymi wzorami.

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

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

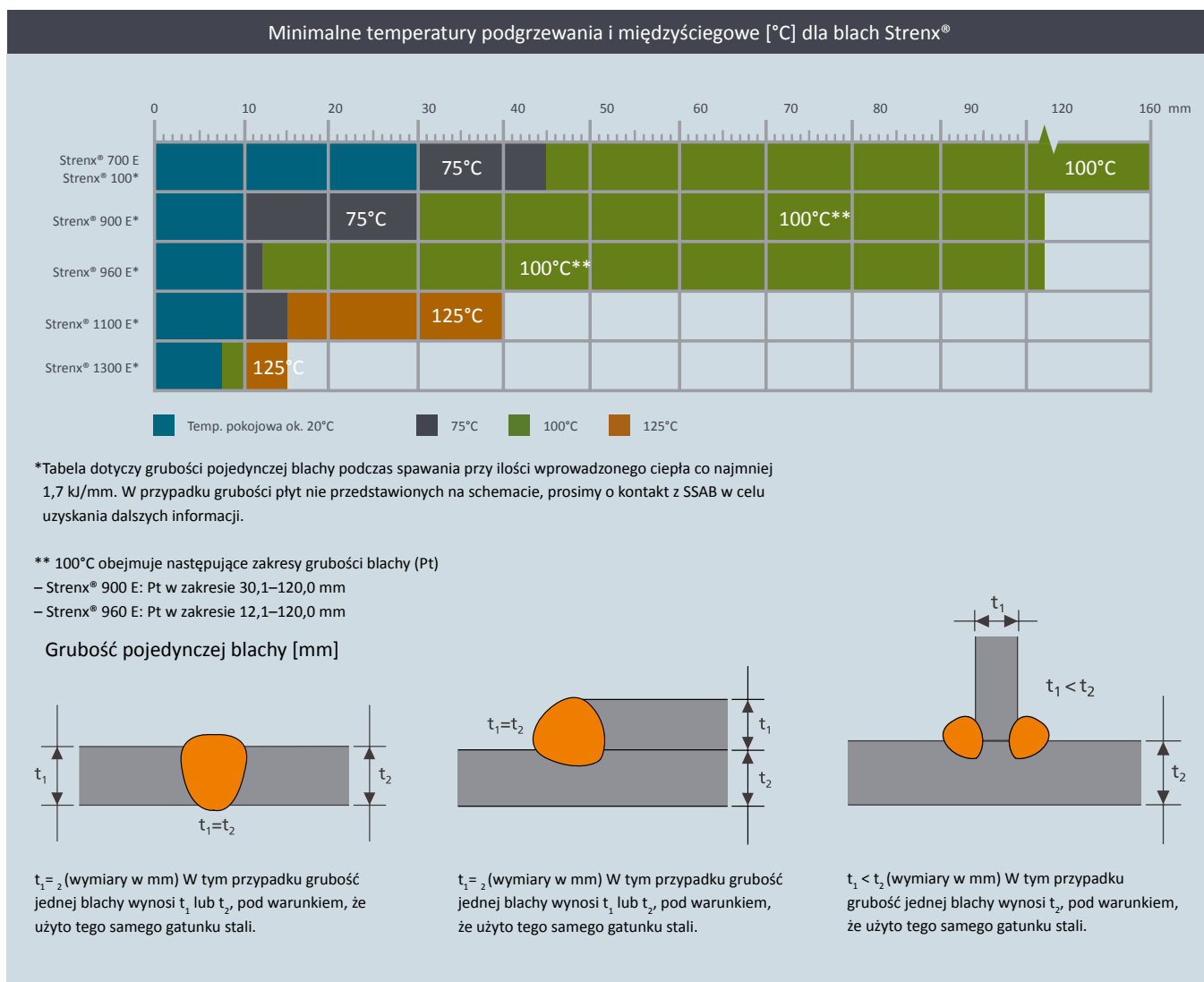
Zawartość pierwiastków stopowych określona jest w certyfikacie kontroli blachy i umieszczana w wymienionych wzorach jako odsetek wagowy. Wyższy równoważnik węgla zazwyczaj oznacza wyższą temperaturę podgrzewania i temperaturę międzyściegową złącza. Typowe wartości równoważników węgla podane są w naszych kartach produktowych.



# TEMPERATURY PODGRZEWANIA I MIĘDZYŚCIEGOWE BLACH STRENX®

Minimalna temperatura wstępnego podgrzewania podczas spawania jest wskazana w tabeli. Jeśli nie określono inaczej, wartości te dotyczą spawania z niestopowymi i niskostopowymi materiałami spawalniczymi. W przypadku grubości pojedynczych płyt nieujętych w tabeli, prosimy o kontakt z SSAB w celu uzyskania dalszej pomocy.

- Kiedy spawane są blachy o różnych grubościach, ale z tego samego gatunku stali, minimalna temperatura podgrzewania określana jest w odniesieniu do grubszej blachy.
- Kiedy spawane są różne gatunki stali, temperatura podgrzewania określana jest w odniesieniu do tej blachy, która wymaga wyższej minimalnej temperatury podgrzewania.



Minimalną temperaturę podgrzewania należy zwiększyć o 25°C w stosunku do powyższej tabeli podgrzewania w następujących sytuacjach:

1. Jeśli wilgotność otoczenia jest wysoka lub temperatura otoczenia jest niższa niż 5°C
2. Mocno ściśnięte złącza
3. Jeśli ilość wprowadzonego ciepła mieści się w zakresie 1,0–1,6 kJ/mm



Minimalne zalecane temperatury podgrzewania i temperatury międzyścięgowe w tabeli na stronie 8 nie ulegają zmianie, kiedy ilość wprowadzonego ciepła jest większa niż 1,7 kJ/mm. Dla ilości wprowadzonego ciepła poniżej 1,0 kJ/mm na stronie 8 minimalną temperaturę podgrzewania można obliczyć za pomocą WeldCalc™.

Informacje opierają się na założeniu, że złącze spawane będzie stygnąć na powietrzu. Zalecenia te dotyczą również spoin szczepnych i ścięgów graniowych. Każda ze spoin szczepnych powinna mieć co najmniej 50 mm długości. Jednak w przypadku blach o grubości do 8 mm można też używać krótszych spoin szczepnych.

Należy stosować maksymalne temperatury podgrzewania w celu uzyskania korzystnych właściwości w całej spawanej konstrukcji. Więcej informacji na stronie 14. Odległość między spoinami szczepnymi może być różna, w zależności od wymagań. Prosimy o kontakt z SSAB w celu uzyskania dalszych informacji, jeśli:

- W tym samym czasie występuje więcej niż jeden przypadek 1–3 na stronie 8
- Spoina szczepna krótsza niż 50 mm jest wymagana w połączeniach składających się z płyt o grubości powyżej 8 mm.

### Temperatury podgrzewania/międzyścięgowe ze względu na właściwości materiałów spawalniczych

Podczas spawania materiałami spawalniczymi o granicy plastyczności ( $R_{p0.2}$ ) do 700 MPa, właściwości materiałów spawalniczych zwykle nie wpływają na minimalną temperaturę podgrzewania złącza.



Stosowanie podgrzewaczy

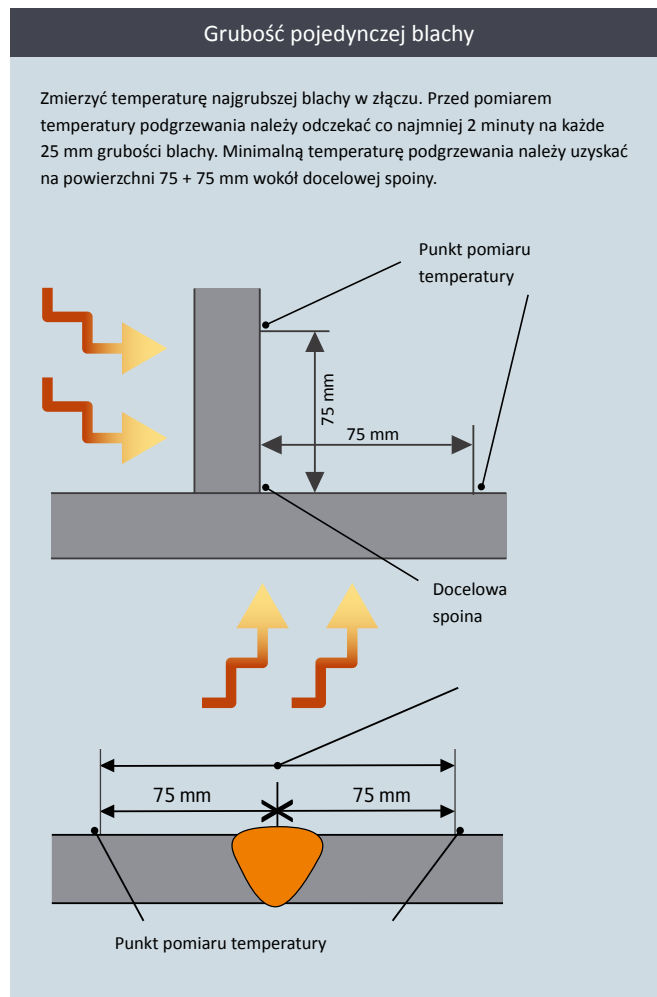
Powodem jest to, że równoważnik węgla, CET, metalu macierzystego zwykle przewyższa równoważnik metalu spoiny o co najmniej 0,03 jednostki procentowej. W przypadku materiałów spawalniczych o granicy plastyczności 700 MPa lub wyższej, wartość CET materiałów spawalniczych w porównaniu z wartością CET stali Strenx® jest zwykle tak wysoka, że należy wziąć pod uwagę minimalną temperaturę podgrzewania zarówno stali, jak i materiałów spawalniczych.

W takiej sytuacji należy zastosować wyższą z obu temperatur podgrzewania. Oprogramowanie WeldCalc™ może uprościć te obliczenia.

Jak dla wszystkich typów materiałów spawalniczych niskostopowych, maksymalna zawartość wodoru jest ustalona na 5 ml/100 g stopiwa.

### Uzyskanie i pomiar temperatur podgrzewania i międzyścięgowych

Wymagane temperatury podgrzewania i międzyścięgowe można osiągnąć na kilka sposobów. Najlepiej stosować do tego celu elektryczne podgrzewacze umieszczone wokół spoiny, ponieważ zapewniają one równomierne ogrzewanie powierzchni. Temperaturę należy mierzyć np. przy użyciu termometru kontaktowego.



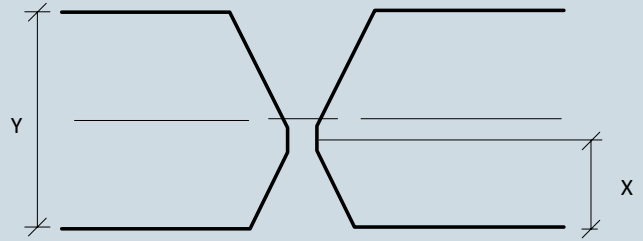
# ŁĄCZENIE GRUBSZYCH BLACH

Przy spawaniu płyt grubszych niż 25 mm zalecane są złącza asymetryczne.

Zapewniają one większą odporność na pęknięcia wodorowe. Dzieje się tak, ponieważ środkowa część grubszych płyt może w pewnym stopniu zawierać pierwiastki chemiczne sprzyjające powstawaniu pęknięć wodorowych. Złącza płyt o grubości do 25 mm mogą być symetryczne lub asymetryczne.

Złącza blach o grubości przekraczającej 25 mm

Złącze asymetryczne: Najlepiej, żeby środek złącza znajdował się około 5 mm od środka grubości blachy



Y: Grubość blachy

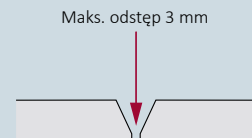
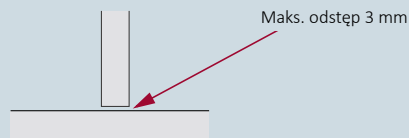
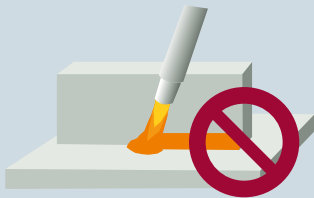
X:  $(\text{Grubość blachy}/2) - 5 \text{ mm}$

## Sekwencje spawania i rozmiar odstępu

Unikanie pęknięcia wodorowego

- Spawu nie należy zaczynać ani kończyć w narożniku. W miarę możliwości spaw powinien zaczynać się i kończyć co najmniej 50–100 mm od narożnika.

- Odstęp w złączu powinien wynosić maksymalnie 3 mm.



# MECHANICZNE WŁAŚCIWOŚCI SPOIN

## Produkty Strenx® walcowane na zimno

Ilość wprowadzonego ciepła jest ustawiona na wystarczająco niską wartość, aby uniknąć przepalenia materiału i utrzymać zniekształcenia w złączu na niskim poziomie. Przestrzeganie zaleceń dotyczących ilości wprowadzonego ciepła podczas spawania skutkuje dobrymi właściwościami mechanicznymi złącza.

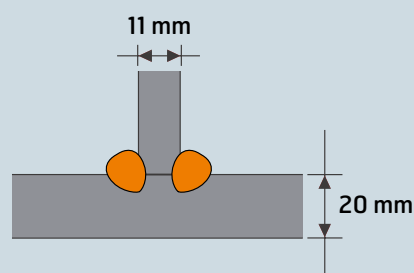
Każda sytuacja spawalnicza jest mniej lub bardziej wyjątkowa. Dlatego SSAB nie określa maksymalnej ilości wprowadzonego ciepła. Wytrzymałość złącza będzie do pewnego stopnia niższa w porównaniu z właściwościami nienaruszonego metalu macierzystego. Ogólnie rzecz biorąc, mała ilość wprowadzonego ciepła zapewnia wysoką wytrzymałość złącza. Dokładniejsze wartości można znaleźć w dokumencie TechSupport 60.

## Blachy i taśmy Strenx® walcowane na gorąco

Nasze zalecenia dotyczące wysokowytrzymałych stali Strenx® opierają się na typowych wartościach wiązkości w strefie wpływu ciepła wynoszących co najmniej 27 J w temperaturze -40°C. Ponadto mała ilość wprowadzonego ciepła zapewnia wysoką wytrzymałość statyczną złącza. W przypadku grubości pojedynczych płyt nieujętych w tabeli, prosimy o kontakt z SSAB w celu uzyskania dalszej pomocy.

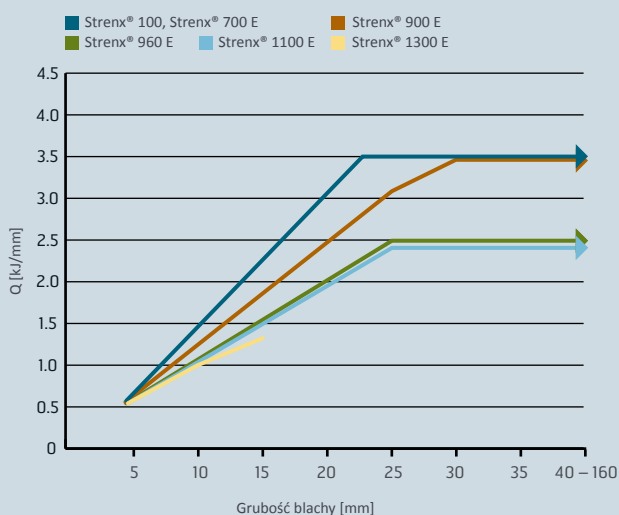
### Grubość blach i arkuszy

Podczas łączenia poprzez spawanie blach i arkuszy o różnej grubości, zalecana ilość wprowadzonego ciepła określana jest w oparciu o najcieńszą blachę w złączu.

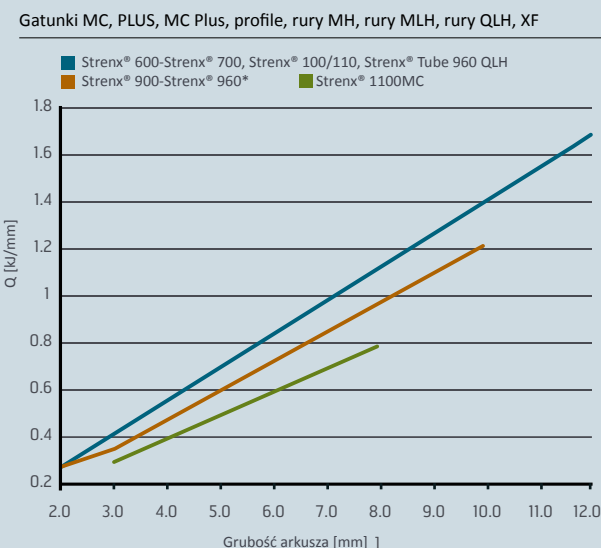


W tym przypadku dopuszczalna ilość wprowadzonego ciepła określana jest w oparciu o grubość blachy 11 mm.

### Zalecana maksymalna ilość wprowadzonego ciepła dla blach Strenx® w oparciu o najniższą stosowaną temperaturę podgrzewania



### Zalecana maksymalna ilość wprowadzonego ciepła dla taśm Strenx® walcowanych na gorąco w oparciu o najniższą stosowaną temperaturę podgrzewania

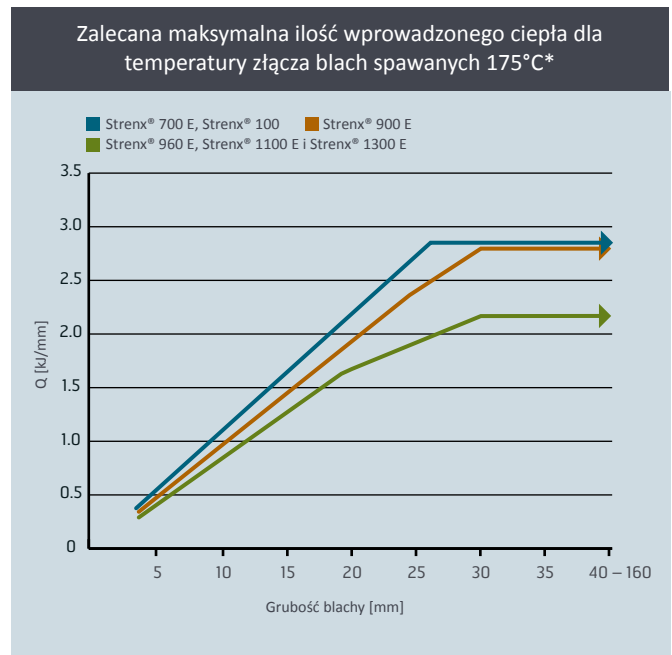
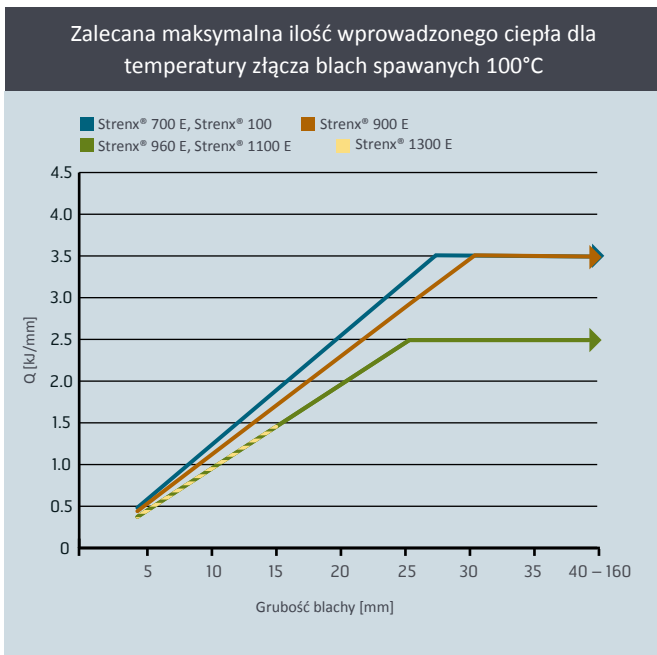


\* Oprócz Strenx® 960 QLH

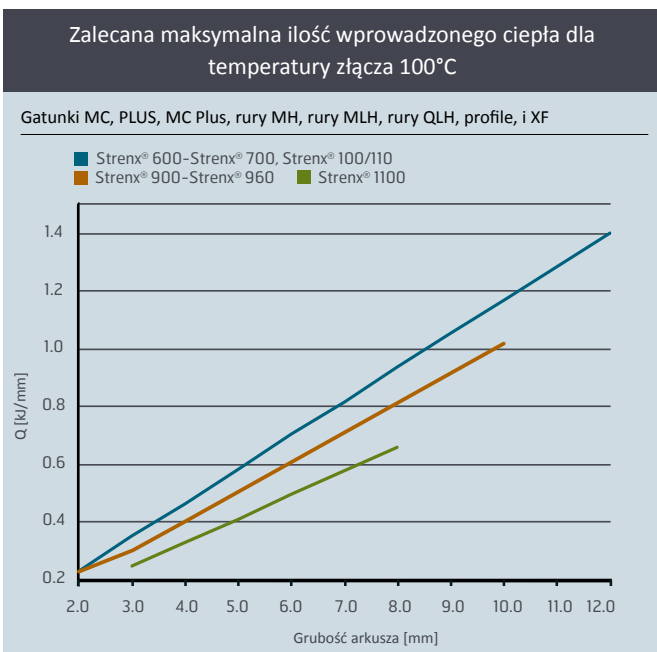
## Spawanie przy podwyższonych temperaturach podgrzewania/międzyściegowych

Wyższe temperatury, które mogą wystąpić na przykład w spoinach wielościęgowych, wpływają na zalecaną ilość wprowadzonego ciepła.

Poniższe wykresy przedstawiają zalecaną ilość wprowadzonego ciepła dla temperatur spoiny 100°C i 175°C\*.



\*Inne gatunki stali Strenx® nie są wymienione ze względu na mniejszą grubość blachy. W takich sytuacjach zazwyczaj nie osiąga się tak wysokich temperatur międzyściegowych jak 175°C.

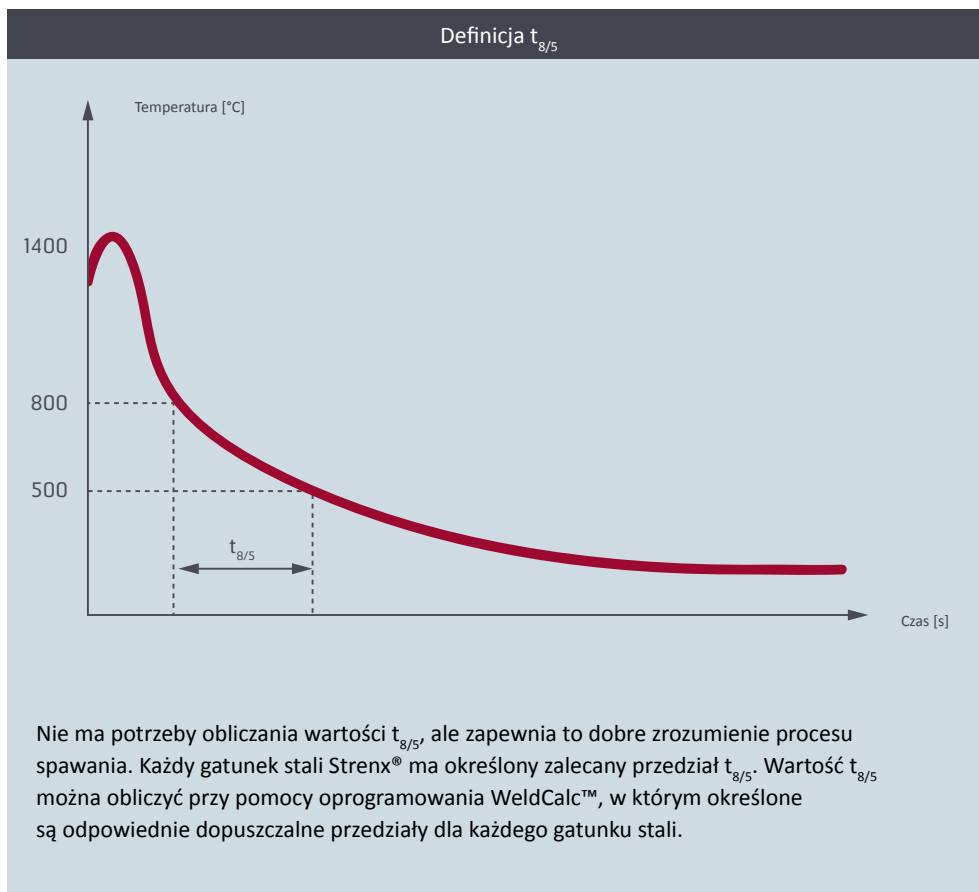




## Wartość $t_{8/5}$

Cykl cieplny spawania można określić za pomocą czasu chłodzenia w strefie wpływu ciepła od 800°C do 500°C. Parametr ten nazywa się wartością  $t_{8/5}$  i jest przedstawiony na poniższym rysunku.

Jest w przybliżeniu stały w różnych częściach złącza, o ile szczytowa temperatura dla procedury spawania przekracza 900°C.

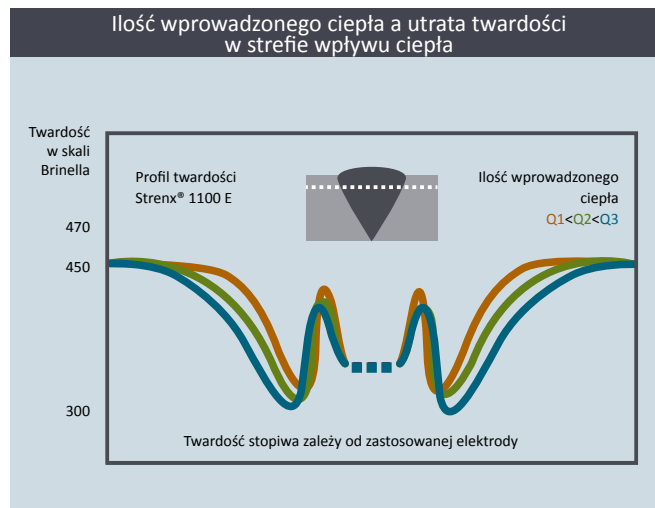


### Wartości $t_{8/5}$ min. 27 J w temp. -40°C

|   |        |
|---|--------|
| Strenx® 960 E, Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E   | 5–15 s |
| Strenx® 1100MC  | 1–10 s |
| Strenx® 900MC, Strenx® 900 Plus, Strenx® Section 900MC,<br>Strenx® Tube 900MH, Strenx® 960MC,<br>Strenx® Tube 960MH Strenx® 960 Plus  | 1–15 s |
| Strenx® 100, Strenx® 700 E, Strenx® 900 E, Strenx® Tube 960QLH  | 5–20 s |
| Strenx® 100 XF, Strenx® 110 XF<br>Strenx® 650MC, Strenx® Section 650MC, Strenx® 600MC<br>Strenx® 700MC, Strenx® 700MC Plus, Strenx® Section 700MC,<br>Strenx® Tube 700MH, Strenx® Tube 700MLH | 1–20 s |
| Strenx® Tube 700 QLH  | 5–25 s |

# ROZKŁAD TWARDOŚCI W ZŁĄCZU

Rozkład twardości w strefie wpływu ciepła zależy od gatunku stali, grubości blach i ilości wprowadzonego ciepła podczas spawania. Twardość spoiny zależy od jej wytrzymałości. Im wyższa wytrzymałość złącza, tym wyższe wartości twardości.



# MAKSYMALNA ZALECANA TEMPERATURA PODGRZEWANIA/MIĘDZYŚCIEGOWA PODCZAS SPAWANIA I CIĘCIA TERMICZNEGO

Maksymalne temperatury podgrzewania/międzyściegowe są podane w celu uniknięcia pogorszenia właściwości mechanicznych ciał spawanej konstrukcji. Podane maksymalne temperatury podgrzewania dotyczą spawania z wykorzystaniem podgrzewania. Ponieważ gatunki stali Strenx® CR są spawane tylko techniką jednego przejścia, nie podano maksymalnych temperatur podgrzewania.

| Maks. temp. podgrzewania/międzyściegowa [°C] |  |                       |  |
|--|--|-----------------------|--|
| Nazwa stali                                  | Maks. temp. podgrzewania/międzyściegowa [°C] | Nazwa stali           | Maks. temp. podgrzewania/międzyściegowa [°C] |
| Strenx® 100                                  | 300  | Strenx® 900 E*        | 300  |
| Strenx® 100 XF                               | 100  | Strenx® 900 Plus      | 150  |
| Strenx® 110 XF                               | 100  | Strenx® 900MC         | 100  |
| Strenx® 600MC                                | 100  | Strenx® Section 900MC | 100  |
| Strenx® 650MC                                | 100  | Strenx® Tube 900MH    | 100  |
| Strenx® 650 Section                          | 100  | Strenx® 960 E*        | 300  |
| Strenx® 700 E*                               | 300  | Strenx® 960 Plus      | 150  |
| Strenx® 700MC                                | 100  | Strenx® 960MC         | 100  |
| Strenx® 700MC Plus                           | 100  | Strenx® Tube 960MH    | 100  |
| Strenx® Section 700MC                        | 100  | Strenx® Tube 960QLH   | 300  |
| Strenx® Tube 700MH                           | 100  | Strenx® 1100 E*       | 200  |
| Strenx® Tube 700MLH                          | 100  | Strenx® 1100MC        | 100  |
| Strenx® Tube 700QLH                          | 300  | Strenx® 1300 E*       | 200  |

\* W niektórych sytuacjach można stosować temperatury międzyściegowe do 400°C.



# MATERIAŁY SPAVALNICZE

Do spawania stali Strenx® najczęściej stosowane są materiały spawalnicze niestopowe, niskostopowe i ze stali nierdzewnej.

## Wytrzymałość niestopowych i niskostopowych materiałów spawalniczych

Wytrzymałość materiałów spawalniczych należy dobrać zgodnie z danymi zamieszczonymi na następnej stronie. Korzystanie z materiałów spawalniczych o niskiej wytrzymałości może przynieść wiele korzyści, jak na przykład:

- Większa udatność stopiwa
- Wyższa odporność na pękanie wodorowe
- Niższe naprężenia szcztkowe w złączy

W przypadku złączy wielościęgowych w gatunkach stali Strenx®, które wymagają podgrzewania, korzystne jest spawanie materiałami spawalniczymi o różnej wytrzymałości.

Spoiny szcpe i pierwsze przejścia spawane są materiałami spawalniczymi o niskiej wytrzymałości. Następnie do pozostałych przejść wykorzystywane są materiały spawalnicze o wysokiej wytrzymałości. Ta technika może zwiększyć zarówno wytrzymałość, jak i odporność na pękanie wodorowe złącza.

## Zawartość wodoru w niestopowych i niskostopowych materiałach spawalniczych

Zawartość wodoru powinna być mniejsza lub równa 5 ml wodoru na 100 g stopiwa. Tak niską zawartość wodoru w stopiwie zapewnia spawanie drutem pełnym metodami MAG i TIG. Informacje dotyczące zawartości wodoru dla materiałów spawalniczych innych rodzajów najlepiej uzyskać od ich producentów.

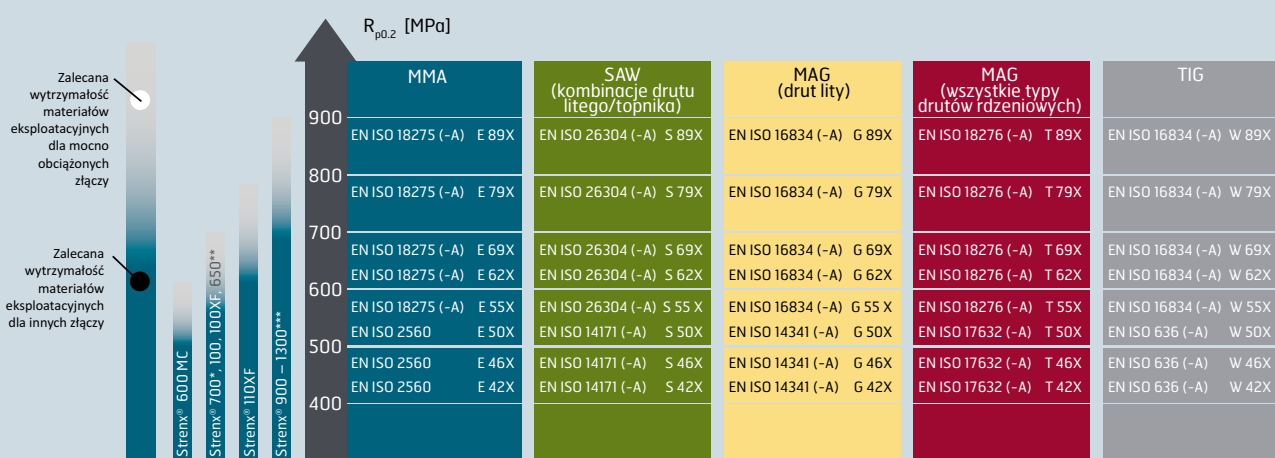
Przykłady materiałów spawalniczych można znaleźć w witrynie [www.ssab.com](http://www.ssab.com) w dokumencie TechSupport 60. Jeśli materiały są przechowywane zgodnie z zaleceniami producenta, zawartość wodoru pozostanie na pożądanym poziomie. Dotyczy to przede wszystkim topników i materiałów powlekanych.

## Materiały spawalnicze



- Materiały spawalnicze o wyższej wytrzymałości
- Materiały spawalnicze o niższej wytrzymałości

## Materiały spawalnicze, klasa EN

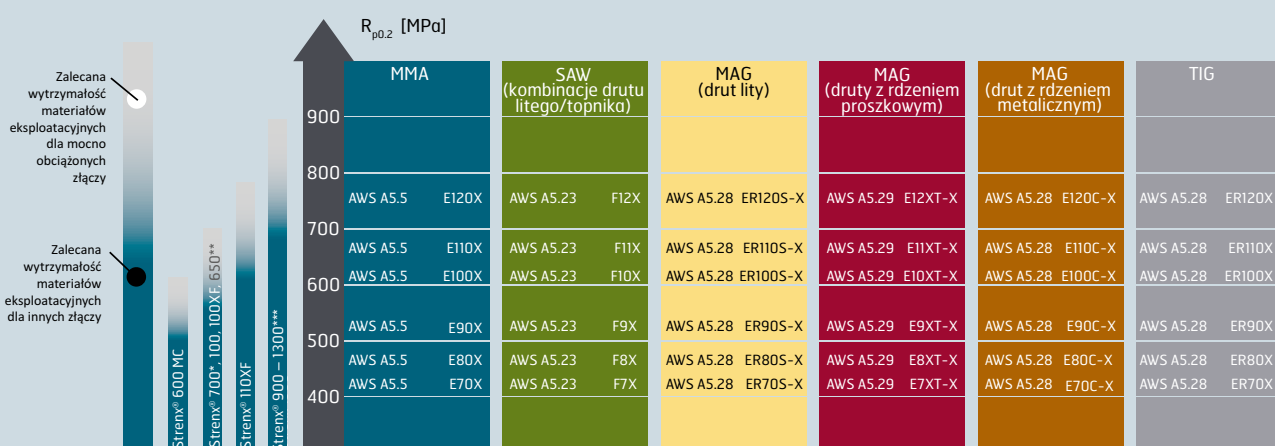


\* Obejmuje gatunki MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, rury i profile

\*\* Obejmuje gatunki MC i profile

\*\*\* Obejmuje gatunki MC, Plus, CR, rury i profile

## Materiały spawalnicze, klasa AWS



\* Obejmuje gatunki MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, rury i profile

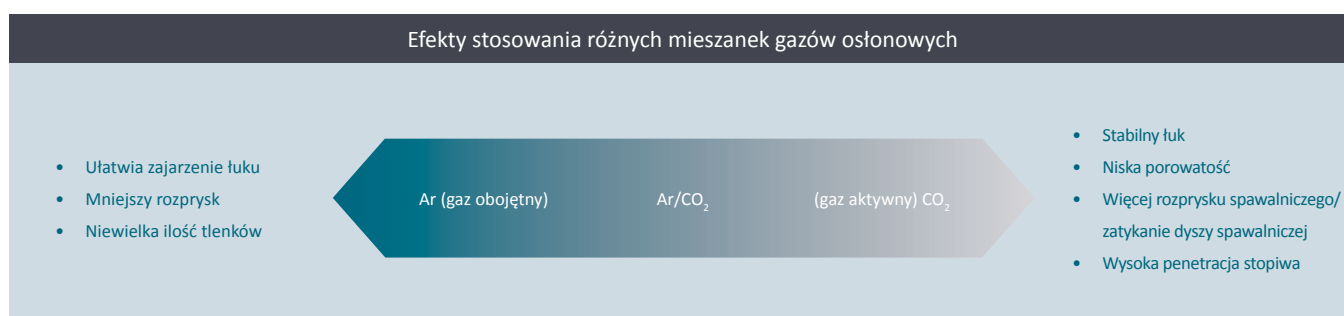
\*\* Obejmuje gatunki MC i profile

\*\*\* Obejmuje gatunki MC, Plus, CR, rury i profile



# GAZ OSŁONOWY

Wybór i mieszanka gazów osłonowych zależy od sytuacji spawalniczej. Najczęściej spotykane są mieszaniny Ar i CO<sub>2</sub>.



Przykłady mieszanek gazów osłonowych

| Metoda spawania                  | Typ łuku       | Pozycja              | Gaz osłonowy                     |
|----------------------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|
| MAG, drut lity                   | Krótki łuk     | Wszystkie pozycje    | 18–25% CO <sub>2</sub> reszta Ar |
| MAG, drut rdzeniowy              | Krótki łuk     | Wszystkie pozycje    | 18–25% CO <sub>2</sub> reszta Ar |
| MAG, drut lity                   | Łuk natryskowy | Pozioma (PA, PB, PC) | 15–20% CO <sub>2</sub> reszta Ar |
| MAG, FCAW                        | Łuk natryskowy | Wszystkie pozycje    | 15–20% CO <sub>2</sub> reszta Ar |
| MAG, MCAW                        | Łuk natryskowy | Pozioma (PA, PB, PC) | 15–20% CO <sub>2</sub> reszta Ar |
| Zrobotyzowane i automatyczne MAG | Łuk natryskowy | Pozioma (PA, PB, PC) | 8–18% CO <sub>2</sub> reszta Ar  |
| TIG                              | Łuk natryskowy | Wszystkie pozycje    | 100% czysty Ar                   |

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.

# DODATKOWE ZALECENIA DOTYCZĄCE SPAWANIA STALI STRENX®

## Odporność na pęknięcia lamelarne i gorące

Gatunki stali Strenx® zawierają bardzo mało zanieczyszczeń takich jak siarka i fosfor. Fakt ten przyczynia się do korzystnych właściwości mechanicznych w SWC i nienaruszonym metalu macierzystym. Prowadzi to również do zwiększenia odporności na nieciągłości w zakresie pęknięć gorących i pęknięć lamelarnych.

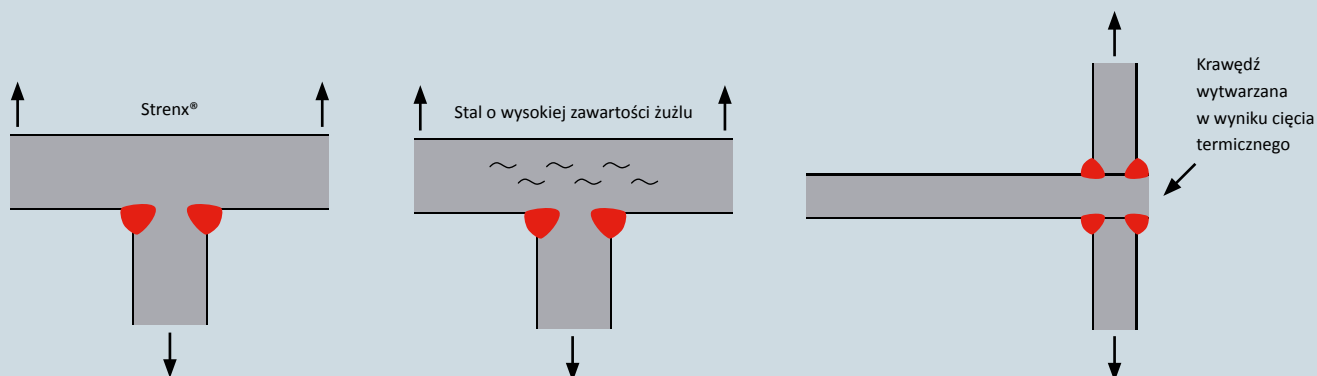
Pęknięcia lamelarne są wynikiem pasm wtrąceń ułożonych równoległe do powierzchni blachy, w miejscach, w których kierunek obciążenia rozciągającego jest prostopadły do powierzchni.

W przypadku złączy obciążonych prostopadle do powierzchni blachy należy unikać

ostrych defektów, umieszczając złącza z dala od krawędzi blachy. W przypadku złączy w cieńszych blachach, cięcie termiczne daje krawędź o wyższej jakości powierzchni niż cięcie mechaniczne i wybijanie.

### Pęknięcia gorące

- Przed spawaniem chronić złącze przed zanieczyszczeniami, takimi jak olej i smar. Usunąć te substancje odpowiednią metodą.



Pęknięcia lamelarne. Różnica między stalą o wysokiej zawartości wtrąceń żużlu a stalami Strenx®

Zaleca się stosowanie krawędzi ciętych termicznie w złączach teowych ze spoinami blisko krawędzi cięcia

Tak jak w przypadku innych rodzajów stali, należy podjąć normalne środki ostrożności w celu uniknięcia nieciągłości.

Dodatkowe informacje na ten temat można znaleźć w dokumencie TechSupport 47, do pobrania z witryny [www.ssb.com](http://www.ssb.com).

### Spawanie stali Strenx® z powłoką gruntową

Stal Strenx® można zamówić z powłoką gruntową. W takim przypadku spawanie można przeprowadzić bezpośrednio na powłoce, ponieważ ma ona niską zawartość cynku. Powłokę łatwo jest usunąć szczotką lub zeszlifować wokół spoiny. Usunięcie powłoki gruntowej przed spawaniem może zminimalizować porowatość spoiny i ułatwić spawanie w pozycjach innych niż poziome. Pozostawienie powłoki gruntowej podczas przygotowywania złącza spowoduje nieznaczne zwiększenie porowatości stopiwa. Najniższą porowatość daje spawanie metodą MAG z podstawowymi rodzajami drutów proszkowych oraz spawanie MMA. Jak we wszystkich operacjach spawalniczych, należy utrzymywać dobrą wentylację, aby uniknąć szkodliwego wpływu na spawacza i jego otoczenie. Więcej informacji można znaleźć w dokumencie TechSupport 25, do pobrania ze strony [www.ssab.com./downloads-center](http://www.ssab.com./downloads-center).

### Spawanie stali Strenx® walcowanej na zimno powlekanej warstwą oleju

Aby uniknąć korozji arkusze stali są zwykle powlekane cienką warstwą oleju. Warstwa oleju jest na tyle cienka, że nie powoduje problemów z porowatością. Olej ulega zgazowaniu i szybko znika podczas spawania.

### Obróbka cieplna po spawaniu

Produkty ze stali Strenx® z wyjątkiem Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E i Strenx® 1100MC mogą być odpuszczane poprzez obróbkę cieplną po spawaniu, niemniej jest to rzadko wymagane. Obróbka cieplna po spawaniu każdego z trzech ostatnich wymienionych gatunków stali nie jest zalecana, ponieważ może to pogorszyć właściwości mechaniczne całej konstrukcji. Więcej informacji o odpowiednich temperaturach i czasach odpuszczania można uzyskać od firmy SSAB.



Najlepsze rezultaty można osiągnąć, usuwając powłokę gruntową.

### Magazynowanie

Jeśli stal Strenx® ma być składowana w miejscu, gdzie na powierzchni arkuszy może gromadzić się kurz, należy zachować pewne środki ostrożności. Aby uniknąć defektów podczas spawania, konieczna może być jakaś forma czyszczenia stali przed spawaniem.

### Grupowanie materiałów według normy europejskiej ISO/TR 15608

Na potrzeby kwalifikacji procedur spawalniczych zgodnie z normą europejską, grupowanie stali jest następujące:

| Grupowanie materiału   |                            |                                      |
|--|----------------------------|--------------------------------------|
| Stal   | Grubość [mm]               | Grupowanie materiału wg ISO/TR 15608 |
| Strenx® 700 E  | ≤ 53,0                     | 3,2                                  |
| Strenx® 700 E  | > 53,0                     | 3,1                                  |
| Strenx® 100 E  | Wszystkie grubości blachy  | 3,1                                  |
| Strenx® 900 E, 960 E, 1100 E, 1300 E   | Wszystkie grubości blachy  | 3,2                                  |
| Gatunki Strenx® 100 XF, 110 XF, 700MC Plus, Strenx® aż do MC, Tube MH, Tube MLH i wszystkich profili | Wszystkie grubości arkuszy | 2,2                                  |
| Strenx® 900 Plus, 960 Plus, Tube 960 QLH   | Wszystkie grubości arkuszy | 3,2                                  |

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](http://www.ssab.com).

Dołącz do nas również w mediach społecznościowych:  
Facebook , Instagram , LinkedIn , Twitter i YouTube.

SSAB  
P.O. Box 70  
SE-101 21 Sztokholm  
SZWECJA

Adres spółki:  
Klarabergsviadukten 70

Telefon: +46 8 45 45 700  
E-mail: [contact@ssab.com](mailto:contact@ssab.com)

**Strenx.com**

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

Copyright © 2021 SSAB AB. Wszelkie prawa zastrzeżone.

# SSAB